

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELÉCTRICA



TESIS

**OPTIMIZACIÓN DEL PERFIL DE TENSIÓN EN LA
BARRA 10 KV DE LA SUBESTACIÓN ELÉCTRICA
DE TRANSMISIÓN ÑAÑA PARA EL
CUMPLIMIENTO DE LA NTCSE-PRODUCTO**

**PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO ELECTRICISTA**

Autor:

SULCA TACILLA, ALEX JOHNNY

Callao, Perú, Diciembre
2016



**FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELÉCTRICA**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
ELECTRICISTA**

**OPTIMIZACIÓN DEL PERFIL DE TENSIÓN EN LA BARRA 10 KV DE LA
SUBESTACIÓN ELÉCTRICA DE TRANSMISIÓN ÑAÑA PARA EL
CUMPLIMIENTO DE LA NTCSE-PRODUCTO**

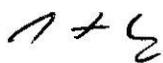
**PRESENTADO POR:
ALEX JOHNNY SULCA TACILLA**

**ASESOR:
DR. JUAN HERBER GRADOS GAMARRA**

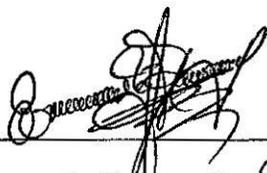
**CALIFICACIÓN
(15) QUINCE**



**Ing. Víctor Gutiérrez Tocas
Presidente del Jurado**



**Ing. Cesar A. Santos Mejia
Secretario del Jurado**



**Ing. Ernesto Ramos Torres
Vocal del Jurado**

**Callao, 2016
PERÚ**

A Maria y Ashlyn, mi madre y mi hermana

AGRADECIMIENTO

Quisiera aprovechar estas primeras líneas para expresar mi más sincero agradecimiento a mi padre el Sr. Alex Sulca Roca, quien fue una fuente de inspiración para seguir una carrera de ingeniería así mismo brindarme su apoyo y confianza durante mi época universitaria.

Por otro lado deseo dar un eterno agradecimiento al personal del área de Calidad de Producto – Luz del Sur que me recibieron en mi época de estudiante, entre ellos quisiera en primer lugar quisiera mencionar al Ing. Guillermo Valdiviezo por enseñarme a explorar los problemas de calidad de tensión en las redes eléctricas de distribución, seguidamente un eterno agradecimiento a mis 2 supervisores el Msc. Ing. Juan Laura y al Msc. Ing. Ray Flores quienes trabajé juntos a ellos en buscar una nueva técnica para solucionar casos masivamente de suministros con mala calidad de servicio, en el proceso comprendí muchos conceptos sobre la operación de los sistemas de distribución y transmisión así como legislación eléctrica, estos conocimientos se ven plasmados en esta tesis.

En este listado de agradecimientos al personal del área de calidad no podría dejar de incluir al Bach. Giancarlo Camacho cuyas palabras se convirtieron en consejos de vida.

Por último mencionar al Jefe de departamento de Control Técnico y Calidad de Servicio Gary Palacios que me brindó la oportunidad permanecer en su grupo de trabajo.

No podría olvidar en este agradecimiento a mi asesor Dr. Huber Grados quien me apoyo en con sus observaciones e ideas para que esta tesis sea bien estructurada y finalizada.

Y por último a aquellas personas que, de una u otra forma, me han ayudado e impulsado en el desarrollo de esta investigación haciendo posible la realización de la misma. Vaya mi agradecimiento de una manera muy especial.

A todos ellos, mis más sentidas 'GRACIAS'.

ÍNDICE

AGRADECIMIENTO	4
INDICE	5
CONTENIDO DE FIGURAS	8
RESUMEN	10
ABSTRACT	11
INTRODUCCIÓN	12
I. PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN	14
1.1. SITUACIÓN PROBLEMÁTICA	14
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	18
1.2.1 Problema General	18
1.2.2 Problema Específico:	18
1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	18
1.3.1 Objetivo General	18
1.3.2 Objetivo Específico	18
1.4. JUSTIFICACIÓN Y PROPÓSITO	19
1.4.1 Legal	19
1.4.2 Tecnológica	21
1.4.3 Económica	23
II. MARCO TEORICO	27
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	27
2.1.1. Evolución histórica del sector eléctrico peruano	27
2.1.2. Publicaciones anteriores	30
2.1.3. Regulación Horariaiones	37

2.2	REFERENCIAL TEÓRICO-CONCEPTUAL	40
2.2.1	Variaciones de tensión de larga duración	42
2.2.2	Parametrización del regulador	46
2.3.	DEFINICIONES DE TERMINOS BÁSICOS	48
2.4.	VARIABLES E HIPÓTESIS	49
III.	DISEÑO METODOLÓGICO	51
3.1.	TIPO Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	51
3.1.1.	Tipo de la investigación	51
3.1.2.	Diseño de la investigación	52
3.2.	UNIDAD DE ANÁLISIS	53
3.2.1	Indicador de la calidad de tensión	54
3.2.2	Perfiles de tensión	54
3.2.3	Tensión de operación y tensión nominal	55
3.3.	ESCENARIO O SEDE DEL ESTUDIO	57
3.4.	PARTICIPANTES O SUJETOS DEL ESTUDIO	60
3.5.	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS	68
3.6.	PLAN DE TRABAJO DE CAMPO	69
3.7.	ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LA INFORMACIÓN	72
3.7.1	Seguimiento de perfiles de tensión MT	72
a.	Descripción del módulo para el seguimiento de perfil	75
IV.	RESULTADOS	78
4.1.	Resultado de la Optimización de perfil de tensión de la SET Ñaña	78
4.2.	Seguimiento del perfil de tensión	79
4.3.	Cálculos del monitoreo para los perfiles de tensión	80
4.4.	Cuadro final de comparación de perfil típico vs perfil evaluado	82
4.5.	Resultados de los suministros aplicando la optimización	83
V.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS	86

VII. CONCLUSIONES	87
VIII. RECOMENDACIONES	88
8.1. Recomendaciones para investigaciones posteriores	88
IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	90
ANEXOS	93
ANEXO 01	94
Línea de tiempo de la normativa eléctrica peruana	94
ANEXO 02	95
Circuitería eléctrica de la regulación horaria	95
ANEXO 03	96
Circuitería electrónica del MK 20	96
ANEXO 04	97
Diagrama unifilar de los alimentadores de la SET Ñaña	97
Diagrama unifilar alimentador Na-01	97
Diagrama unifilar alimentador Na-03	98
Diagrama unifilar alimentador Na-04	99
Diagrama unifilar alimentador Na-05	100
ANEXO 05	101
Resultados de los suministros en el alimentador NA-01	101
Resultados de los suministros en el alimentador NA-02	102
Resultados de los suministros en el alimentador NA-03	103
Resultados de los suministros en el alimentador NA-03 y NA-04	104
Resultados de los suministros en el alimentador NA-04	105
Resultados de los suministros en el alimentador NA-04	106
Resultados de los suministros en el alimentador NA-04 y NA-05	107
Resultados de los suministros en el alimentador NA-06	108
Resultados de los suministros en el alimentador NA-06	109

CONTENIDO DE FIGURAS

FIGURAS

- Figura N° 1.1 Crecimiento de la cantidad de casos por mal servicio en la calidad
- Figura N° 1.2 Campo de visión, las redes de BT de las SED's
- Figura N° 2.1 Flujograma de la selección de suministros para la calidad de producto
- Figura N° 2.2 Nivel de tensión para la red IEEE30, en peor individuo
- Figura N° 2.3 Nivel de tensión para la red IEEE30, en su nivel óptimo
- Figura N° 2.4 Evolución de las tomas de los transformadores de la red IEEE30
- Figura N° 2.5 Esquema unifilar de la regulación horaria en SETs,
- Figura N° 2.6 Comportamiento de la regulación horaria en barras de 10 kV de la SET Ñaña
- Figura N° 2.7 Esquema unifilar del sistema eléctrico
- Figura N° 2.8 Afectación de las anomalías de los perfiles de tensión de 10KV a los suministros BT
- Figura N° 2.9 Registro con 23% total intervalos fuera de rango
- Figura N° 2.10 Registro con 25 % total intervalos fuera de rango
- Figura N° 2.11 Registro con 30% total intervalos fuera de rango
- Figura N° 2.12 Circuito equivalente de un sistema de distribución
- Figura N° 2.13 Gráfico de la ecuación del regulador del transformador
- Figura N°3.1 Perfiles de tensión en el circuito eléctrico de la SET Ñaña
- Figura N°3. 2 Ubicación de la SET Ñaña en el unifilar del SEIN
- Figura N°3. 3 Esquema unifilar de la SET Ñaña
- Figura N°3. 4 Esquema geográfico de los alimentadores de la SET Ñaña
- Figura N°3.5 Recorrido del alimentador NA-01
- Figura N°3.6 Recorrido del alimentador NA-02
- Figura N°3.7 Recorrido del alimentador NA-03
- Figura N°3.8 Recorrido del alimentador NA-04
- Figura N°3.9 Recorrido del alimentador NA-05
- Figura N°3.10 Recorrido del alimentador NA-06
- Figura N°3.11 Cantidad de intervalos fuera de rango durante lunes a viernes
- Figura N°3.12 Cantidad de intervalos fuera de rango durante sábado y domingo

- Figura N°3.13 Transformador de potencia de 40 MVA
 Figura N°3.14 Datos de placa del transformador de la SET NA
 Figura N°3.15 Regulador de tensión MK 20

Figura N°8.1 Esquema de propuesta para control remoto

Tablas

- Tabla N° 1.2 Tabla del indicador $\Delta VP\%$
 Tabla N° 1.3 Evaluación de la compensación por calidad de producto - año 2014
- Tabla N° 2.1 Resumen de cantidad de SED por rango de tensión MT
 Tabla N° 2.2 Resumen de cantidad de SED por rango de tensión BT, escenario operación normal
 Tabla N° 2.3 Resumen de cantidad de SED por rango de tensión BT, escenario operación crítico
 Tabla N° 2.4 Inversión económica para el sistema eléctrico de Ica
 Tabla N° 2.5 Regulación horaria en SET Ñaña
 Tabla N° 2.6 Tabla de variables.
- Tabla N° 3.1 Potencia de los condensadores instalados
 Tabla N° 3.1 Potencia de los condensadores instalados
 Tabla N° 3.2 Recorrido de alimentadores
 Tabla N° 3.4 Distribución y cuantificación de suministros por % Fuera de Rango, monto de compensación y alimentador.
 Tabla N°3.5 Códigos de evaluación
 Tabla N°3.6 Parámetros para el seguimiento de los perfiles
 Tabla N°3.7 Cálculos horarios
- Tabla N°4.1 Resultado de la desviación del óptimo perfil de tensión
 Tabla N°4.2 Causas de los desvíos de tensión durante una semana
 Tabla N°4.3 Reporte semanal de los perfiles de tensión en barras

RESUMEN

La Subestación Eléctrica de Transmisión Ñaña perteneciente a la concesionaria de la empresa Luz del Sur, es un punto donde la empresa distribuidora tiene conexión con el SEIN a través de su barra de 60KV y en su barra de 10KV distribuye la energía eléctrica a través de sus 06 alimentadores recorriendo los distritos de Ate Vitarte, Chaclacayo, Chosica suministrando energía eléctrica a los usuarios conectados a esta red.

Los resultados de los muestreos de medición por calidad de producto exigidos por el OSINERGMIN en estos distritos han mostrado variaciones de tensión de larga duración (sobretensión, subtensión y sobretensión) que trasgreden la Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos.

Optimizar la tensión en la barra de 10KV tal que aguas abajo siga el mismo perfil de tensión asegurándose la calidad de servicio brindado a los usuarios

Ante el dinamismo del consumo de los suministros y las conexiones de nuevos clientes en estos distritos provoca una desordenada operación de tensiones en toda la red por ello para lograr el objetivo el regulador de tensión del transformadores existente en la SET Ñaña deben ser configurados según la topología de la red a la se va a alimentar y obtener un óptimo control de la configuración de las tomas de regulación del transformador de MT/BT

En los resultados para la red en estudio se aprecia un notorio efecto que este método tiene sobre la subtensión.

ABSTRACT

The Transmission Electrical Substation Ñaña belonging to the concessionaire of the company Luz del Sur, is a point where the distributor has a connection with the sein through their bar of 60KV and in their bar 10KV distributes electric power through its 06 feeders touring the districts of Ate Vitarte, Chaclacayo, Chosica supplying electricity to users connected to this network.

The results of the sampling of measurement by quality of product required by the OSINERGMIN in these districts have shown voltage variations of long duration (overvoltage, Undervoltage and overvoltage) that transgress the technical standard of quality of electricity services.

Optimize the voltage in the bar 10KV such that downstream follow the same profile of tension by ensuring the quality of service provided to users

to the dynamism of the consumption of the supplies and the connections of new customers in these districts causes a disordered operation of tensions in the entire network therefore to achieve the objective the voltage regulator of the existing transformers in the SET Ñaña must be configured according to the topology of the network is to feed and get an optimal control of the configuration of the jacks of regulation of the transformer of MT/BT

In the results for the network in study we observed a noticeable effect that this method has On the undervoltage.

INTRODUCCIÓN

Desde el año 1997 que apareció la Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos (de ahora en adelante NTCSE) al año siguiente se aprobó la Base Metodológica para la NTCSE y con ello el consumo de energía eléctrica está sujeto a una serie de parámetros que definen su calidad.

La competencia de velar por el cumplimiento de estas normativas que regulan la calidad y eficiencia del servicio brindado al cliente por las empresas concesionarias de distribución eléctrica están a cargo de la Gerencia de Fiscalización Eléctrica (GFE) un Subsector Eléctrico del Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería (OSINERGMIN)

La energía eléctrica de estas concesionarias se distribuye en MT y fundamentalmente en BT para los diferentes usuarios del sistema eléctrico por ello se debe presentar una calidad adecuada para uso cotidiano. Esta investigación se centró en solucionar los problemas de calidad de producto, específicamente el parámetro tensión de la empresa distribuidora Luz del Sur, el cual ha registrado un aumento progresivo de suministros que presentan deficiencias en la calidad de tensión; al ser las redes eléctricas extensas y los puntos de deficiencias se encuentran esparcidos por lo que se hace necesario establecer criterio de actuación que permitan controlar y, en ocasiones, actuar sobre dicho sistema eléctrico.

Se utilizó una técnica de optimización de perfil de tensión ajustando de manera global las tensiones de la barra de 10 KV dentro de un rango preseleccionado, de forma que consiga un control óptimo en la configuración de las tomas de regulación del transformador existente en las Subestaciones Eléctricas de Transmisión (SET).

Se implantó la técnica de optimización de perfiles de tensión en la SET Ñaña (SET NA) con la finalidad de ver el efecto que tiene en los suministros conectados a esta fuente con el cumplimiento de la NTCSE. Estos clientes pertenecen a los distritos de Ate Vitarte, Chaclacayo y Chosica. La población

trabajada forma parte del muestreo de las campañas de medición, por calidad de producto, entre 2010 al 2013 se obtiene una suma de 132 suministros con deficiencias entre los cuales existen 42 casos que presentan problemas de sobretensión, 45 de subtensión y 45 de sub-sobretensión proyectándose una compensación de US\$ 562,870,98

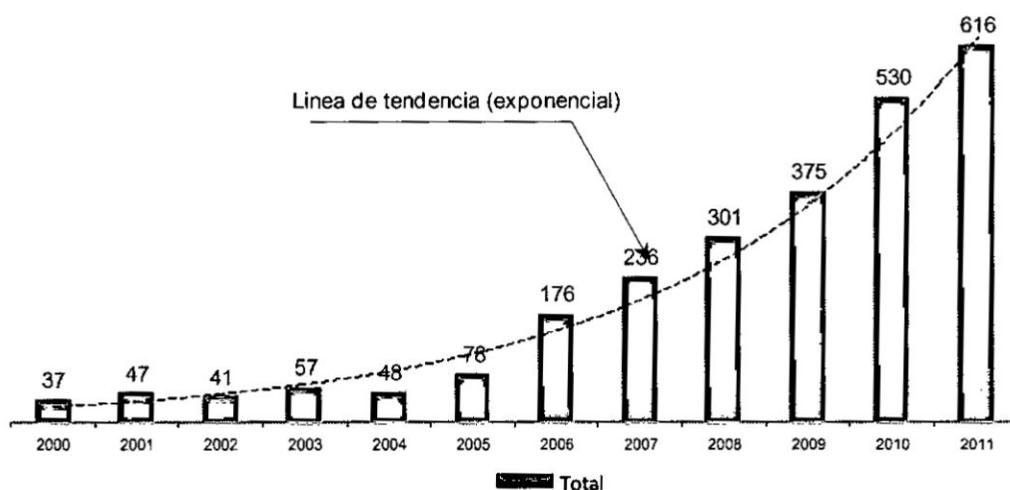
Con la propuesta se encontró una discriminación de los sábados, domingos y feriados con el fin que se elimine la sobretensión y la subtensión de forma natural.

I. PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. SITUACIÓN PROBLEMÁTICA

Con la finalidad de cumplir la NTCSE se realizan mediciones con las cuales se pueden evidenciar la calidad de producto (tensión) que reciben los suministros, los cuales son seleccionados de manera arbitraria por el fiscalizador. Al finalizar el año se obtendrá una cantidad de suministros con deficiencias de calidad de tensión las cuales deberán ser solucionados como máximo al siguiente año, esta es la manera que se obtiene los casos a solucionar con el fin del cumplimiento de la normativa vigente; corregir las deficiencias con los métodos tradicionales aplicados por la empresa concesionaria Luz del Sur solo ha ocasionado que se acumulen los suministros con mala calidad provocando un incumplimiento a la normativa y un inadecuado servicio eléctrico. Aclarar que el mayor número de clientes deficientes son los que se suministra en BT

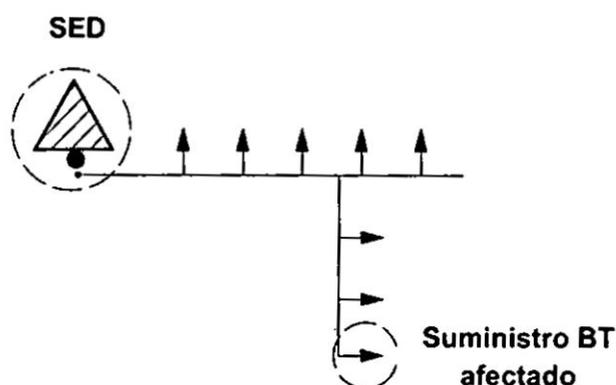
Figura N° 1.1 Crecimiento de la cantidad de casos por mal servicio en la calidad de producto (tensión) por año



Fuente: Luz del Sur (2012). Propuesta de solución de casos fuera de rango

Los métodos tradicionales aplicados en los suministros de BT básicamente consisten en enfocarse en las tensiones de la SED, siendo su único campo de visión las redes de BT. Para subsanar la mala calidad de un suministro se han considerado un movimiento de tap en las bobinas de MT del transformador o en las redes eléctricas de BT, donde se conectan los suministros, realizando reformas de redes.

Figura N° 1.2 Campo de visión, las redes de BT de las SED's



Fuente: Elaboración propia

Un movimiento de tap consiste mover los gradientes del bobinado del lado de MT del transformador de la SED para elevar o disminuir los niveles de tensión en el lado de BT, la variación de tensión dependerá del tipo, por ejemplo un transformador de tipo B aproximadamente puede variar $\pm 5V$ las tensiones de los bornes del lado de BT, un tipo A aproximadamente puede variar $\pm 3V$, para realizar estos movimientos se tiene que desconectar, dejar fuera de servicio, a toda la SED (incluyendo a sus suministros), en términos económicos este trabajo solo costaría el jornal del operario y el corte a los suministros conectados a esa red

Esta acción corresponde a la necesidad de nivel de tensión que se necesita en los bornes del transformador del lado de BT con el fin que el suministro se encuentre dentro de los rangos permitidos para asegurar la

calidad de servicio, esta acción conlleva a alterar las tensiones de otros suministros y crear zonas de diferentes niveles de tensión.

En cambio una reforma de redes es un cambio topológico al circuito de BT (crear un expediente de un proyecto) de tal forma que se elimine las caídas de tensión en los cables, estos cambios de redes conlleva trabajos civiles como eléctricos, interrupciones de energía a los usuarios. Por parte de la empresa es una inversión económica y sólo se corrige la transgresión de un suministro; con esta acción cabe la posibilidad de generar que otros suministros sean afectados negativamente. En muchos casos el costo de levantar esta transgresión por este método es más elevado que el pago de la compensación por la deficiencia.

Los métodos explicados son utilizados para solucionar casos de suministros de BT, para el caso de los suministros MT levantar la transgresión por una reforma de redes el costo es excesivamente elevado comparación del pago por compensación por calidad de producto.

Esto nos lleva a comprender que no existe una metodología y la mejora de la calidad de las redes solo se enfocan en solucionar los casos encontrados por OSINERGMIN; se necesita una técnica que solucione las transgresiones en forma masiva que no implique un tiempo prolongado su aplicación y que se sea permanente puesto que los suministros que son levantadas y declarados ante el fiscalizador algunos de ellos son vueltos a medir para comprobar la veracidad de la declaración.

Por ello surge la necesidad de cambiar la óptica de trabajo, ya no centrarse en las SEDs sino en la Subestación Eléctrica de Transmisión (SET)

Explicado la situación global y las técnicas usadas esta tesis se centrara exclusivamente en solucionar los problemas de calidad de producto de los suministros BT y MT alimentados por la SET Ñaña (en adelante SET NA), subestación perteneciente a la concesionaria Luz del Sur.

Estos clientes pertenecen a los distritos de Ate Vitarte, Chaclacayo y Chosica al inicio de su conexión eléctrica fueron diseñados por cables de impedancia relativamente alta la cual transmitían el flujo eléctrico para suministrar a los clientes, sus consumos eléctrico en aquella época era relativamente bajos los cual no provocaban caídas de tensión en horas de máxima demanda ni un aumento de tensión en horas de mínima demanda por ello el diseño era el adecuado, con el transcurso de los años se ha presentado un crecimiento demográfico y económicos en dichas zonas. Para solucionar la demanda de nuevos suministros (residenciales, industriales y comerciales) se conectaron a las redes eléctricas existentes o se extendieron las redes eléctricas sin ningún planeamiento.

Este nuevo enfoque propone ver la SET NA como fuente principal de entrega de tensión y tener en claro que no se puede evitar la conexión de nuevos suministros a esta red y nos lleva a las siguientes preguntas ¿Cómo se puede optimizar la tensión en la barra de 10 KV de la S.E Ñaña de tal manera que se enmarque en el cumplimiento de la NTCSE?, ¿Cómo controlar los niveles de tensión del lado de 10KV en el transformador de la SET?, ¿Cómo ordenar las tensiones en toda la red eléctrica?

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1 Problema General

¿Cuál es el efecto de optimizar el perfil de tensión 10 KV de la SET Ñaña para el cumplimiento de la NTCSE-Producto?

1.2.2 Problema Específico:

PE1: ¿Cuál es la forma de estandarizar un perfil óptimo en la barra 10 KV de la SET Ñaña tal que mejore la calidad del producto en los suministros?

PE2: ¿En qué medida la optimización perfil de tensión en barra 10 KV de la SET Ñaña hará variar los pagos por compensación por la mala calidad de producto en los suministros?

PE3: ¿De qué manera se puede monitorear la optimización del perfil de tensión en la barra 10 KV de la SET Ñaña?

1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.3.1 Objetivo General

Determinar la relación entre la optimización del perfil de tensión en la barra 10 KV de la SET Ñaña y el cumplimiento de la NTCSE-Producto.

1.3.2 Objetivo Específico

OE1: Identificar la adecuada forma de estandarizar un perfil óptimo en la barra 10 KV de la SET Ñaña tal que mejore la calidad del producto en los suministros

OE2: Precisar como el perfil óptimo de tensión en barra 10 KV de la SET Ñaña hará variar los pagos por compensación por la mala calidad de producto en los suministros

OE3: Monitorear el cumplimiento el óptimo perfil de tensión en la barra 10 KV de la SET Ñaña.

1.4. JUSTIFICACIÓN Y PROPÓSITO

1.4.1 Legal

La empresa distribuidora, Luz del Sur, se rige bajo la normatividad impuesta por el estado así tenemos la Ley de Concesiones Eléctricas (1993) que establece: “Los concesionarios de distribución tiene la obligación de garantizar la calidad del servicio eléctrico, cumpliendo con los niveles establecidos en la norma técnica correspondiente” (p.30). Por lo tanto Luz del Sur es responsable de que sus instalaciones no superen las tolerancias establecidas por la NTCSE.

La metodología para cual se comprueba la calidad de producto que brinda la distribuidora lo establece NTCSE de la siguiente manera: “Los intervalos válidos requerido para la evaluación de la calidad unos 672 intervalos (7 días calendario continuos) para el caso de la tensión, en cada Período de Medición, los valores instantáneos de los parámetros de la Calidad de Producto son medidos y promediados por intervalos de quince 15 minutos” (p.11)

“Se considera que la energía eléctrica es de mala calidad, si la tensión se encuentra fuera del rango de tolerancias establecidas en este literal, por un tiempo superior al cinco por ciento (5%) del período de medición” (NTCSE, 1997, p.12)¹ , el porcentaje

¹ Véase numeral 5.0.2 y 5.0.3

establecido es alrededor de 34 intervalos, en el siguiente punto indica Suministradores deben compensar (económicamente) a sus Clientes por aquellos suministros en los que se haya comprobado que la calidad del producto no satisface los estándares fijados en la norma.

“La operación en tiempo real de los sistemas de distribución de un sistema interconectado, será efectuada directamente por el titular, bajo su propia responsabilidad” (Ley de Concesiones Eléctricas, 1993, p.43)². Esto es así porque el titular se encuentra en mejor posición para conocer y operar sus propias instalaciones dado que cuenta con información más completa y actual respecto a ellas.

Si bien la SET Ñaña es un punto de suministro, por lo tanto es la conexión con el Sistema Interconectado Nacional (en adelante, el SEIN). Mediante el Oficio N° 8084-2011-OS-GFE OSINERGMIN declara que su tensión de operación es 59,20 KV

Existiendo la Norma Técnica para la Coordinación de la Operación en Tiempo Real de los Sistemas Interconectados (NTCSOTRSI)³ es la que establece las responsabilidades de las concesionarias al operar en el sistema interconectado también establece que todos serán coordinados por el COES para garantizar la calidad de servicio y las tarifas eléctricas, en el tema de calidad de servicio cabe precisar que “El Coordinador es responsable de supervisar y controlar los niveles de tensión en las barras del Sistema de Transmisión.” (NTCSOTRSI, 1999, p.20)⁴— se limitan a las barras en las cuales hayan establecido las tensiones de operación, porque considera necesario controlarlas, por cuestiones de seguridad o calidad del SEIN. Líneas arriba se explica que la tensión de 60 KV de la SET Ñaña fue establecida por OSINERGMIN y no por el COES, por lo que el numeral 6.4.4

² Véase numeral 5.1.2

³ Aprobada por la Resolución Directoral N° 049-99-EM/DGE

⁴ Véase numeral 6.4.4

de la NTCOTRSI no sería aplicable al presente caso, precisamente porque el COES no requiere controlarlas para el cumplimiento de sus funciones de coordinación de la operación del SEIN.

Por lo tanto Luz del Sur en su calidad de distribuidora, debe regular la tensión en las instalaciones de su sistema de distribución, las cuales se encuentran en niveles de tensión menores de 100 KV.

1.4.2 Tecnológica

En el mundo la electricidad se trata como una mercancía en un mercado con características peculiares, desde los centralizados hasta los desregulados, por ello, la definición de parámetros de calidad permiten determinar las características de competitividad del producto.

En la actualidad, la sociedad y la industria presentan un alto grado de penetración en lo que se refiere a equipamiento electrónico de diversas marcas, vinculados al control de procesos, accionamiento, procesamiento de datos, comunicaciones y transmisión de información, dispositivos domésticos, comerciales y de entretenimiento entre otros.

Los fabricantes de este equipamiento, en un mercado competitivo, diseñan los componentes de sus equipos para los niveles de tensión normados, de manera que las desviaciones dentro de esos límites no afectan su funcionamiento.

Una insuficiente calidad en el suministro de la energía eléctrica afecta, en mayor o menor grado, a otras tecnologías y procesos industriales, donde las pérdidas económicas que se generan por este concepto pueden llegar a ser importantes.

Lo expuesto se aprecia mejor en la Carta Registro 286693 - Surpack S.A.: “ ... es preciso mencionar que Surpack S.A cuenta con procesos productivos las 24 horas del día, los 07 días de la semana, basados en el funcionamiento de equipos eléctricos y electrónicos, cuyas características técnicas de eficiencia requiere de una operación continua: por ende una parada o caída de tensión afecta a toda la configuración del proceso, genera merma de materia y requiere limpieza y reconfiguración de máquina, además de las fallas técnicas que se producen en los componentes debido a los picos o caídas de tensión imprevistas.

.... Considerando las pérdidas de producción por mermas y maquinas paradas y sin contar el deterioro que origina a nuestros equipos estas deficiencias técnicas del servicio brindado.

.... Por lo anteriormente expuesto, solicitamos que fuera del procedimiento de reclamo y en vía de trato directo, Luz del Sur S.A.A. reconozca una reparación económica por los daños que se indican y que son cuantitativamente demostrables, reservándonos el derecho de acudir a las instancias judiciales a efecto de que se reconozcan los daños y perjuicios que nos han originado” (p.03)

Por naturaleza los sistemas de distribución son radiales, sin generación local o algún tipo de compensación, de esta forma las redes industriales se encuentran dentro del escenario de operación más propenso a padecer este problema.

En el caso de los usuarios de BT la mayor insatisfacción se da por el deterioro de sus equipos electrónicos (Smart TV, Blu – ray, microondas, etc)

1.4.3 Económica

Los Suministradores (Luz del Sur) deben compensar a sus Clientes por aquellos suministros en los que se haya comprobado que la calidad del producto no satisface los estándares fijados en el numeral 5.1.2 de la NTCSE.

Para la determinación de la compensación, se considera los intervalos donde salen fuera de lo establecido

Considerando que la NTCSE establece montos de compensación en dólares de los Estados Unidos de Norte América, el tipo de cambio a utilizarse para hacer efectivas las compensaciones debe ser el determinado por el valor venta promedio calculado por la Superintendencia de Banca y Seguros, tabla de "Cotización de oferta y demanda – tipo de cambio promedio ponderado o el que lo reemplace

a) Formulación para la compensación

$$\text{Compensación de Tensión} = \sum_P a \times A_P \times E_P$$

Donde:

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

Aclarar el término "primera etapa" se utilizó cuando se inició la aplicación de la normativa, en aquel momento su valor unitario

era igual a cero por ello no existía compensación a los suministros por deficiencias en la calidad de tensión, se inició con este valor para dar un tiempo a las empresas concesionarias para que programen sus trabajos y sus estadísticas para afrontar la nueva normativa.

Cuando se dio a conocer el valor por donde estaría este valor unitario fue en la segunda etapa. En la tercera etapa es cuando se establece definitivamente y con este valor se calculan los pagos por compensación.

A_p : Es un factor de proporcionalidad que está definido en función de la magnitud del indicador $\Delta V_p(\%)$ medido en el intervalo p , de acuerdo a la Tabla N° 1.1

$$\Delta V_p(\%) = \left(\frac{V_p - V_N}{V_N} \right) \times 100\%^5$$

V_p : Valor de tensión que se ha trasgredido (tensión fuera de rango) en caso no se haya trasgredido considerar igual a cero.

V_N : Valor de tensión nominal del sistema eléctrico.

Tabla N° 1.2 Tabla del indicador $\Delta V_p(\%)$

Indicador $\Delta V_p(\%)$	Todo servicio A_p
$5.0 < \Delta V_p(\%) \leq 7.5$	1
$7.5 < \Delta V_p(\%) $	$2 + (\Delta V_p(\%) - 7.5)$

Fuente: MINEM (1997). Norma Técnica de la Calidad de los Servicios Eléctricos (p.13)

⁵ Formulación mejor detallada en 3.2 Unidad de análisis

E_p : Energía por intercalo de medición

$$E_p = \frac{KWH_{MENSUAL_{CLIENTES}}}{((DIAS_{MES} \times 24 \text{ HORAS} - HORAS \text{ INTERRUMPIDAS}_{MES}) \times 4)}$$

b) Cálculo de compensación

Compensación por intervalo de medición

$$\begin{aligned} & a \times A_1 \times E_1 \\ & a \times A_2 \times E_2 \\ & a \times A_3 \times E_3 \\ & \vdots \\ & a \times A_{672} \times E_{672} \end{aligned}$$

Donde $a = \text{cte}$; $E_1 = E_2 = E_3 = \dots E_{672}$

Entonces compensación tensión = $a \times E_{15'} \times (\sum A_{P=1} + \sum A_{P>1})$

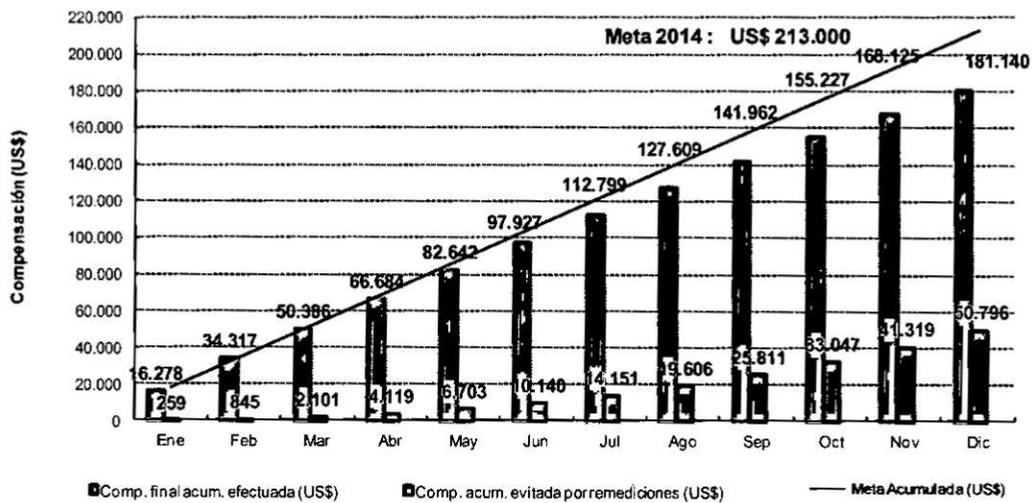
Observar que en la formulación depende directamente de la energía eléctrica consumida en el intervalo donde se ha trasgredido la calidad de tensión, en otras palabras se compensa por cada intervalo (15'). En caso $\Delta V_p(\%)$ de cómo resultado mayor a un 7.5% se obtendrá un monto más elevado. En conclusión la cantidad del monto de compensación depende de la energía eléctrica que consume, de la cantidad de intervalos trasgredidos y cuán grande es la transgresión.

Ubicada la transgresión de tensión en un punto de medición en baja tensión, sea éste un suministro monofásico o trifásico, son objeto de compensación todos aquellos clientes con suministros monofásicos y/o trifásicos que se encuentran en la(s) parte(s) del ramal "aguas-arriba" por deficiencias de sobretensión y "aguas-abajo" por deficiencias de subtensión y en caso de una deficiencia de sub-sobretensión se compensará tanto aguas arriba como aguas abajo, desde e incluido el cliente en cuyo punto de entrega se realizó la medición. En los casos de

encontrar deficiencias de tensión en los suministros MT sólo se compensará a dichos suministros.

El pago de la compensación se hace mes a mes, tomamos como ejemplo los pagos de compensación de la concesionaria Luz del Sur al año 2014.

Tabla N° 1.3 Evaluación de la compensación por calidad de producto - año 2014



Fuente: Luz del Sur (2014). Reporte anual de compensaciones por NTCSE

Se observa el crecimiento lineal de la compensación durante el año 2014, la barra "compensación final acumulada efectuada" indica el pago mensual que se hace mes a mes por trasgresión a la calidad de producto y en el mes Diciembre 2014 el pago es de US\$ 181.140 y está en 15,0% por debajo del valor esperado (US\$ 213.000).

La barra "compensación acumulada evitada por remedios" indica la compensación ahorrada debido al levantamiento de las transgresiones por calidad de producto-tensión.

II. MARCO TEORICO

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1. Evolución histórica del sector eléctrico peruano

La producción de la electricidad en el Perú se ha venido transformando constantemente. Desde los años 70' ha pasado por distintas formas de organización industrial como por diferentes estructuras de propiedad. Por ejemplo, en la década del 70', la industria fue estatizada y concentró todas sus actividades, de este modo bajo una estructura vertical se operaban las actividades de generación, transmisión, distribución y comercialización. Así se crean empresas como Electrolima y Electroperú que se encargaron de producir, transportar y distribuir la electricidad en Lima y el resto del país, respectivamente.

En la década del 80', se inicia el proceso de reforma con una participación mixta tanto del sector privado como público en el sector eléctrico. La característica resaltante, basada en el principio de la descentralización, es la conformación de empresas concesionarias de distribución a nivel regional que mantenían coordinación centralizada con Electroperú

En los años 90' se producen importantes reformas legales y técnicas con el propósito de lograr una asignación eficiente de los recursos del sector y propiciar la participación de los inversionistas privados y de esta manera mejorar la calidad del servicio e incrementar la cobertura de electrificación. Para lograr estos objetivos era necesario desintegrar las actividades del sector, las mismas que hasta ese entonces eran centralizadas y controladas por el Estado, y alentar la competencia directa en aquellas actividades donde fuese posible hacerlo o, en caso

contrario, se trataría de replicar un resultado competitivo a través de la regulación por incentivos para guiar las decisiones de los agentes económicos de manera eficiente. Siendo estas las bases de la Ley de Concesiones Eléctricas⁶ (LCE), decreto Ley N°25844, promulgado el 6 de noviembre de 1992. De acuerdo con la ley, el sector eléctrico peruano está dividido en tres grandes segmentos: generación, transmisión y distribución.

Se necesitaba una entidad que regule las operaciones del sistema de aquel momento a un mínimo costo y garantizando la seguridad del abastecimiento de energía eléctrica, en 1993 se creó una entidad que en el 1995 recibió el nombre de COES-SINAC.

Posteriormente en 1996, mediante la Ley N° 26734, se creó el Organismo Supervisor de la Inversión en Energía (OSINERG) se comportaría como el organismo fiscalizador de las actividades que desarrollan las empresas en los subsectores de electricidad e hidrocarburos, en 2007 se agregó los subsectores de electricidad, hidrocarburos y minería, es decir, recibió el nombre de OSINERGMIN.

Para asegurar un nivel satisfactorio de la prestación de los servicios eléctricos a que se refieren dichas disposiciones legales, debe garantizarse a los usuarios un suministro eléctrico continuo, adecuado, confiable y oportuno, siendo por tanto dictar disposiciones reglamentarias para fijar estándares mínimos de calidad; De conformidad con lo dispuesto por el Decreto Legislativo N° 560, Ley del poder Ejecutivo; y por el inciso 8) del Artículo 1180 de la Constitución Política del Perú; Decreta: Artículo1° Apruébese la Norma Técnica de Calidad De Los Servicios Eléctricos (NTCSE) en el 1997

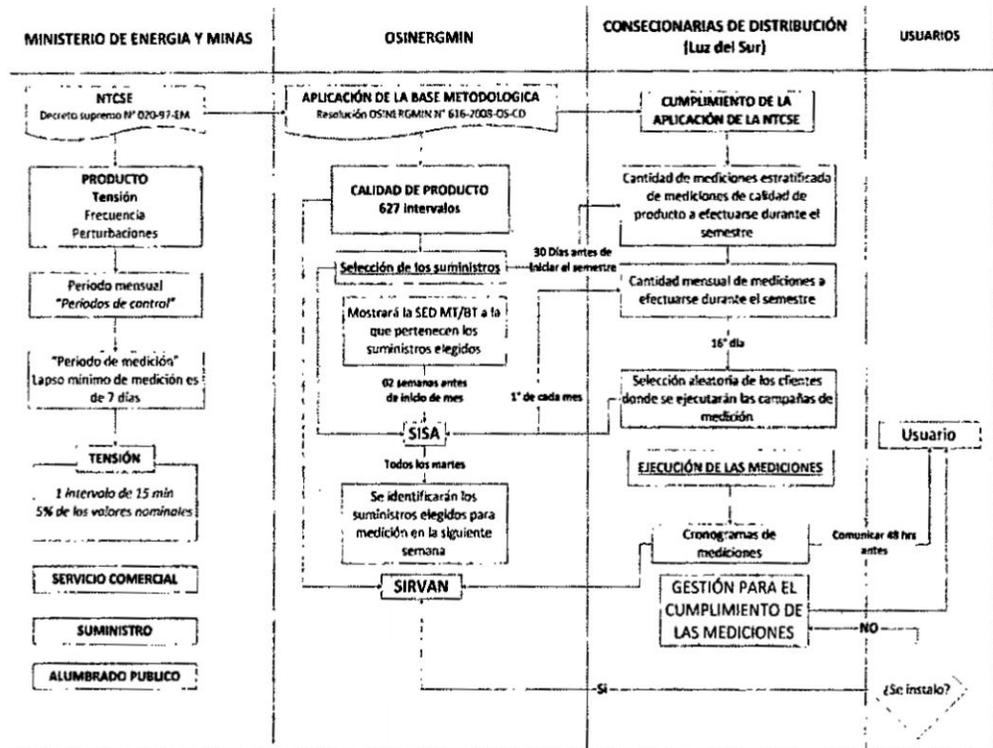
En ella se establecen entre otras cosas, los niveles mínimos de la calidad que deben cumplir las empresas de servicio de suministro eléctrico, al igual que lo hace cualquier otro producto tangible de

⁶ Última modificación 2008

consumo público. Son la **Calidad de Producto**, Suministro, Alumbrado Público y de Servicio comercial los 4 preceptos de calidad sobre la que se sustenta la NTCSE. Es la Calidad de Producto, conformada por la **tensión**, la frecuencia y las perturbaciones, donde se fijan los niveles mínimos, de la calidad de energía propiamente dicha. Desde su aprobación la NTCSE ha pasado por 3 etapas definidas y sufridas algunos cambios. Así, paso por una 1° etapa de adecuación sin penalidad alguna, la 2° con una compensación mínima, y la 3°, con importes mayores de compensación (11 veces mayor que la segunda), esto con la intención de obligar a los suministradores resolver las deficiencias encontradas. La compensación es una especie de retribución o compensación hacia el consumidor por la mala calidad de la energía que le ha sido entregada. La cuantificación de la compensación, está en función de la energía consumida por el cliente en condiciones de mala calidad y de los límites máximos de magnitud y tiempo, y se hace efectivo en los recibos de pago mensual, como una asignación a su favor⁷

⁷ Dicha compensación será realizada hasta que el suministrador demuestre mediante una medición, que las condiciones de mala calidad han sido superadas.

Figura N° 2. 1 Flujograma de la selección de suministros para la calidad de producto



Fuente: Elaboración propia, basada en la NTCSE y la base metodológica

2.1.2. Publicaciones anteriores

Medina D. (2013). *Planteamiento de metodología e integración de soluciones para mejora de la calidad de tensión en los Sistemas Eléctricos de Distribución* (Tesis de grado). Universidad Nacional San Luis Gonzaga de Ica

Esta tesis toma como premisa que el sistema de BT depende de la MT por ello su planeamiento se basa en utilizar equipamientos (condensadores, reguladores monofásicos y movimientos de tap) también en reformas de redes a nivel de alimentadores (Refuerzos de primeras troncales y traslados de carga) que

permitan que la tensión MT se mantenga dentro de los márgenes óptimos que no perjudiquen a las tensiones BT de los bornes del transformador de la SED.

Con la finalidad de mostrar los resultados de la aplicación de la metodología propuesta, se tomó como ejemplo, el estudio de los alimentadores de MT en 10 KV del Sistema Eléctrico Ica

Tabla N° 2.1 Resumen de cantidad de SED por rango de tensión MT

Nº Casos SED:		Situación Inicial	Situación Solución1: Traslado de carga	Situación Solución2: Regulación de Tensión de Despacho	Situación Solución3: Corrección del Factor de Potencia	Situación Solución 4: Implementación de Regulador de MT/Autotransformador
Sobre y subtensión	<9,5 >10,5	0	0	0	0	0
Sobre tensión	>9,5 >10,5	0	0	0	0	0
Subtensión	<9,5 <10,5	246	205	77	62	0
Casos dentro de Operación normal	>9,5 <10,5	611	652	780	795	857
Total		857	857	857	857	857
Nº Casos con dV	>0,50	528	532	172	136	61
Nº Casos con dV	>0,60	375	325	61	54	0

Fuente: Tesis Medina (2013)

Como se puede apreciar, todos los casos según los parámetros definidos en MT estaría solucionados luego de implementar las soluciones planteadas.

Tabla N° 2.2 Resumen de cantidad de SED por rango de tensión BT,
escenario operación normal

N° Casos SED: (Operación normal)			Situación con TAP en Posición 3	Situación Solución5: Regulación del TAP de SED
Sobre y subtensión	>0,231	<0,220	0	0
sobre tensión	>0,231	>0,220	857	0
subtensión	<0,231	<0,220	0	390
Casos OK	<0,231	>0,220	0	467
Total			857	857

Fuente: Tesis Medina (2013)

Tabla N° 2.3 Resumen de cantidad de SED por rango de tensión BT,
escenario operación crítico

N° Casos SED: (Operación crítica)			Situación con TAP en Posición 3	Situación Solución5: Regulación del TAP de SED
Sobre y subtensión	>0,233	<0,219	0	0
sobre tensión	>0,233	>0,219	855	0
subtensión	<0,233	<0,219	0	255
Casos OK	<0,233	>0,219	2	602
Total			857	857

Fuente: Tesis Medina (2013)

Tabla N° 2.4 Inversión económica para el sistema eléctrico de Ica

Descripción	US\$/Equipo	Cant.	Und.	Total
Regulador MT (Banco en delta abierto)	40000	2	und.	80000
Autotransformador MT	10000	1	und.	10000
Banco de Condensadores 3x150kVAR	3500	12	und.	42000
Ampliación Red	25000	0,5	km	12500
Total (US\$)				144500

Fuente: Tesis Medina (2013)

De un estimado de 528 casos de SED con mala calidad de tensión, aplicando las soluciones propuestas por alimentador, se lograría reducir a 61 casos de SED con probables problemas de calidad de tensión (tensión mínima estimada de despacho en BT de 215V).

La metodología planteada permite integrar, priorizar y definir la aplicabilidad de soluciones convencionales, con la ayuda del método de momento eléctrico y flujos de carga para lograr el objetivo, mejorar la calidad tensión. Evitando realizar inversiones innecesarias, que no darían mejores resultados.

Gil F. (2009). *Optimización de perfiles de tensión en redes de distribución utilizando técnicas evolutivas*. (Tesis de doctorado). Universidad de Granada, España

El principal objetivo de la tesis es la consecución de un perfil óptimo de tensión mediante la actuación en el estado de las tomas de los cambiadores de un conjunto de transformadores en una red eléctrica de distribución, de forma que las tensiones nodales en dicha red estén lo más próximo que se pueda a sus tensiones nominales. Por ello se ha implementado un nuevo método basado en algoritmo genéticos capaz de lidiar con la complejidad no lineal y combinatoria del problema.

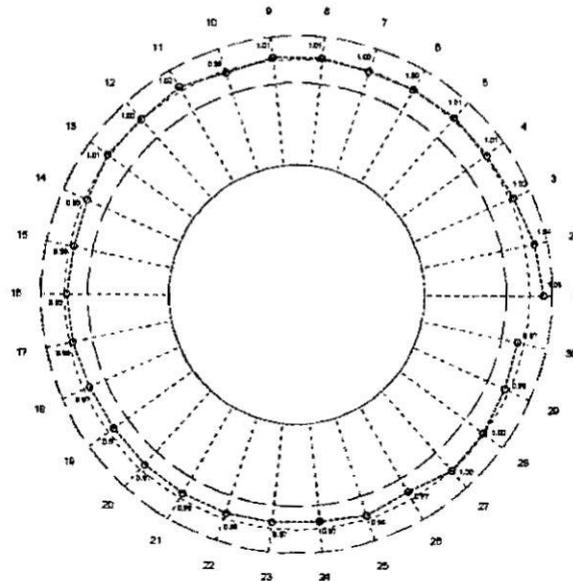
Esta tesis propone un algoritmo genético que, por medio de heurísticas, obtiene un conjunto de soluciones cercanas al óptimo de este problema. La principal característica del algoritmo genético desarrollado es la capacidad de poder trabajar con las tomas de los transformadores en vez de hacerlo con las tensiones nodales. Esta característica evita que la solución del problema sea la trivial, ya que el fundamento de la optimización buscada consiste en minimizar un índice de calidad, el cual es a su vez directamente proporcional al cuadrado de las tensiones en cada punto de la red y, por tanto, haciendo que una búsqueda del óptimo coincida con un perfil plano de tensiones, es decir, que todos los nodos de la red con tensión igual a la nominal.

Para cuantificar sus resultados utilizo como población al Sistema IEEE30 que consta de 8 unidades de generación, de las cuales 2 son centrales eléctricas y las 6 restantes son generadores síncronos. Las potencias activas y reactivas máximas y mínimas de los generadores han sido elegidas arbitrariamente.

Red de transporte y distribución compuesta por 34 líneas que interconectan a 30 nudos. Existen 4 transformadores de potencia

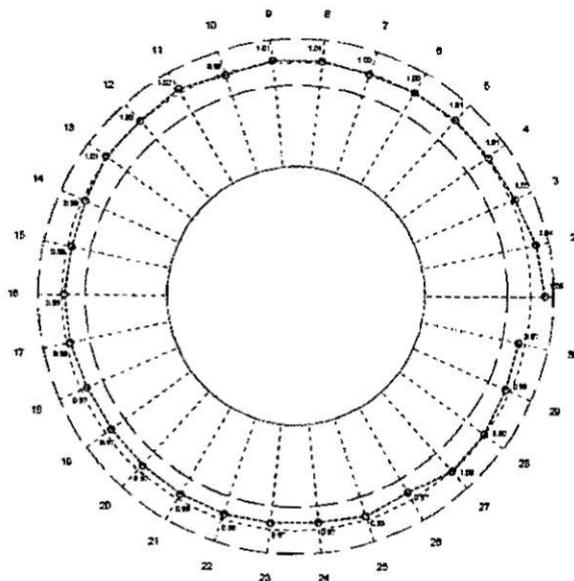
con tomas de regulación de los cuales 2 de ellos son transformadores de tres arrollamientos.

Figura N° 2.2 Nivel de tensión para la red IEEE30, en peor individuo



Fuente: Tesis Gil (2009)

Figura N° 2.3 Nivel de tensión para la red IEEE30, en su nivel óptimo

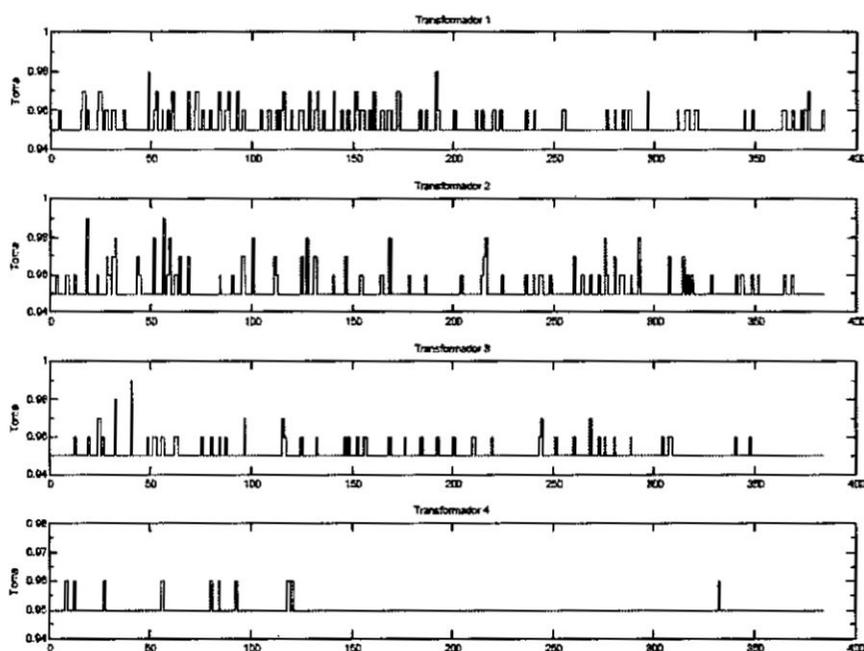


Fuente: Tesis Gil (2009)

En las figuras se puede observar la situación final de la tensión nodal para el mejor de los individuos. Se comprueba como la mayoría de ellos están cercanos a la tensión nominal, existiendo un pequeño rango de variación. A nivel comparativo, se muestra la figura N° 2.4 con la peor de las soluciones obtenidas para las tensiones.

En ambas figuras se puede observar que para la red de prueba IEEE30 no existe una gran variación en las tensiones nodales, estando cercanas todas a ellas a la unidad. Realmente, el tamaño de la red (pequeño) así como el número de transformadores (también pequeño) no permite mucho margen para la distorsión.

Figura N° 2.4 Evolución de las tomas de los transformadores de la red IEEE30 para un conjunto de parámetros genéticos



Fuente: Tesis Gil (2009)

2.1.3. Regulación Horaria, propuesta inicial para el levantamiento las transgresiones de la mala calidad.

OSINERGMIN en su cumplimiento de fiscalizador envía un listado de suministros (en toda la concesión) las cuales deben ser medidos (mediciones básicas) y los resultados indicaban un incremento de clientes con deficiencias por ello la empresa busco la manera de cómo solucionar este problema de manera global

En la empresa distribuidora Luz del Sur en los últimos 2 años ha tenido la necesidad de obtener perfiles de tensión en la barra de 10 KV que le sean convenientes para solucionar suministros deficientes en calidad de producto, al observar que la mayoría de transgresiones se dan a la ciertas horas y en forma periódica, con los métodos tradicionales no solucionaban los casos y necesitaban solucionar casos en forma masiva, y se necesitaba 2 voltios o 1 voltio para estar dentro del rango establecido para ello se instaló un transformador de tensión (1:1) como se aprecia en la Fig. N° 2.5, esta nueva conexión ha permitido alterar las señales que recibía el regulador de tensión de los transformadores de las SETs.

Han sido alteradas de tal manera que puedan elevar la tensión (+100V hasta +200V, en pasos de 100V) o reducir la tensión (-100V hasta -200V, en pasos de 100V) en las horas donde se necesite de acuerdo a los suministros con deficiencia

Cuyo costo de implementación es aproximadamente de \$ 18 200 por transformador, la propuesta era implementar en cada SET de la concesión

Figura N° 2.5 Esquema unifilar de la regulación horaria en SETs,

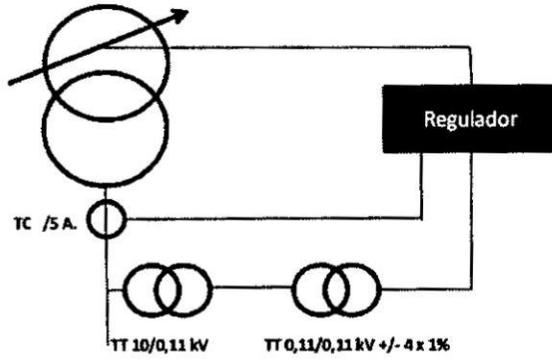
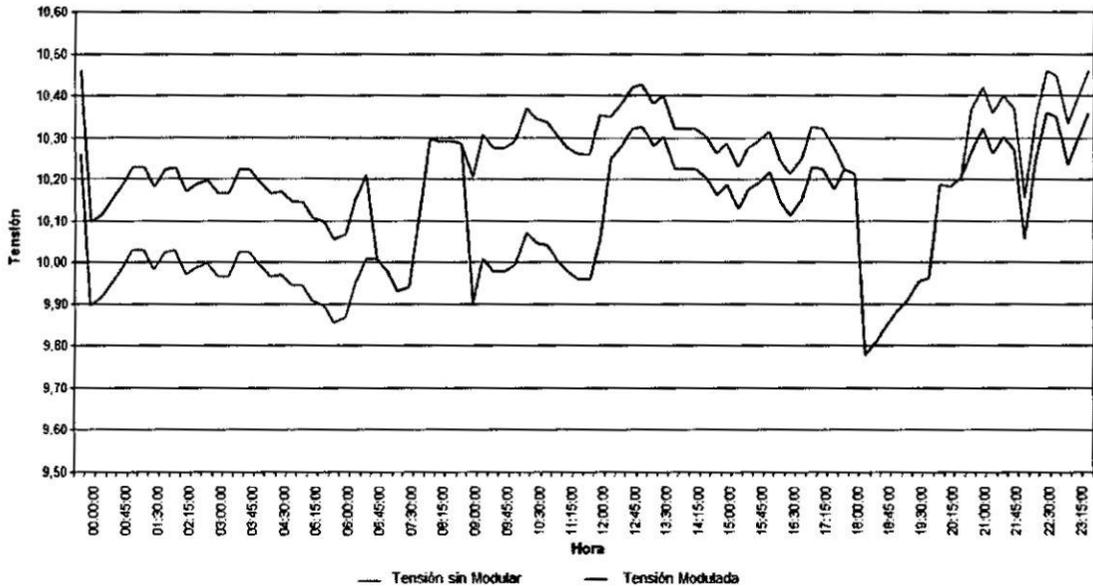


Tabla N° 2.5 Regulación horaria en SET Ñaña

CODIGO	SET	TRF	00:00-02:00	03:00-06:00	07:00-13:00	14:00-16:00	17:00-20:00	21:00-23:00
NA	ÑAÑA	T1	-100 V	-200 V	0	+200 V	+100 V	+200 V

Figura N° 2.6 Comportamiento de la regulación horaria en barras de 10 kV de la SET Ñaña



Fuente: Luz del Sur. (2013). Informe del 1° semestre del 2010 calidad de producto

El Sistema de Regulación Horaria es administrado desde el Centro de Control mediante el Sistema Scada, en horario de máxima demanda el Sistema se desconecta para hacer la regulación de manera manual de acuerdo a la potencia requerida.

Si bien es cierto ha servido para disminuir los niveles de compensación debido a que solo se enfocan en solucionar los casos fuera de rango de las campañas de medición de OSINERGMIN, durante el periodo del 2010 evito una compensación de U\$\$ 87 503 solucionando un total de 785 suministros solucionados.⁸

Este método no es el más eficiente debido que se manipula la tensión de acuerdo a la necesidad de ciertos suministros obtenidos de manera arbitraria, con llevando a un desorden de tensión en todos los alimentadores conectados a la SET.

Esta programación debería de variar según se incremente o disminuya la carga, asimismo, la regulación horaria no discrimina sábados, domingos ni feriados, logrando con la metodología actual solo una solución definitiva para los días laborables, en desmedro de los fines de semana

Esta técnica en si sólo actualiza los parámetros del regulador del transformador AT/MT, en otras palabras se invierte en una instalación nueva para nuevamente configurar al regulador del transformador de la SET

Sin embargo este método sirvió para entender que variando los perfiles de MT adecuadamente se podrían estandarizar los perfiles de BT en todos los suministros así tal modo que así podríamos controlar las tensiones en el momento necesario.

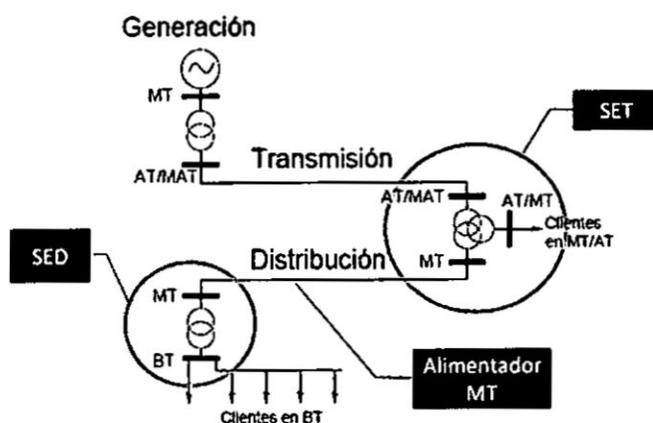
⁸ Fuente: Luz del Sur. (2013). Informe del 1° semestre del 2010 calidad de producto

2.2 REFERENCIAL TEÓRICO-CONCEPTUAL

Los sistemas de potencia para distribución de energía eléctrica están formados por diferentes elementos interconectados entre sí. Un esquema general para el sistema peruano puede ser como el indicado en la figura N° 2.7. Partiendo de las centrales generadoras, se obtiene la energía eléctrica, a un determinado valor de tensión, para posteriormente elevar su magnitud en las subestaciones de transformación, al objeto de minimizar las pérdidas de potencia ocasionadas por el efecto Joule en los conductores de las líneas de transmisión. El proceso de transporte suele transcurrir durante decenas o centenas de líneas de transporte hasta las denominadas Subestaciones de Transmisión (en adelante SET). En ellas suele producir una reducción de la tensión mediante grandes transformadores eléctricos, de forma que la tensión de salida se adecua a niveles más convenientes para la red de reparto. En las SET's se suelen instalar transformadores con posibilidad de regulación y, por tanto con cambiadores de tomas para ajustar la tensión.

Conforme la energía fluye por las líneas de reparto (alimentadores) y se va aproximando a las grandes poblaciones, se necesitan nuevas instalaciones, llamadas de distribución (SED) que reducen la tensión a nivel 220 V.

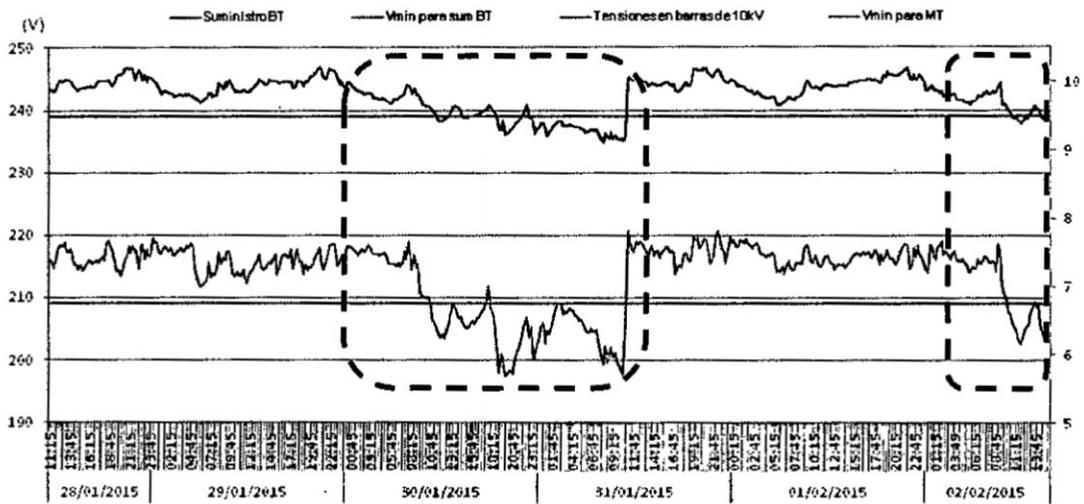
Figura N° 2. 7 Esquema unifilar del sistema eléctrico



Fuente: Elaboración propia

Esta energía, normalmente se distribuye en MT y fundamentalmente en BT, por lo que se hace necesario establecer criterios de actuación que permitan controlar y, en ocasiones, actuar sobre dicho sistema eléctrico

Figura N° 2. 8 Afectación de las anomalías de los perfiles de tensión de 10KV a los suministros BT



Fuente: Elaboración propia

En el gráfico se presenta una comparación de tensiones entre la barra de 10 KV de la SET y la tensión que recibe el suministro más alejado, se puede deducir que la separación entre ambos perfiles es la caída de tensión.

En horas de madrugada (mínima demanda) se dan los picos más elevados de tensión y en hora punta (máxima demanda) se da el pico de tensión más bajo.

Cuando los perfiles de tensión son alterados variando sus condiciones ideales, se dice que la Onda de Tensión sufre Perturbaciones. Un suministro con buena calidad de la Onda deberá mantener estas perturbaciones dentro de unos límites aceptables.

Estas perturbaciones se clasifican según el tiempo que sufren las alteraciones según la IEEE 1159-1995 define 7 categorías en las redes

eléctricas: transitorios, variaciones de corta duración, variaciones de larga duración, desequilibrio de la tensión, distorsión de la forma de onda, fluctuaciones de tensión y variaciones de la frecuencia.

Sin embargo en nuestra normativa peruana, referencia a la NTCSE⁹ y a la Base Metodológica¹⁰, exige para las empresas distribuidoras que controlen este parámetro realizando mediciones con intervalos válidos requerido para la evaluación de la calidad unos 672 intervalos para el caso de la tensión, en cada Período de Medición, los valores instantáneos de los parámetros de la Calidad de Producto son medidos y promediados por intervalos de quince 15 minutos.

Las tolerancias admitidas sobre las tensiones nominales de los puntos de entrega de energía, en todas las Etapas y en todos los niveles de tensión, es de hasta el $\pm 5.0\%$ de las tensiones nominales de tales puntos. Por ello sólo analizaremos las transgresiones de "variaciones de larga duración".

2.2.1 Variaciones de tensión de larga duración

Las variaciones de Tensión de larga duración abarcan las desviaciones del voltaje a la frecuencia del sistema (60HZ) para periodos de tiempo mayores a 1 minuto (ANSI C84.1 especifica las variaciones de voltaje tolerables en estado estacionario para un sistema eléctrico). No se consideran causadas por fallas del sistema eléctrico.

⁹ Norma Técnica de Calidad de los Suministros Eléctricos, véase Capítulo 5

¹⁰ Base Metodológica para la aplicación de la Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos, véase Capítulo 2

Causas de las variaciones de tensión de larga duración:

Es normal que durante la operación del sistema de potencia se presenten desviaciones del voltaje RMS nominal, esto es sobretensión, subtensión o la combinación de ambos esto es provocado fundamentalmente a:

- Caídas de tensión en transformadores y alimentadores.
- Cambiadores de Taps.
- Equipos conectados para regulación.
- Conexión y desconexión de equipo eléctrico.
- Arranque de motores

a. Sobrevoltajes o sobretensiones:

Es un incremento en el voltaje o tensión AC RMS mayor al 105% de la frecuencia fundamental para duración mayor a 15 minutos (NTCSE).

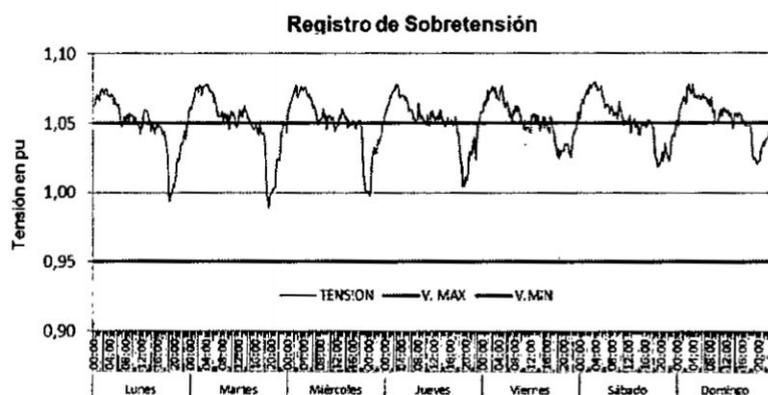
Las sobretensiones resultan por que el sistema es demasiado débil para la regulación deseada, por el efecto ferranti, pueden deberse a incorrecta posición de taps, o porque el sistema es débil en algún momento para regulación del voltaje.

Los efectos que traen:

- Fallas inmediatas de equipos durante las condiciones de sobretensión.
- Los transformadores, cables, barrajes, interruptores, CTS, PTS y máquinas rotativas no fallan inmediatamente, pero hay pérdida de vida útil.
- Una condición de sobretensión puede traducirse en operaciones indeseadas de operación de relés.
- Incremento del grado de luminosidad (luxes/candelas) producidas por las lámparas durante una condición de

sobretensión, pero disminuyendo la vida útil de las lámparas

Figura N° 2. 9 Registro con 23% total intervalos fuera de rango



Fuente: Luz del Sur, campaña de medición por calidad de producto

b. Subvoltaje o Subtensión

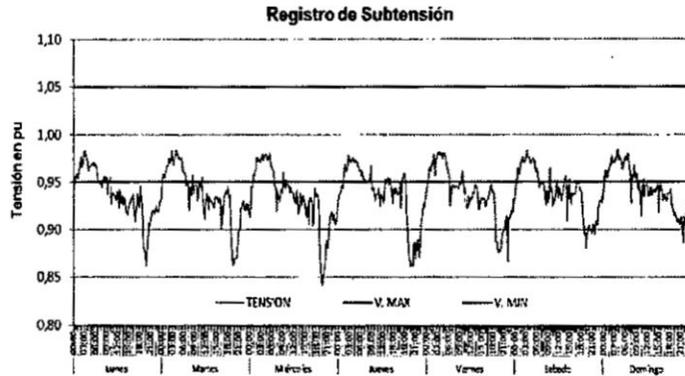
Un decremento en la tensión AC RMS menor al 95% de la frecuencia fundamental para duración mayor a un 15 min. Este efecto es el resultado de los eventos contrarios aquellos que causan sobretensión, los circuitos sobrecargados crean caídas de tensión, incorrecto empalmes entre conductores de baja impedancia con uno de alta impedancias, etc

Los efectos que traen:

- Salida de operación de los controladores de motores, PCs, PLCs
- Calentamiento y pérdidas en los devanados de los motores debido al aumento de las corrientes.
- Cambios de velocidad en máquinas de inducción.
- Mal funcionamiento de bancos de condensadores pues la salida de potencia reactiva es función de la tensión aplicada.

- Disminución de los niveles de iluminación en lámparas.

Figura N° 2. 10 Registro con 25 % total intervalos fuera de rango

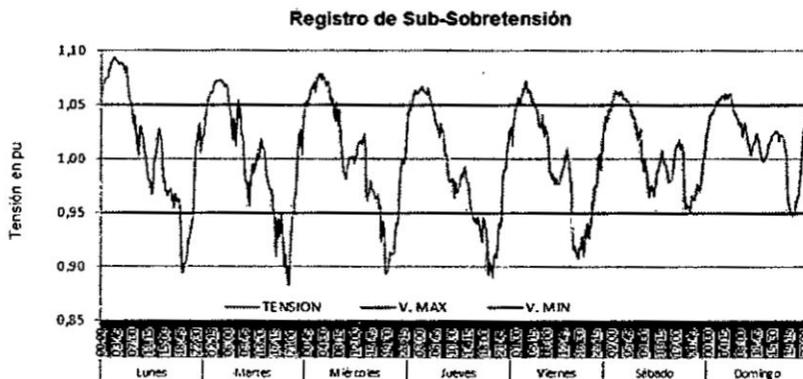


Fuente: Luz del Sur, campaña de medición por calidad de producto

c. Sub-Sobretensión

La normativa **IEEE 1159-1995** no indica esta perturbación sin embargo se han encontrado suministros con estas deficiencias, esto ocurre cuando en una red eléctrica presenta los motivos de la subtensión y la sobretensión en forma paralela causando los mismos efectos de ambas transgresiones, cabe aclarar que la sobretensión se presenta en horas de mínima demanda (madrugadas) y la subtensión en horas de máxima demanda (hora punta 18:00 – 22:00 hrs)

Figura N° 2. 11 Registro con 30% total intervalos fuera de rango



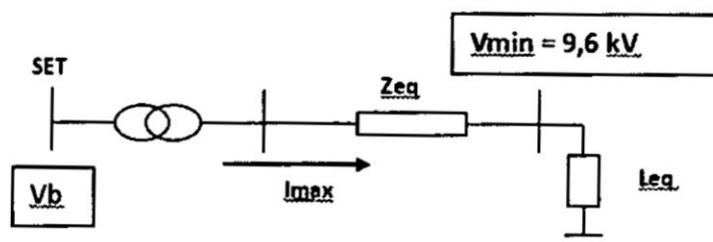
Fuente: Luz del Sur, campaña de medición por calidad de producto

2.2.2 Parametrización del regulador

Para ajustar de manera global las tensiones de los nudos dentro de un rango preseleccionado, de forma que se consiga un control óptimo en la configuración de las tomas de regulación de los transformadores existentes en las SET.

El sistema eléctrico de distribución puede ser simplificado a través de un circuito thevenin con una referencia del suministro de MT con mayor deficiencia de tensión, si mejoramos los perfiles de dicho suministro ocasionaría que todo los suministros mejorarían.

Figura N° 2. 12 Circuito equivalente de un sistema de distribución



Fuente: Ramírez Alegre, R. (2014). Mejora de la calidad de producto en la red de media y baja tensión

Los reguladores de tensión deberían ser configurados según la topología de la red al cual van a alimentar, para lo cual se debe modelar la red de media tensión (mediante su resistencia y reactancia thevenin) así como también la carga que va a atender.

La carga de un sistema de distribución es muy variable (crecimiento constante de carga y permanentes cambios de topología en la red) provocando que la tensión no sea controlable, sin embargo esta técnica hace variar directamente proporcional la tensión con la carga.

Basándose en esta ecuación:

$$V_b = V_{ref} + \left(\frac{I_{TC}}{I_{RTC}} \right) (\Delta U)$$

Dónde:

V_b : Tensión en barras MT del SET

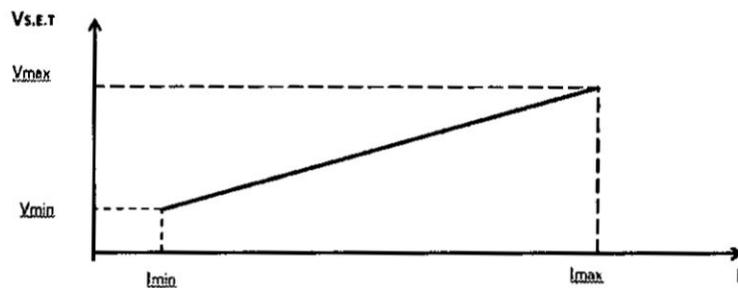
V_{ref} : Tensión mínima en hora de mínima demanda

ΔU : Variación de caída de tensión

I_{RTC} : Relación de transformación TCs

I_{TC} : Corriente definida

Figura N° 2. 13 Gráfico de la ecuación del regulador del transformador



Fuente: Ramírez Alegre, R. (2014). Mejora de la calidad de producto en la red de media y baja tensión

La ecuación nos lleva a graficar una recta. Para una mínima corriente se debe tener una mínima tensión tal que nos provoque sobretensiones, en las redes de distribución es muy complicado que el consumo mínimo sea cero.

Para un máximo consumo de corriente se debe tener una tensión máxima tal que no nos lleve a problemas de subtensión.

Con la ecuación propuesta obtendríamos un perfil teórico, tal que la tensión y la corriente varíen directamente proporcional.

2.3. DEFINICIONES DE TERMINOS BÁSICOS

Calidad de energía: Energía que se suministra con tensiones equilibradas, senoidales con amplitud y frecuencia constante, a su vez que garantice el funcionamiento continuo, seguro y adecuado de los equipos eléctricos procesos asociados.

Intensidad de corriente eléctrica: Es el flujo de carga eléctrica por unidad de tiempo que recorre un material. Se debe al movimiento de las cargas (normalmente electrones) en el interior del material. En el Sistema Internacional de Unidades se expresa en C/s (culombios sobre segundo), unidad que se denomina amperio

Perfil teórico: Aquel que cumple con la formulación según la ecuación las tomas de regulación de los transformadores existentes en las SET.

Perfil típico: Perfil de tensión que permanece constante en el transcurso de los días.

Punto de Entrega (PE): Es el punto de derivación (empalme) donde se conecta la acometida de alimentación al predio del cliente.

Punto de Medición (PM): Es la caja toma donde se tiene instalado el medidor de consumo energía del cliente.

SET: Subestación Eléctrica de Transmisión, en dicho nudo se recibe las tensiones de 60KV y las convierte en 10 KV

SED: Subestación Eléctrica de Distribución, en dicho nudo recibe las tensiones de 10 KV y las convierte en 0.22 KV

Suministros de baja tensión: El punto de conexión del suministro se refiere al punto terminal de la acometida del cual se alimenta a uno o varios suministros

SCADA: Siglas en idioma inglés (Supervisory Control And Data Acquisition) de control de supervisión y adquisición de datos.

2.4. VARIABLES E HIPÓTESIS

2.4.1. Variables de la investigación

Para demostrar y comprobar la hipótesis que formularemos, debemos definir las variables y sus relaciones pertinentes, que son:

Variable independiente

X: Tensión en barra de 10 KV de la SET Ñaña

Variable dependiente

Y: Calidad de producto (tensión) en los suministros

2.4.2 Operacionalización de variables

Tabla N° 2. 6 Tabla de variables.

VARIABLE	DIMENSIONES	INDICADORES
Variable independiente	Impedancia Thevenin de la red de MT	Resistencia Thevenin
		Reactancia Thevenin
X: Tensión en barra de 10 KV de la S.E. Ñaña	Corriente	Corriente que pasa por el transformador de potencia de la S.E
	Tensión	Tension barras de 10 KV de la S.E.
Variable dependiente Y: Calidad de producto en los suministros	Tensión	Medición de acuerdo a NTCSE en bornes del medidor del suministro

Fuente: Elaboración propia

Por su naturaleza, todas las variables identificadas son del tipo cuantitativas sin embargo existe una variable que es la corriente que depende exclusivamente del consumo de los clientes, el cual no se puede controlar solo proyectar.

Por su dependencia, la Variable X es independiente, y la variable Y es dependiente. Es decir: $Y=Rth(X)$

2.4.3 Hipótesis general e hipótesis específicas

Hipótesis General

Existe una relación de influencia significativa entre la optimización del perfil de tensión en la barra 10 KV de la SET Ñaña y el cumplimiento de la NTCSE-Producto (tensión)

Hipótesis Específicos

HE1: De estandarizar el perfil de la tensión en la barra 10 KV de la SET Ñaña se podrá solucionar los problemas de mala calidad de producto en los suministros

HE2: El óptimo perfil de tensión en barra 10 KV de la SET Ñaña se relaciona favorablemente con los pagos por compensación por la mala calidad de producto en los suministros

HE3: Monitoreando el óptimo perfil de tensión en la barra 10 KV de la SET Ñaña se podrá asegurar la calidad del producto en los suministros.

III. DISEÑO METODOLÓGICO

3.1. TIPO Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

3.1.1. Tipo de la investigación

- a) Según el objeto de estudio

Investigación aplicada:

Se planteó el levantamiento de las transgresiones de manera masiva de los suministros se usando las teorías de las redes eléctricas así como la teoría de los sistemas eléctricos de potencia, trabajado bajo la normativa vigente en el país uniendo estos conceptos para proponer un método de optimización de las tensiones en la barra 10 KV

Investigación de campo:

Se realizó un levantamiento de dato dentro de la SET NA para verificar los valores de los Transformadores de corriente y de tensión así como el equipo de regulación y el tipo de conexionado que presenta con el transformador de potencia.

Fue comprobado que en los distritos de Ate Vitarte, Santa Anita, Chaclacayo y Chosica son ruta del recorrido de los alimentadores, en donde se conectan los PMI punto de medición en cual se vende energía a los clientes de MT

- b) Según las variables:

Correlacional:

Se observó fundamentalmente determinar el grado en que las variaciones de la tensión en la barra de 10KV de la SET Ñaña era concomitante con la variación de tensión de los suministros conectados a esa red eléctrica.

- c) Según el nivel de medición y análisis de la información

El tipo de investigación es cualitativa debido a que se partió de unos cuerpos teóricos aceptados por toda la comunidad de ingeniería y con los cuales se plantea una técnica de optimización de perfiles de tensión la cual es puesta a prueba en la SET Ñaña.

3.1.2. Diseño de la investigación

- a) La primera etapa

Se explicó la evolución de la normatividad eléctrica peruana y como el mal enfoque que le daba la empresa concesionaria en estudio provoca que no se cumpla con la NTCSE.

- b) La segunda etapa

Los suministros BT y MT pertenecientes a los distritos Ate Vitarte, Santa Anita, Chaclacayo y Chosica alimentados por la SET Ñaña, subestación perteneciente a la empresa Luz del sur, en una población de 132 suministros 31.2% presentan problemas de sobretensión, 34% presentan problemas de subtensión y el 34% presentan ambos problemas (mediciones efectuadas entre el año 2010 al 2013)

- c) La tercera etapa:

Se presentaran las redes de distribución que son totalmente radiales, el único suministrador de potencia, corrientes y tensiones es la barra de 10 KV a la vez se verifico que en las instalaciones no existe un equipamiento que pueda alterar las tensiones

- d) La cuarta etapa

Se fundamentó con la ecuación del regulador de tomas del transformador de potencia se procederá con cálculos en Ms Excel que predigan el comportamiento de las tensiones de la

población de los suministros al final se presentó los resultados obtenidos, en cada una de las redes, mostrando diferentes gráficas y tablas explicativas del proceso

3.2. UNIDAD DE ANÁLISIS

La NTCSE (1997)¹¹ afirma “La Calidad de Producto suministrado al Cliente se evalúa por las transgresiones de las tolerancias en los niveles de tensión, frecuencia y perturbaciones en los puntos de entrega” (p.11)

Por lo indicado se ve que la NTCSE originalmente aprobada contemplaba el control de las perturbaciones en general, y del Flicker y las Tensiones Armónicas en particular. Sin embargo, posteriormente la aplicación de la NTCSE quedó suspendida en este rubro por razones de “incompatibilidad técnica”, tal como estableció en el D.S. N°040-2001-EM. Además, para la restitución del control de las perturbaciones se determinó también que el Ministerio de Energía y Minas conformará una Comisión para el análisis integral de las perturbaciones y su eficaz aplicación en la red eléctrica.

La frecuencia se realiza también en base a la construcción de indicadores y la definición de tolerancia con respecto a dichos indicadores. La frecuencia se controla en tiempo real, Según la NTCSE el coordinador de la operación en tiempo real es el encargado de realizar las mediciones y el registro de las frecuencias (tanto del sistema interconectado, como de las partes que temporalmente pudiesen separarse). De esta manera, el COES es el encargado de esta tarea junto a las empresas generadoras.

Por lo expuesto la calidad de producto que brinda la empresa concesionaria distribución está basada exclusivamente en el parámetro de la tensión, este parámetro es la presión eléctrica que se ejerce sobre la corriente, aspecto que varía entre sistemas eléctricos. Por ello

¹¹ Véase Artículo 5.0.1

Luz del Sur es el responsable de efectuar las mediciones correspondientes, el procesamiento de los datos levantados, la determinación de las compensaciones que pudieran corresponder a los consumidores afectados y su pago a los mismos

3.2.1 Indicador de la calidad de tensión

El indicador básico de la tensión se construye como la diferencia entre la media de los valores eficaces instantáneos medidos en el punto de entrega (V_k) y el valor de la tensión nominal (V_N) por ejemplo el valor residencial peruano 220 voltios, en un intervalo de medición (k) de 15 minutos ese valor que se obtiene durante ese intervalo es la media de los valores eficaces instantáneos, viene dado por el promedio de cada valor eficaz instantáneo $V_{RMS} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T [v(t)]^2 dt}$, donde $v(t)$ es el valor instantáneo de la onda de tensión y T es el periodo de la onda de tensión.

La formulación para el indicador de calidad:

$$\Delta V_P(\%) = \left(\frac{V_P - V_N}{V_N} \right) \times 100\%$$

La tolerancia establecida para el indicador es de $\pm 5\%$ la tensión nominal en cada punto de entrega (barras de carga). Si la tensión se encuentra fuera de estos rangos por un tiempo superior al 5% (34 intervalos) del periodo de medición se considera de mala calidad de un total de 672 intervalos (7 días calendarios continuos)

3.2.2 Perfiles de tensión

La tensión de las barras de cargas dependen directamente del consumo de los clientes a quienes suministran, el consumo

eléctrico de un día en una zona urbana generalmente es continuo y caracterizado de lunes a viernes y otro tipo de consumo en fines de semana (sábado y domingo). Por esto nuestro análisis se caracterizará en modelar 2 perfiles de tensión, uno para los días de semana (lunes a viernes) y otro para fines de semana (sábado y domingo) que serán representado en un día cada uno (24 horas – 96 intervalos de 15 minutos cada uno).

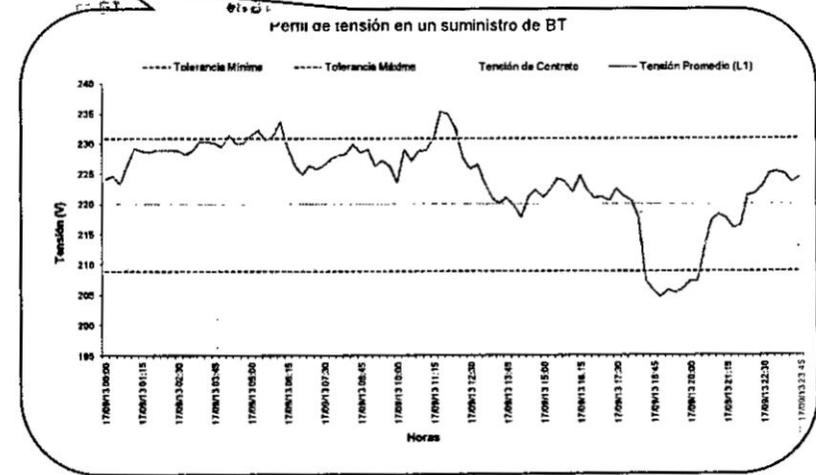
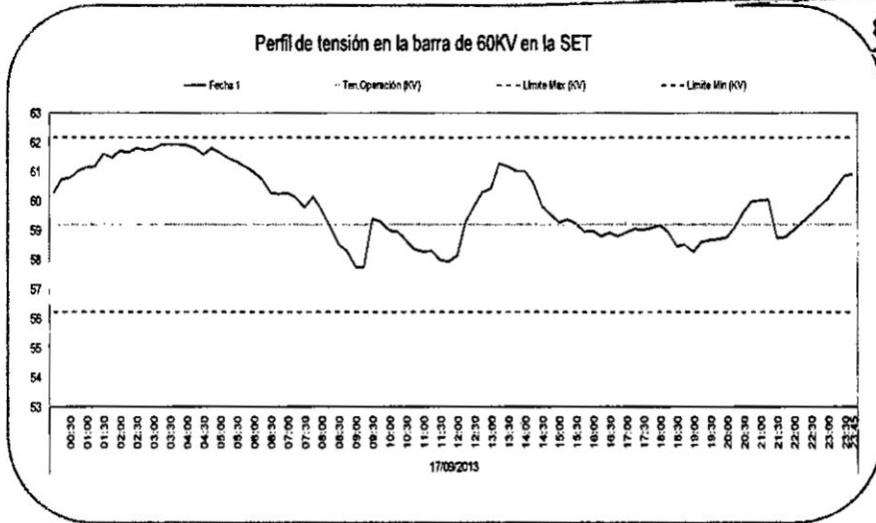
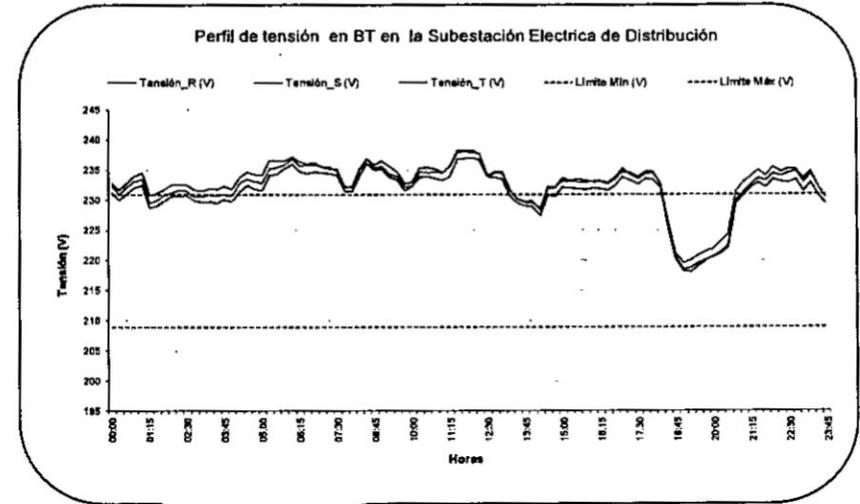
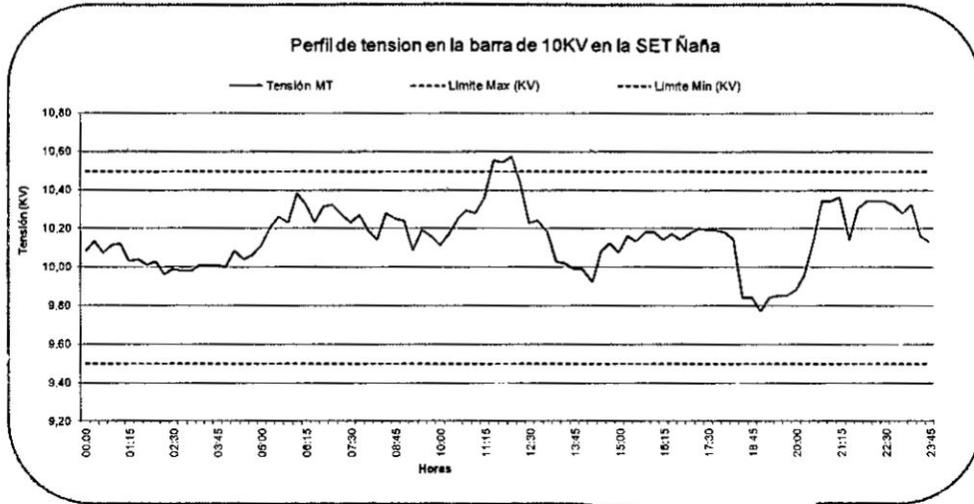
3.2.3 Tensión de operación y tensión nominal

En los niveles de media tensión y baja tensión el valor nominal de sus tensiones (valores teóricos) es considerado el punto del cual serán evaluados.

Tensión de una barra, más conveniente técnicamente, a la cual el generador, transmisor, distribuidor y/o cliente libre acuerda operarla (el sistema de potencia opera en estado estacionario). Su valor deriva de estudios especializados y puede variar a través de un ciclo de carga. En las barras de entrega la tensión de operación es compatible con lo establecido en la NTCSE y el valor de esta tensión lo estableció el OSINERGMIN para el caso de la SET Ñaña fue establecido el valor de 59,2 KV.

Se refiere a la tensión de una barra definida técnicamente, a la cual el generador, transmisor, distribuidor y/o cliente libre acuerdan operarla. Su valor deriva de estudios especializados y puede variar a través de un ciclo de carga. En las barras de entrega, la tensión de operación es compatible con lo establecido en la NTCSE

Tabla N° 3. 3 Perfiles de tensión en el circuito eléctrico de la SET Ñaña

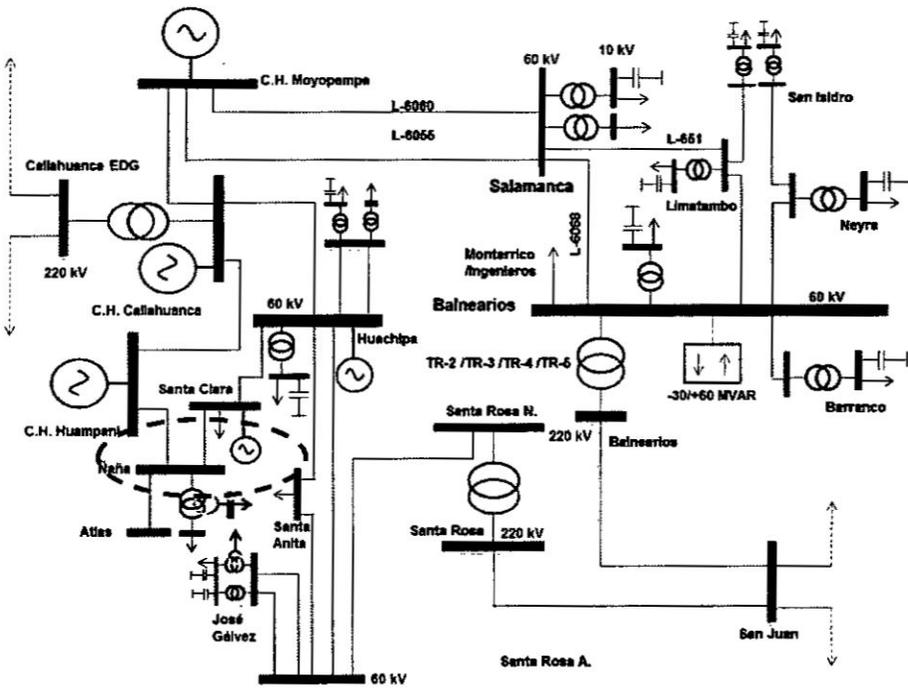


3.3. ESCENARIO O SEDE DEL ESTUDIO

La Subestación Eléctrica de Transmisión Ñaña (60/10 KV) físicamente se encuentra ubicado Carretera Central Km 21.9 y eléctricamente la barra de 60 KV de la SET Ñaña se encuentra dentro del anillo formado entre las SS.EE. San Juan, Balnearios, Santa Rosa y Callahuanca EGD de 220 KV, en el área perteneciente a la concesionaria Luz del Sur

La SET Ñaña es un punto de suministro o un punto de compra y venta de energía la cual limita con el SEIN con las líneas 655 (Ñaña – Santa Clara) y 6544 (Ñaña-Huampaní)

Figura N°3. 1 Ubicación de la SET Ñaña en el unifilar del SEIN



Fuente: COES (2013). Mala calidad de tensión en la barra de 60 kV de la SET Ñaña

Apreciar que la SET Ñaña se encuentra rodeado por condensadores y centrales de generación eléctrica, sin embargo la mayor cantidad de inyección de flujo reactiva capacitivo es debido a los bancos puesto

que son fijos no cuentan con automatismo para su operación y vienen operando a plena carga, desde su puesta en servicio¹²

Tabla N° 3. 4 Potencia de los condensadores instalados

SET	MVAR	
	Mínima	Resto del Día
REP		130
Santa Rosa		40
San Juan		90
Luz del Sur	71	89
Balnearios	6	6
Barranco	6	6
Galvez (*)	11	17
Huachipa	4	4
Limatambo	8	8
Neyra	10	10
La Planicie	6	6
Puente (*)	3	9
Salamanca	6	6
San Isidro (*)	11	17 ¹³

Fuente: COES (2013). Mala calidad de tensión en la barra de 60 kV de la SET Ñaña

La SET se caracteriza por:

Capacidad de Transformación : 40 MVA

Tensión nominal de Barra NA6B1 : 60 KV

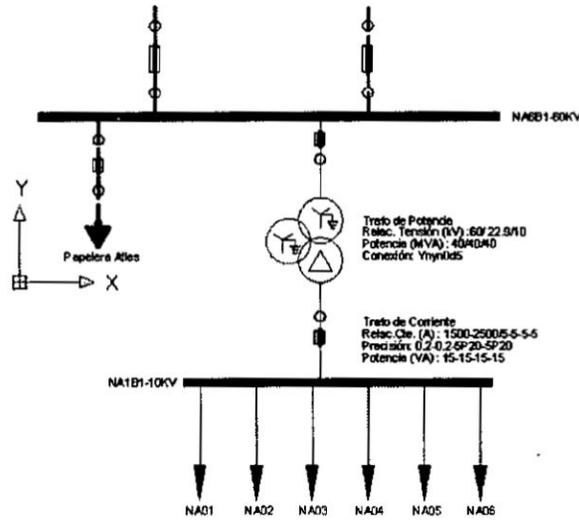
Tensión nominal de Barra NA1B1 : 10 KV

De una tensión de 60 KV es reducido al nivel típico de 10 KV en la barra NA1B1, la cual presenta 06 alimentadores que se extienden por las calles de los distritos de Ate Vitarte, Chaclacayo y Chosica. La abreviatura técnica de la SET Ñaña es SET NA

¹² Recurso de reconsideración (Carta GPO.14.068 – Informe DCT -002-014)

¹³ (*) Capacitor con TAPs

Figura N°3. 2 Esquema unifilar de la SET Ñaña



Fuente: Luz del Sur (2014). Esquemas de media tensión, SET-NA

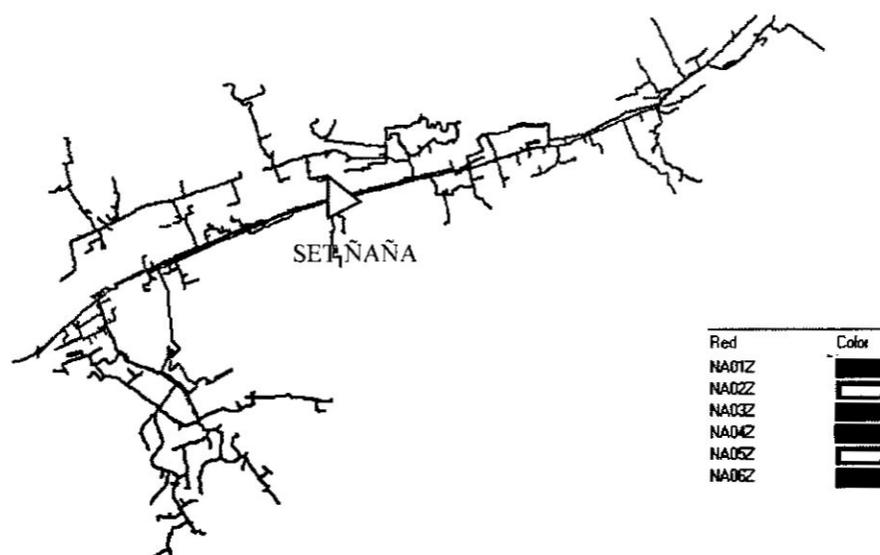
Estos alimentadores primarios que parten de la SET y están constituidos por líneas aéreas sobre postes quienes alimentan los transformadores de distribución.

Tabla N° 3. 5 Recorrido de alimentadores

Alimentador	Distrito	Distancia a la primera SED (Km)
NA01	Ate-Vitarte	0.6
NA02	Chosica	Presenta cabina transformación (10/22.9 KV)
NA03	Chaclacayo – Chosica	4.5
NA04	Ate Vitarte	4.1
NA05	Ate Vitarte	0.9
NA06	Chaclacayo – Chosica	0.38

Fuente: Luz del Sur (2014). Esquemas de media tensión, SET-NA

Figura N°3. 3 Esquema geográfico de los alimentadores de la SET Ñaña



Fuente: Base de datos Cymdist 7.0

3.4. PARTICIPANTES O SUJETOS DEL ESTUDIO

Dentro del contexto urbano actual, la búsqueda de un empleo y de alojamiento constituye las prioridades absolutas de todo recién llegado, o toda familia recientemente constituida en Lima. Si bien la mayoría de los casos, el trabajo informal representa la respuesta fácil e inmediata a la primera preocupación, en cambio, las dificultades de acceso a la propiedad aumentan proporcionalmente a la reducción del espacio disponible. La forma tradicional de ocupación de un terreno en la ciudad se efectúa por intermedio de una invasión; los habitantes buscan luego viabilizar su terreno.

Al este de Lima (aprox. 20 km), en la carretera central bordeando el río Rímac. Cuando se realizó las primeras lotizaciones se consideraba para el asentamiento un total de 12 000 primeras familias, es decir caso 30 000 personas que han escogido vivir en este desierto a 20 Km. Del centro de Lima, inicialmente sin electricidad y sin agua. Es casi imposible para una familia de escasos recursos, acceder al mercado inmobiliario convencional y formal de Lima.

Las primeras electrificaciones fueron por intermedio de la empresa ELECTROLIMA una red primaria de electrificación de 10 000 voltios, que recorrió las principales avenidas de la zona, con la finalidad de suministrar al alumbrado público. A este nivel se ha producido ya una evolución en comparación con los procedimientos convencionales, teniendo en cuenta que el proyecto ha sido elaborado por el equipo técnico de la Municipalidad, y no por la empresa nacional. Pero, la concesión más evidente hacia un óptimo servicio ha sido la aceptación por parte de las instituciones involucradas en cambiar los transformadores de alta capacidad por un número equivalente de aparatos de menor capacidad (15 kV); es decir un transformador por cada 3 UCV's puesto en servicio a la solicitud de las mismas. Este pedido constituye el primer paso hacia la red secundaria de electrificación, que estará a cargo de la población. Las UCV's tendrán una red elemental que abastecerá a baja tensión y voltaje (220 V) su local comunal, y permitirá el alumbrado público. En una última fase, en función de los recursos disponibles, serán derivadas las conexiones domiciliarias, con la doble opción de medidores individuales, o colectivos, luego de la instalación concentrada de limitadores de carga. Es evidente que tal programa podría funcionar sin una sólida organización de la estructura comunal y una vez más, que solamente una concepción urbanística renovada, gracias a la UCV, permitiría llegar a este tipo de alternativa

Terminado explicar la manera como se electrificó la mayoría de zonas de las redes de la SET NA se presenta una serie de gráficos donde se detalla el recorrido (topología) de los alimentadores y el tipo de carga que atiende

Figura N°3.4 Recorrido del alimentador NA-01

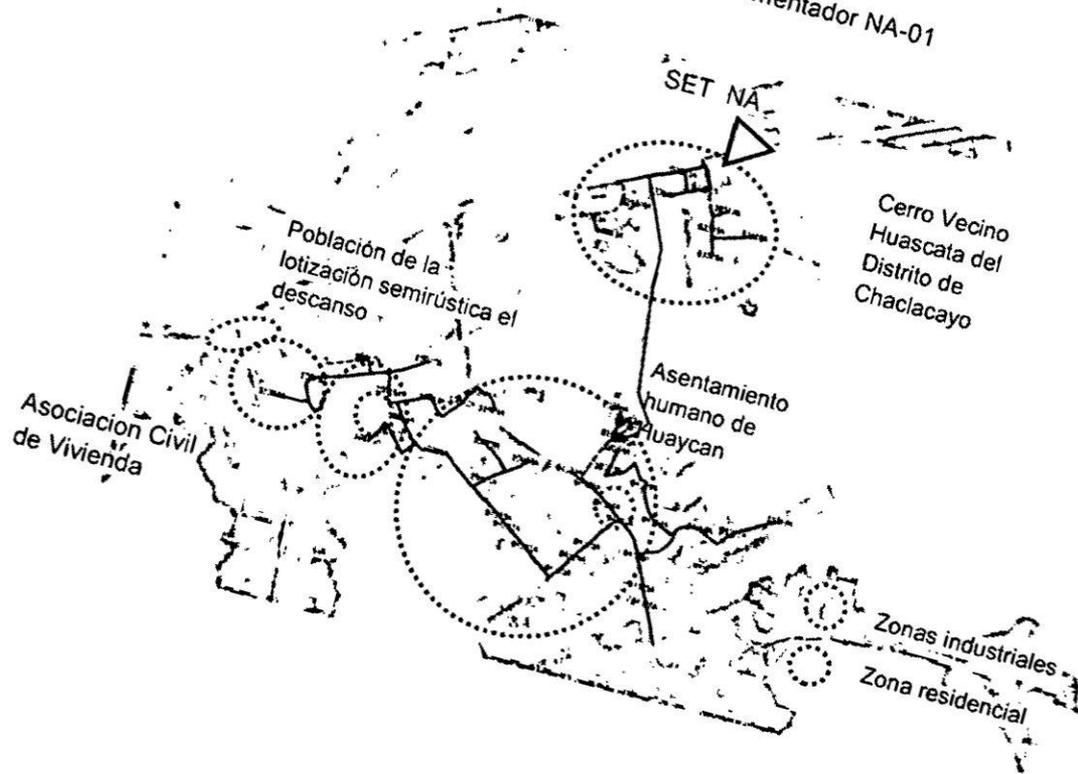
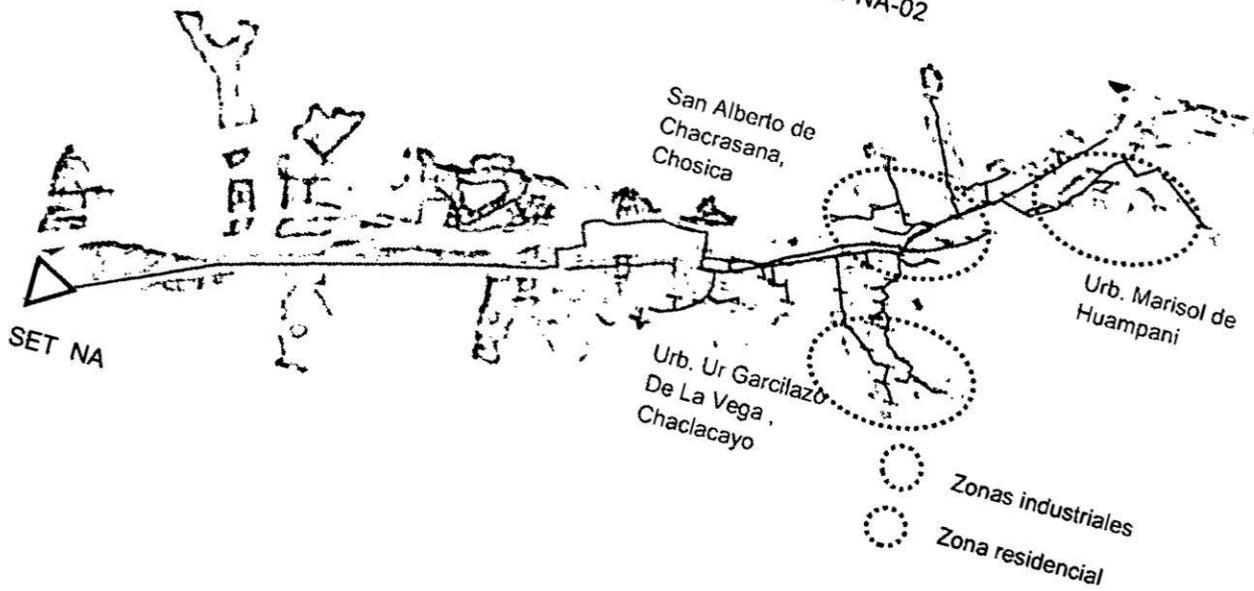
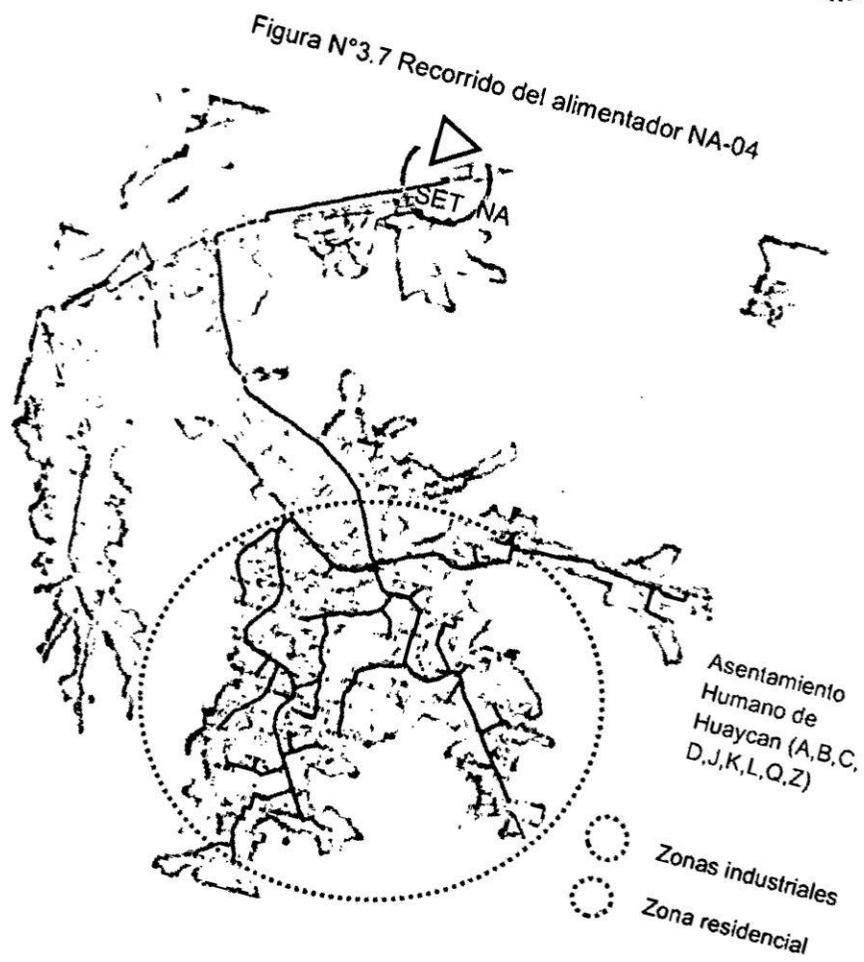
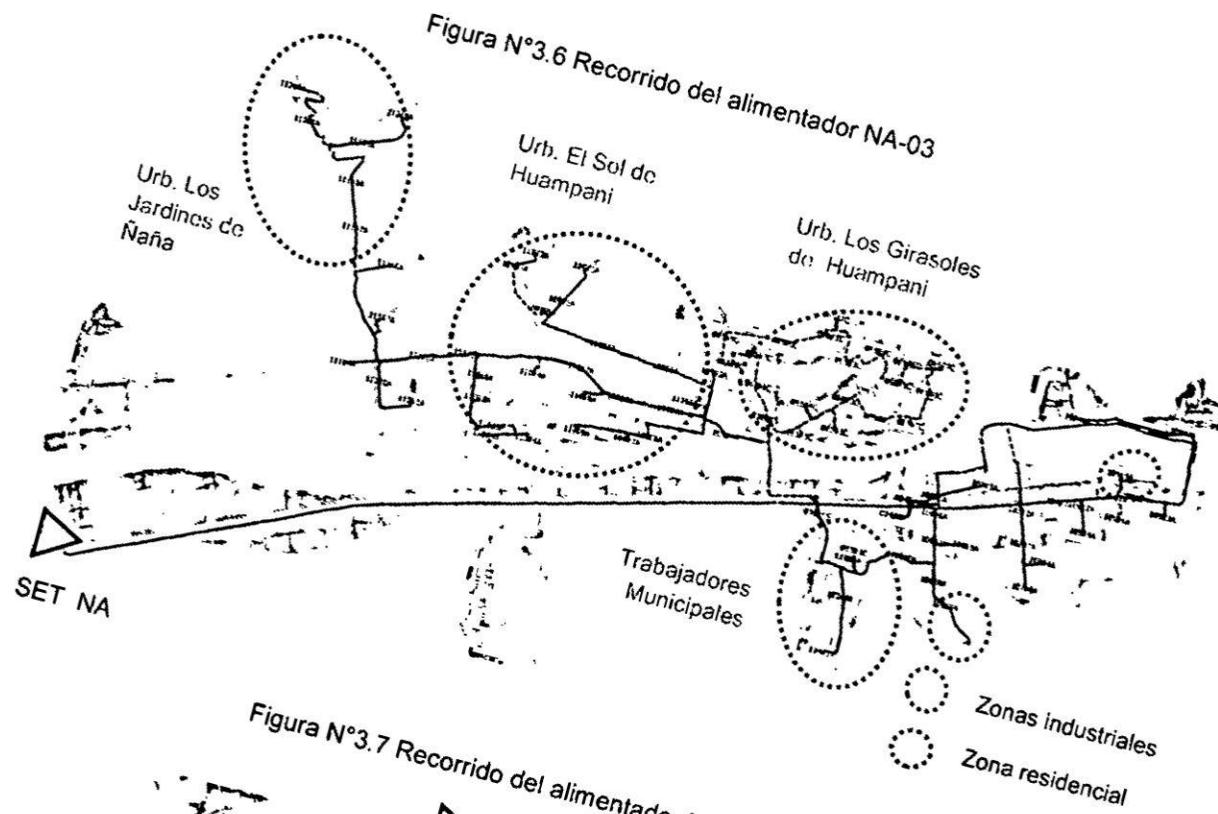


Figura N°3.5 Recorrido del alimentador NA-02





Observar que los alimentadores NA-02, NA-03 y NA-04 presentan una línea troncal muy extensa hasta la primera SED

Figura N°3.8 Recorrido del alimentador NA-05

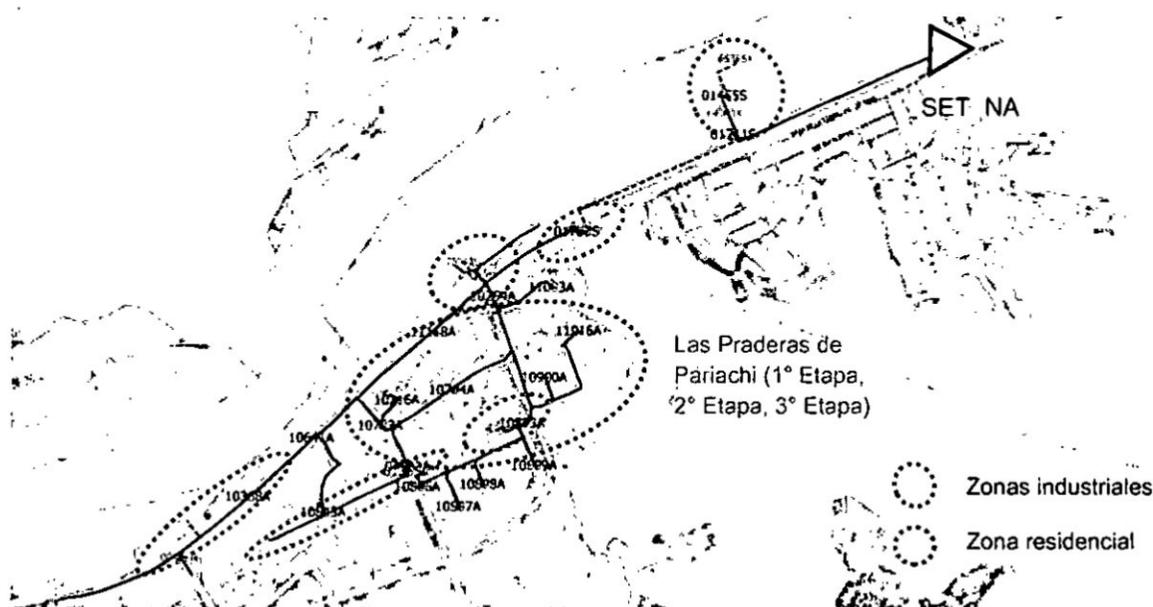
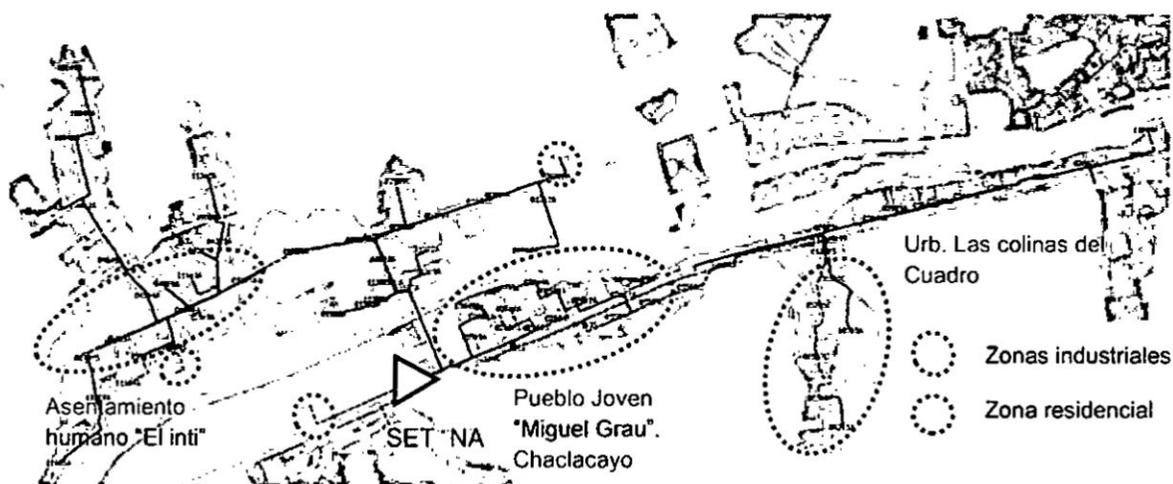
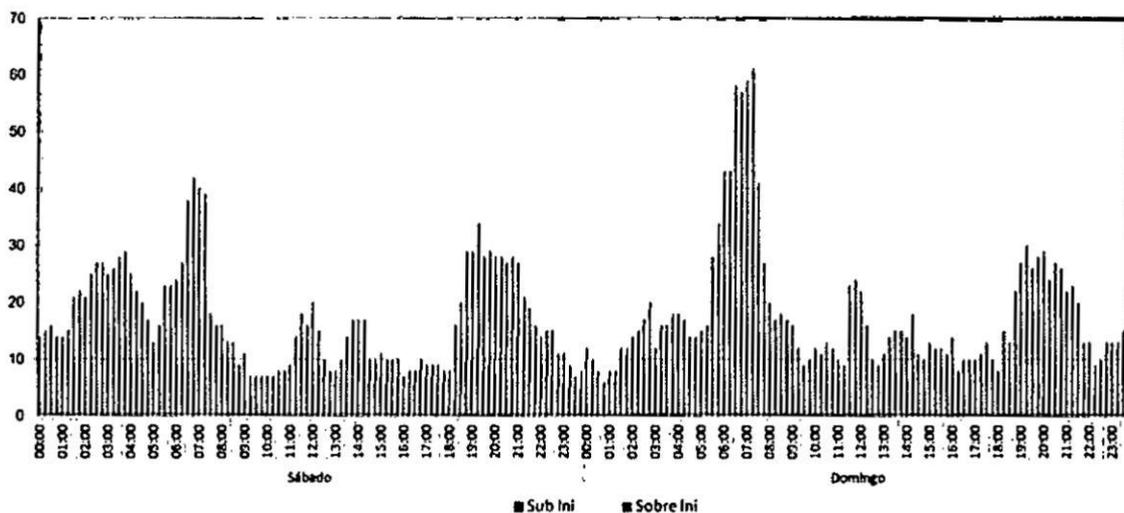


Figura N°3.9 Recorrido del alimentador NA-06



Estos clientes al inicio de su conexión eléctrica fueron diseñados por cables de impedancia relativamente alta la cual transmitían el flujo eléctrico para suministrar a los clientes, inicialmente los consumos

Figura N°3. 11 Cantidad de intervalos fuera de rango durante sábado y domingo



Fuente: Elaboración propia, obtenidos con la población en estudio

Todo suministro que supere el 5% de intervalos de la medición está declarada como fuera de rango y dependerá de cuanto más grande es el porcentaje más crítica es la deficiencia. Encontrado la deficiencia el deber de la empresa es compensar al suministro, en dólares americanos, por dicha deficiencia en su servicio y la cantidad de compensación dependerá exclusivamente de la potencia que consuma el cliente.

Tabla N° 3. 6 Distribución y cuantificación de suministros por % Fuera de Rango, monto de compensación y alimentador.

<% Rango Int. FR>	Sobretensión		Subtensión		Sub-Sobretensión		Total # Cantidad de casos	Total de Compensación (\$)
	# Cantidad de casos	Compensación (\$)	# Cantidad de casos	Compensación (\$)	# Cantidad de casos	Compensación (\$)		
NA-01	0	0,00	4	5,56	9	21,46	16	27,02
<5% - 10%>			2	0,82	5	5,41	7	
<10% - 15%>			1	1,83	3	2,78	4	4,61
<15% - 25%>			1	2,91	4	13,27	5	13,25
NA-02	7	43,95	2	4,22	6	39,49	12	87,66
<5% - 10%>	2	18,90	2	4,22	4	16,51	7	39,63
<10% - 15%>	3	11,40			1	5,34	3	16,74
<15% - 25%>	2	5,80			1	2,86	2	8,66
NA-03	6	18,86	13	121,13	6	34,01	25	173,99
<5% - 10%>	2	1,07	9	28,15	1	1,11	12	30,33
<10% - 15%>	2	2,79	1	4,05	4	32,07	7	38,91
<15% - 25%>	2	7,78	3	10,81	1	0,82	6	19,41
NA-04	6	45,01	20	51,75	15	75,78	41	172,54
<5% - 10%>	1	2,63	11	14,60	4	5,97	16	23,20
<10% - 15%>	1	1,92	4	6,19	5	13,32	10	21,43
<15% - 25%>	4	14,86	5	18,81	3	13,95	12	47,61
<25% - 35%>					3	42,54	3	42,54
NA-05	5	7,13	1	4,92	5	15,27	12	27,32
<5% - 10%>	1	0,27	1	4,92	3	10,34	5	15,52
<10% - 15%>	1	0,29			1	2,67	2	2,95
<15% - 25%>	1	2,84					1	2,84
<25% - 35%>					1	2,26	1	2,26
<35% - 45%>	1	1,71					1	1,71
<45%>	1	2,03					1	2,03
NA-06	18	52,11	5	18,14	4	4,09	33	74,34
<5% - 10%>	5	5,51	4	10,84	3	1,55	12	17,89
<10% - 15%>	5	17,10			1	2,54	6	19,64
<15% - 25%>	5	10,06	1	7,30			6	17,36
<25% - 35%>	1	10,79					1	10,79
<45%>	2	5,54					2	5,54
Población total de clientes BT	42	167,07	45	205,71	45	190,09	132	562,87

Fuente: Luz del Sur (2013), Detalle de solución de casos FR compromiso

3.5. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA LA RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN

Este trabajo se realizó bajo el enfoque de la observación pues nos otorgó una indagación científica por que implicó focalizar la atención de manera intencional en los suministros BT y MT que con transgresiones de calidad de producto incluyendo observar la realidad en que se estudia, tratando de capturar sus elementos constitutivos y la manera cómo interactúan entre sí (redes de BT, MT y AT), con el fin de reconstruir inductivamente la dinámica de la situación. La manera de tomar información y registrarla para el análisis ha sido en base a registros de mediciones para cada nivel de tensión, simulaciones y comportamientos periódicos

Para poder observar el comportamiento de la SET es obtenida con gracias al software SCADA puesto que permite administrar, supervisar y controlar el estado operativo de de los componentes de la red en forma permanente, esta automatización se basa en un registro tomado en un periodo de 15 min. Obteniendo una registro en tiempo real de la SET. En la SET NA se obtuvo registros del consumo (corriente) de los alimentadores, tensiones en fase del transformador (60 KV y 10KV), potencia activa y reactiva del transformador.

Con referente a los niveles de MT que reciben los suministros las concesionarias verifican la calidad de producto (tensión) que brinda la empresa distribuidora instala registradores de medición de tensión¹⁴ (Memobox 300, ION 7650, AR5L, CAVA 251)¹⁵ en el punto de entrega de los clientes MT, en los tableros de BT de las subestaciones y en los clientes BT. Los parámetros medir son las tensión entre fases (RS, ST, TR). En casos de clientes MT se les construye una caja portaequipo (punto de medición a nivel) las cuales presenta en Puntos de Medición a la Intemperie (PMI) las cuales sirven como puntos de venta de

¹⁴ Conformidad inciso a) del numeral 3.1 de la NTCSE

¹⁵ Revisar Anexo "Relación de equipos cuyas especificaciones técnicas están aprobadas para la medición de la calidad de tensión

energía para Clientes X (su alimentación proviene de la salida de una celda de MT de una subestación convencional) y Clientes M (su energía es tomada directamente de la red de MT), estos dos tipos de clientes consumen en MT y se les cobra en tarifas de MT sin embargo existe un tipo de cliente que consume en MT pero se le cobra en tarifa de BT estos tipos de clientes son los clientes U (son los dueños del transformador MT/BT) a estos tipos de clientes no se les considerará para el análisis debido a que los registros son en BT.

Sin embargo por necesidad técnica también se instaló equipos de medición en el tablero de BT de las SEDs donde se obtuvo datos de tensiones en barras, corriente total, potencia reactiva, potencia activa, potencia aparente y corriente por fase (R, S, T) para lo cual hará uso de una pinza voltamperimétrica

Apoyándose para la recopilación de información, proceso de cálculo y flujo de carga se emplea MS Excel,

Además también se utilizó el análisis documental debido que existen documentos de dominio público (páginas web) entre las entidades comprometidas en la supervisión y el servicio de la calidad del producto, las entidades son el COES, OSINERGMIN y Luz del Sur las cuales informan los resultados de la supervisión del servicio eléctrico

3.6. PLAN DE TRABAJO DE CAMPO

De acuerdo a lo planteado que manipulando los gradientes del transformador de potencia obtendríamos un perfil adecuado para ello se hizo un catastro del equipamiento que influye en sobre la actuación de los gradientes.

Los datos de castro que se obtuvo:

Cantidad de transformadores	:	1
Potencia del transformador	:	40 MVA

Transformador de corriente : 2500/5 A
Transformado de tensión : 1000/110 V

Figura N°3. 12 Transformador de potencia de 40 MVA



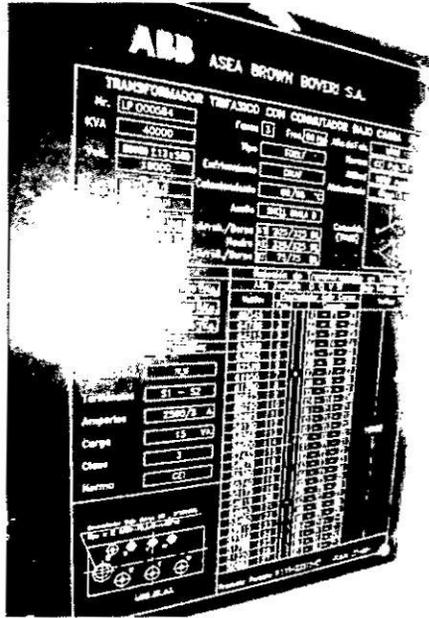
Fuente: Luz del Sur (2015), Evaluación de la problemática de la mala calidad en las barras de 60kV

Se instalan en lugares donde se tienen problemas de variaciones de voltaje, pero un factor de potencia aceptable ya que este únicamente eleva o baja el nivel de voltaje pero tiene un efecto muy pequeño en el factor de potencia. Estos reguladores tienen generalmente un rango de regulación de más o menos 10 por ciento y se fabrican hasta con un máximo de 32 pasos.

El regulador de tensión por pasos es prácticamente un transformador que tiene su devanado de alta y de baja tensión, con la condición que existe una conexión eléctrica entre ambos devanados y se arreglan de tal manera que en la terminal de salida pueda haber mayor o menor tensión que en la terminal de entrada. En la posición central, prácticamente la terminal de entrada y la de salida están conectadas al

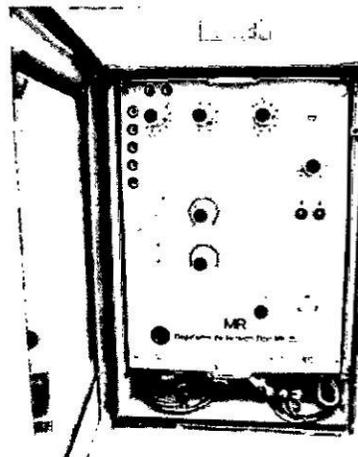
mismo punto, y por lo tanto el voltaje de salida es exactamente igual que el de entrada

Figura N°3. 13 Datos de placa del transformador de la SET NA



Fuente: Luz del Sur (2015), Evaluación de la problemática de la mala calidad en las barras de 60kV

Figura N°3. 14 Regulador de tensión MK 20



Fuente: Luz del Sur (2015), Evaluación de la problemática de la mala calidad en las barras de 60kV

Posteriormente se instalara un equipo de medición en barras de 0.22 KV de la SED para ver los cambios de perfil de tensión obtenido, también se instalara un registrador en el medidor de clientes BT, consiguiéndose un muestreo total de los perfiles de tensión que se encuentra en todo el circuito eléctrico.

3.7. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LA INFORMACIÓN

Después de haber ingresado los parámetros al regulador de tensión (MK20) el SCADA brindará los datos tensión en 10KV en bornes del transformador esta tensión deberá variar directamente proporcional a la carga del mismo transformador.

Existe un ancho de banda por donde debe variar la tensión real siendo esta la tensión que beneficie a la calidad de producto (tensión) a los suministros, un punto más que debemos tener en cuenta es que sucede cuando exista una gran variación de la carga (aumento o disminución) esta tensión proyectada debe estar preparada para las variaciones de la carga sin afectar la calidad del servicio.

Se utilizará la correlación lineal de Person índice que mide el grado de covariación entre distintas variables relacionadas linealmente.

3.7.1 Seguimiento de perfiles de tensión MT

Después de que se ha declarado al suministro "dentro de rango" vía el portal SIRVAN, El supervisor escoge una cantidad de suministros que serán nuevamente puesto a medición para comprobar el correcto servicio de calidad reportado después de 2 meses como máximo, en caso que se encontrará suministros fuera de rango serán puntos penalizales¹⁶.

¹⁶ Revisar Resolución N°096 -2012-OS/CD

1.4 VLMT: Veracidad al reportar el levantamiento de la mala calidad de tensión.

Para ello se necesita poder saber en qué momento los perfiles de tensión han variado con respecto al periodo donde los suministros que no tuvieron problemas de calidad. Para esto se planteó construir un módulo que ayude a:

1. Verificar que los perfiles MT correspondan con los seteos planteados y configurados en el regulador del transformador de la SET.
2. Notificar variaciones y anomalías en los perfiles de tensión en las barras de 10KV
3. Poder tener pronosticar la calidad de servicio brindado.

Puesto sin este módulo prácticamente se estará trabajando a ciegas y no se sabrá en qué momento haya habido una gran variación en la carga para que altere las tensiones en la barra de 10KV. La otra opción para enterarse de los grandes cambios de los perfiles de tensión es un reclamo de un cliente o un cliente libre de un generador conectado a la red.

Hay que tener en cuenta ciertos términos como:

Perfil teórico : Es aquel perfil modelado en base a la técnica de optimización, en otras palabras es el comportamiento ideal planeado

Perfil típico : Es aquel que se asemeja al perfil teórico, considerando que se encuentra dentro del ancho de banda seteado para cada transformador (barras de SET).

Perfil evaluado : Es el perfil de tensión de un día cualquiera que es comparado con el perfil típico

Alarmas : Funciona en el caso que el perfil evaluado

Tabla N°3.5 Códigos de evaluación

CLASIFICACIÓN	
A	Perfil evaluado sugiere cambios significativos que afectaran las mediciones en su totalidad (supera el 30%)
B	Perfil evaluado sugiere cambios significativos que afectaran las mediciones de manera parcial (desviaciones entre 10% y 30%)
C	Perfil evaluado no sugiere cambios significativos que afectaran las mediciones (inferior al 10%)

Tabla N°3.6 Parámetros para el seguimiento de los perfiles

ABREVIATURA	DESCRIPCION	VALOR ESTANDAR
RTC	Relación de transformador de Corriente	1250-3500
Uref	Tensión de referencia	90-110
Ur	Caída de tensión óhmica	0-10
RTT	Relación de transformador de Tensión	100-110
S	Insensibilidad	±0,8%
N	Intervalos por día	96
ToIV	Tolerancia de Tensión	±0,8%
ToIC	Tolerancia de Corriente	±10%
MaxTol alarma	Máx. tolerancia en alarma	30%
MinTol alarma	Mín. tolerancia en alarma	10%

a. Descripción del módulo para el seguimiento de perfil

El sub módulo propuesto utilizó los datos del SCADA brindado por la concesionaria Luz del Sur

El sub módulo realizó lo siguiente:

i. Primera etapa:

Escoge una semana con un perfil típico de tensión en barra; esta semana escogida como típica no debe contener fluctuaciones ni cambios bruscos.

El módulo propuesto se encargaría de buscar, cargar y guardar los datos de tensión y corriente de la semana típica; también calculará el perfil de tensión teórico utilizando los parámetros de seteo de los equipos reguladores de tensión y establecerá la banda de sensibilidad respecto al perfil teórico.

La semana escogida como típica debe estar dentro de la banda de sensibilidad.

Tabla N°3.7 Cálculos horarios

DIA	FECHA	HORA	00:00:00	00:15:00	00:30:00	00:45:00	01:00:00
Martes	19/08/2014	CORRIENTE TIP	1304,42	1253,42	1158,74	1117,02	1070,84
Martes	19/08/2014	TENSION TIP	10,08	9,99	9,81	9,89	9,89
Martes	19/08/2014	TENSION TEORICA	9,99	9,97	9,95	9,94	9,92
Martes	19/08/2014	BANDA MAXIMA	10,07	10,05	10,03	10,01	10,00
Martes	19/08/2014	BANDA MINIMA	9,91	9,89	9,87	9,86	9,84

$$Tensión\ teórica\ en\ kV = \left(U_{ref} + U_r * \frac{I_n}{RTC} \right) * \frac{10}{RTT}$$

$$Banda\ Max = (1 + \%S) * Tensión\ teórica$$

$$Banda\ Min = (1 - \%S) * Tensión\ teórica$$

ii. **Segunda etapa:**

Se escoge la semana que evaluaremos; automáticamente busca y guarda los datos de tensión, luego carga estos datos para compararlos con el perfil de la semana típica.

El módulo calculó el factor de correlación que hay entre los perfiles típicos y evaluados (tensión y carga), para observar la dispersión que hay entre estos perfiles.

También graficó los perfiles de tensión para compararlos día por día de la semana típica con la semana evaluada, lo mismo se hace para los perfiles de carga.

iii. **Tercera etapa:**

El módulo calculó las variaciones en porcentaje que hay entre el evaluado y el típico, tanto para los perfiles de tensión y carga; se establecerá una tolerancia superior e inferior respecto al perfil típico y los intervalos que estén fuera de la tolerancia se consideran como problema u observación.

Relaciono los intervalos que están fuera de la tolerancia de los perfiles de tensión con los intervalos que están fuera de la tolerancia de los perfiles de carga, para catalogar el problema y la solución a seguir.

Las validaciones se realizarán de acuerdo a lo siguiente:

Cuando el porcentaje de tensión es mayor a la tolerancia superior se le asigna el valor de "1".

Cuando el porcentaje de tensión es menor que la tolerancia inferior se le asigna el valor de "-1".

Cuando se encuentre dentro de los límites el valor de "0".

El mismo procedimiento realizó para los perfiles de carga.

Se encontraron las siguientes condiciones:

- Tensión=0, carga=0: Correlación cercana a uno. Sin problema.
- Tensión=1, carga=0: Elevada tensión debido a problemas en la barra de alta tensión, perfil de carga normal.
- Tensión=-1, carga=0: Baja tensión debido a problemas en la de alta tensión, perfil de carga normal.
- Tensión=1, carga=1: Problemas de tensión elevada debido al aumento de carga.
- Tensión=0, carga=-1: La carga disminuyó, se mantuvo el perfil de tensión.
- Tensión=0, carga=1: La carga aumento, se mantuvo el perfil de tensión.
- Tensión=1, carga=-1: Elevada tensión debido a problemas en la barra de alta tensión, carga disminuyó.
- Tensión=-1, carga=1: Baja tensión debido a problemas en la barra de alta tensión, la carga aumento.
- Tensión=-1, carga=-1: Problemas de baja tensión debido a que la carga disminuyó.

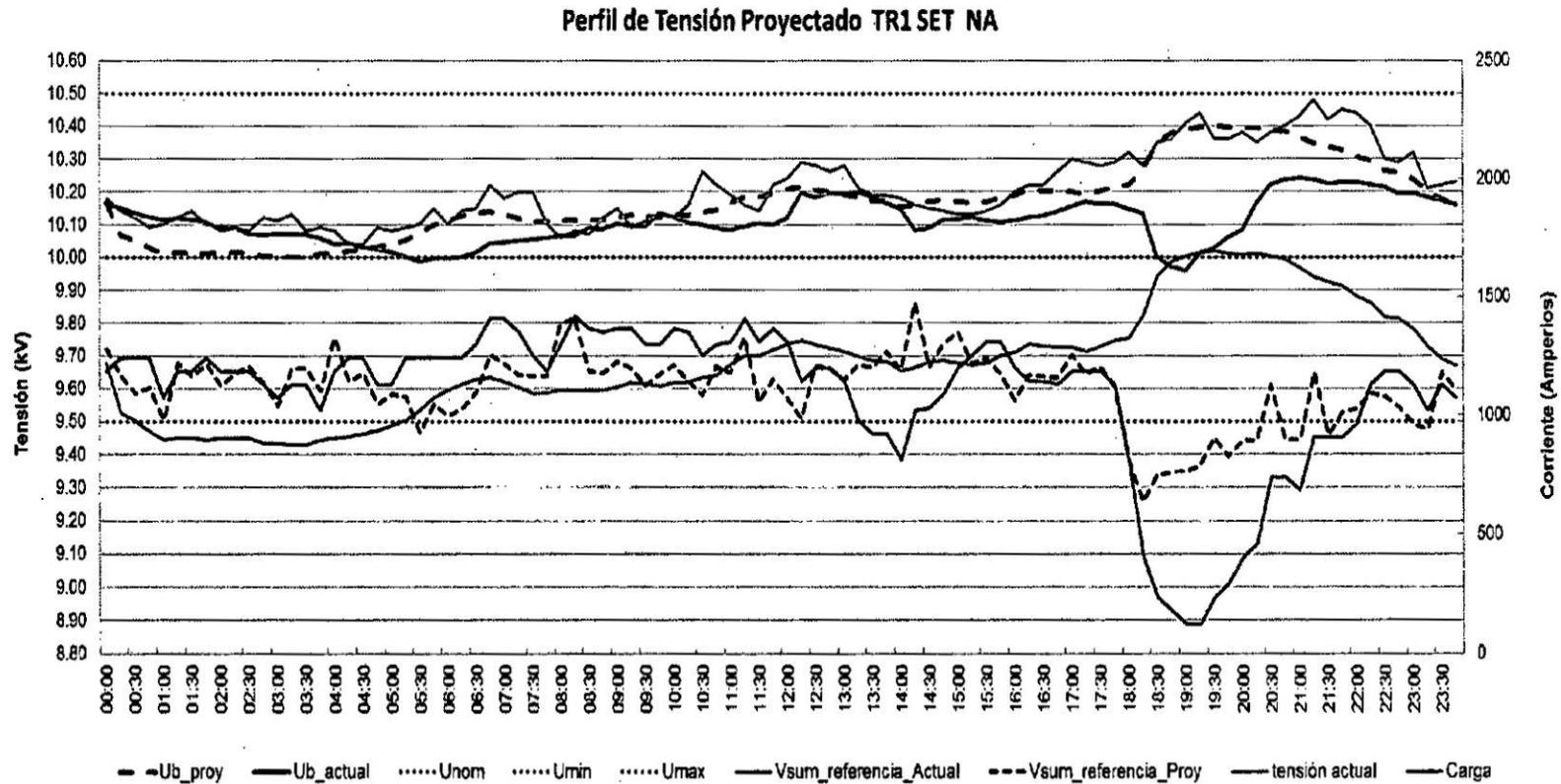
En un reporte se mostró un cuadro resumen el porcentaje de los intervalos que presenten problemas, para cada día de la semana como observación; también se mostrarán las gráficas de los perfiles comparando día evaluado con día típico

IV. RESULTADOS

4.1. Resultado de la Optimización de perfil de tensión de la SET Ñaña

Se tomó como referencia al suministro 07103M (NA-04) ubicado a 7.7 km de la fuente

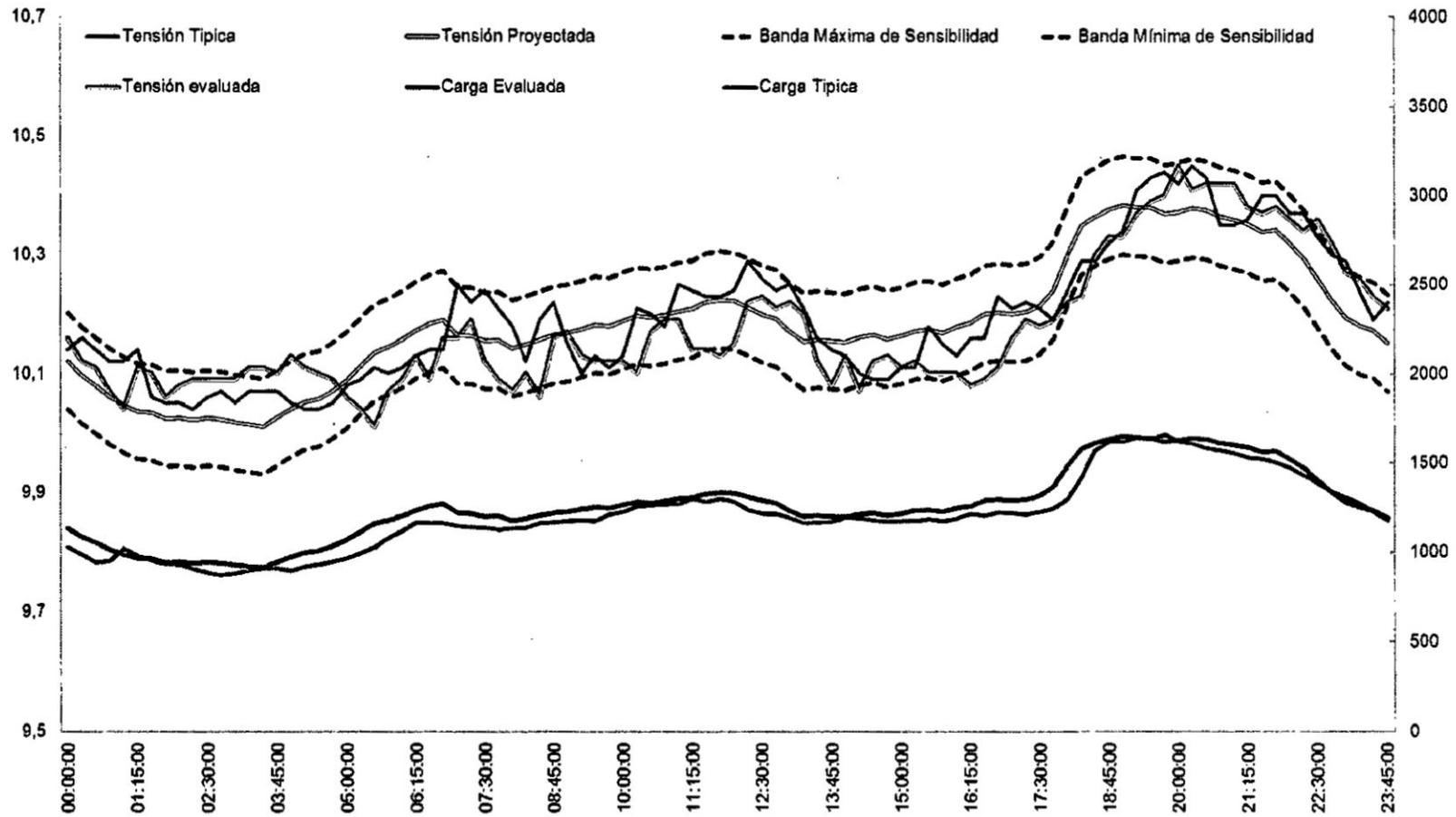
$$V_b = V_{ref} + F_U \cdot U_r \longrightarrow U_{ref} = 105.30 \text{ V}; U_r = 13.43 \text{ V}$$



4.2. Seguimiento del perfil de tensión

$U_{ref}=105.0\text{ V}$; $U_r=14.0\text{ V}$

Correlación: 0.9 (Pearson)



4.3. Cálculos del monitoreo para los perfiles de tensión

Tabla N°4. 1 Resultado de la desviación del óptimo perfil de tensión

FECHA	HORA	00:00:00	00:15:00	00:30:00	00:45:00	01:00:00	01:15:00	01:30:00	01:45:00	02:00:00	02:15:00	02:30:00
18/08/2014	CORRIENTE TIP	1180,39	1144	1096,53	1070,25	1031,55	1001,59	972,67	948,94	928,03	915,13	910,31
18/08/2014	TENSION TIP	10,03	10,02	10	9,99	10	10,01	9,96	9,98	9,97	9,94	9,95
15/09/2014	CORRIENTE EVAL	1154,03	1122,38	1082,15	1054,52	1017,65	983,72	961,25	947,57	928,69	916	899,94
15/09/2014	TENSION EVAL	10,02	10,02	9,99	10,01	10,02	9,95	9,94	9,95	9,96	9,97	9,98
	%V	-0,10%	0,00%	-0,10%	0,20%	0,20%	-0,50%	-0,20%	-0,30%	-0,10%	0,30%	0,30%
5%	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	%I	-2,23%	-1,89%	-1,31%	-1,47%	-1,35%	-1,78%	-1,17%	-0,14%	0,07%	0,10%	-1,14%
0%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19/08/2014	CORRIENTE TIP	1304,42	1253,42	1158,74	1117,02	1070,84	1035,09	1005,6	979,18	955,32	946,28	925,57
19/08/2014	TENSION TIP	10,08	9,99	9,81	9,89	9,89	9,92	9,94	9,96	9,98	10	9,97
16/09/2014	CORRIENTE EVAL	1289,43	1226,73	1161,91	1125,87	1082,01	1037,48	1016,11	995,86	974,94	959,17	941,05
16/09/2014	TENSION EVAL	10,09	9,92	9,93	9,97	10,01	10	9,98	10	9,96	9,95	9,89
	%V	0,10%	-0,70%	1,22%	0,81%	1,21%	0,81%	0,40%	0,40%	-0,20%	-0,50%	-0,80%
34%	33	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	-1
	%I	-1,15%	-2,13%	0,27%	0,79%	1,04%	0,23%	1,05%	1,70%	2,05%	1,36%	1,67%
69%	66	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20/08/2014	CORRIENTE TIP	1104,81	1060,41	1011,58	977,67	940,43	547,52	867,21	822,73	798,03	782,85	770,58
20/08/2014	TENSION TIP	9,99	9,95	9,88	10	9,95	5,92	9,82	9,84	9,85	9,86	9,87
17/09/2014	CORRIENTE EVAL	1291,95	1231,52	1172,86	1136,17	1096,96	1061,48	1030,09	999	983,97	962,36	946,89
17/09/2014	TENSION EVAL	10,03	10,05	10,03	10,02	10	10,02	10	9,98	10	9,98	9,97
	%V	0,40%	1,01%	0,50%	0,20%	0,50%	69,26%	1,83%	1,42%	1,52%	1,22%	1,01%

PORCENTAJE DE TENSION ES MAYOR A LA TOLERANCIA SUPERIOR

SE ENCUENTRA DENTRO DE LOS LIMITES

PORCENTAJE DE TENSION ES MENOR QUE LA TOLERANCIA INFERIOR

Tabla N°4. 2 Causas de los desvíos de tensión durante una semana

	OK	Elevada tensión debido a problemas en la barra de alta tensión, perfil de carga normal	Baja tensión debido a problemas en la barra de alta tensión, perfil de carga normal	Problemas de tensión elevada debido al aumento de carga	La carga disminuyó, se mantuvo el perfil de tensión	La carga aumento, se mantuvo el perfil de tensión	Elevada tensión debido a problemas en la barra de alta tensión, la carga disminuyó	Baja tensión debido a problemas en la barra de alta tensión, la carga aumento	Problemas de baja tensión debido a que la carga disminuyó	TOTAL
Lunes	95%	2%	3%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%
Martes	25%	5%	1%	27%	0%	41%	0%	1%	0%	100%
Miércoles	0%	0%	0%	32%	0%	67%	0%	1% 357	0%	100%
Jueves	84%	2%	4%	4%	0%	5%	0%	0%	0%	100%
Viernes	94%	2%	4%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%
Sábado	78%	3%	19%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%
Domingo	93%	1%	6%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%

4.4. Cuadro final de comparación de perfil típico vs perfil evaluado

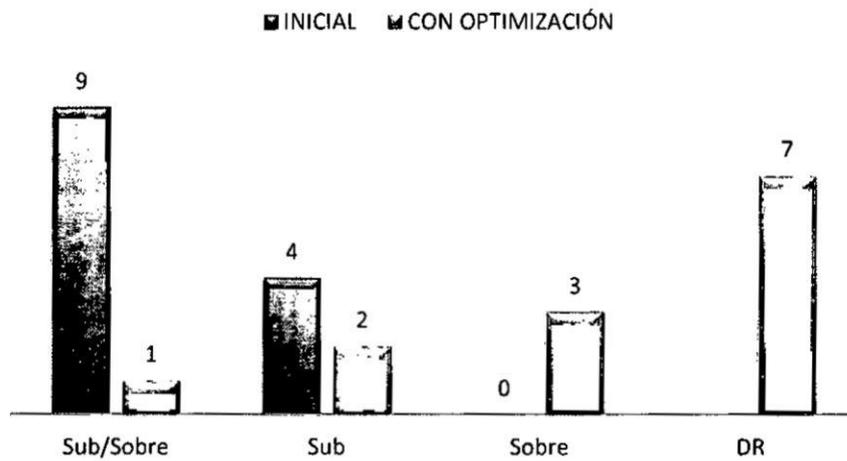
Tabla N°4. 3 Reporte semanal de los perfiles de tensión en barras

REPORTE SEMANAL COMPARACION PERFIL DE TENSION TIPICO VS PERFIL DE TENSION EVALUADO (SEMANA TIPICA **--** / SEMANA EVALUADA **--**)		PORCENTAJE DE INTERVALOS DEFICIENTES
	CLASIFICACION	
Lunes	Presento problemas de 2% de intervalos con Elevada tensión debido a problemas en la barra de alta tensión, perfil de carga normal; 3% de intervalos con Baja tensión debido a problemas en la barra de alta tensión, perfil de carga normal	C 5%
Martes	Presento problemas de 5% de intervalos con Elevada tensión debido a problemas en la barra de alta tensión, perfil de carga normal; 1% de intervalos con Baja tensión debido a problemas en la barra de alta tensión, perfil de carga normal; 27% de intervalos con Problemas de tensión elevada debido al aumento de carga; 41% de intervalos con La carga aumento, se mantuvo el perfil de tensión; 1% de intervalos con Baja tensión debido a problemas en la barra de alta tensión, la carga aumento	75%
Miércoles	Presento problemas de ; 32% de intervalos con Problemas de tensión elevada debido al aumento de carga; 67% de intervalos con La carga aumento, se mantuvo el perfil de tensión; 1% de intervalos con Baja tensión debido a problemas en la barra de alta tensión, la carga aumento	? 100%
Jueves	Presento problemas de 2% de intervalos con Elevada tensión debido a problemas en la barra de alta tensión, perfil de carga normal; 4% de intervalos con Baja tensión debido a problemas en la barra de alta tensión, perfil de carga normal; 4% de intervalos con Problemas de tensión elevada debido al aumento de carga; 5% de intervalos con La carga aumento, se mantuvo el perfil de tensión	B 16%
Viernes	Presento problemas de 2% de intervalos con Elevada tensión debido a problemas en la barra de alta tensión, perfil de carga normal; 4% de intervalos con Baja tensión debido a problemas en la barra de alta tensión, perfil de carga normal	C 6%
Sábado	Presento problemas de 3% de intervalos con Elevada tensión debido a problemas en la barra de alta tensión, perfil de carga normal; 19% de intervalos con Baja tensión debido a problemas en la barra de alta tensión, perfil de carga normal	B 22%
Domingo	Presento problemas de 1% de intervalos con Elevada tensión debido a problemas en la barra de alta tensión, perfil de carga normal; 6% de intervalos con Baja tensión debido a problemas en la barra de alta tensión, perfil de carga normal	C 7%

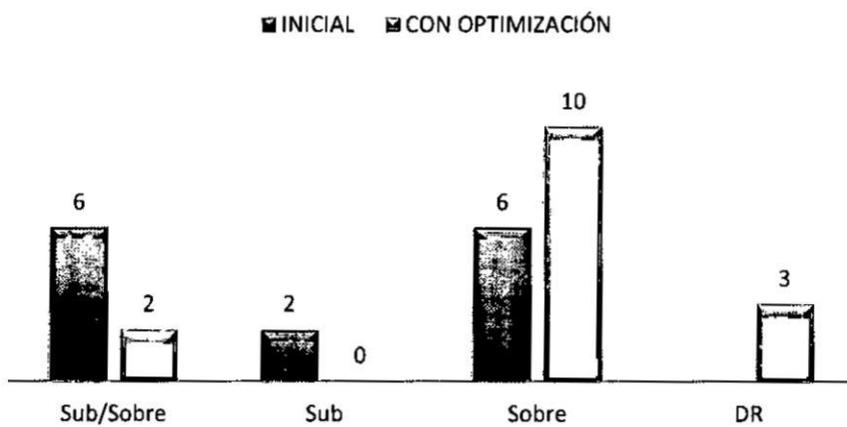
4.5. Resultados de los suministros aplicando la optimización del perfil de tensión

Los resultados individuales se encuentran en el anexo 05.

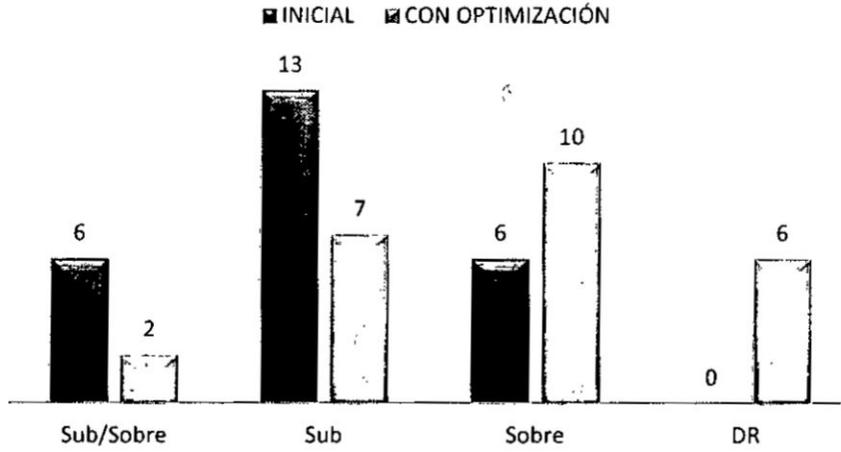
Resultados de los suministros del Alimentador NA-01



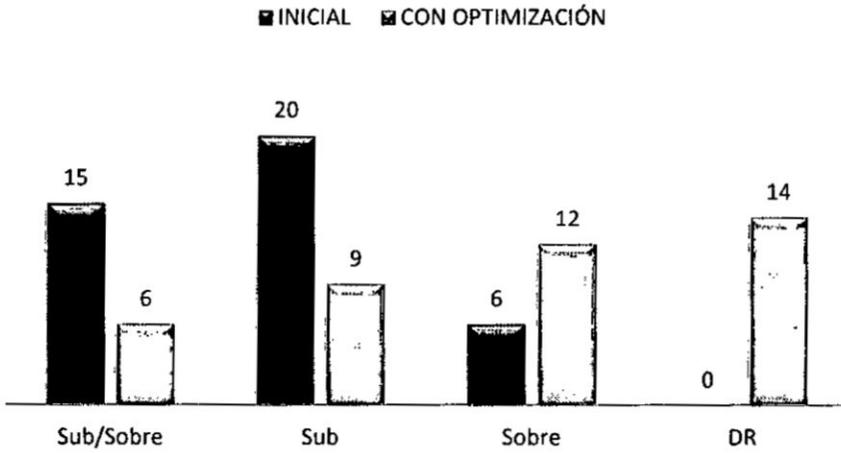
Resultados de los suministros del Alimentador NA-02



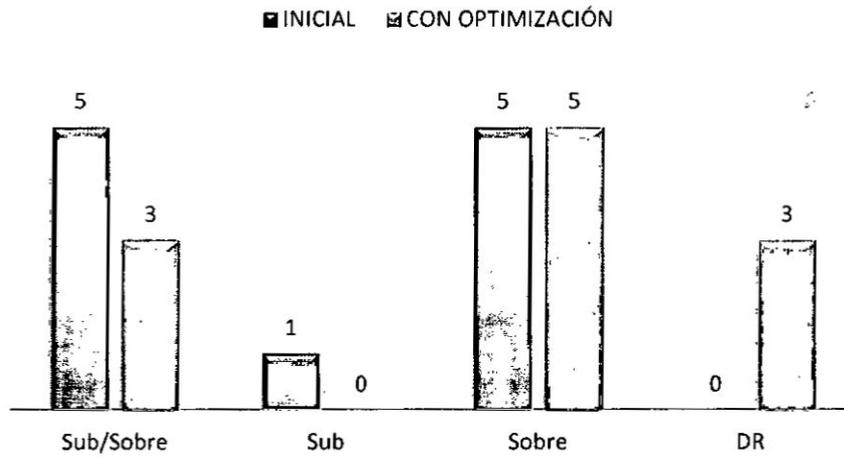
Resultados de los suministros del Alimentador NA-03



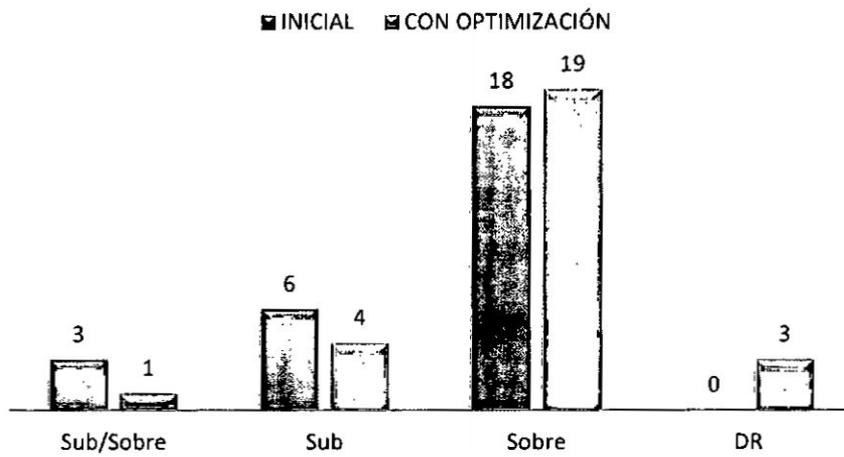
Resultados de los suministros del Alimentador NA-04



Resultados de los suministros del Alimentador NA-05



Resultados de los suministros del Alimentador NA-06



V. DISCUSIÓN DE RESULTADO

1. Se observa que no se podrá solucionar los problemas de subtensión en los clientes a partir del cliente 07103M, perteneciente al alimentador NA-04, ubicado al 7.5 km de la fuente, por ello se tiene que evaluar la instalación de reguladores monofásicos de MT.
2. Se observa que la relación de la regulación no guarda concordancia con lo establecido debido a que en horas de madrugada a nivel de 60 kV la tensión se eleva desconfigurando al MK20
3. Aplicando la optimización provocaremos las sobretensiones en los suministros esto es debido a que los transformadores de las SED's presentan tap inadecuados.
4. Durante la semana evaluada no ha existido ningún inconvenientes con las curvas de tensión obtenidas por tal motivo no se tendría que realizar una actualización
5. La metodología de la optimización también es aplicable para redes de 22.9 kV cabe mencionar que en la potencia de corto circuito en esas barras es más fuerte por lo que no genera problemas en la calidad de tensión.

VII. CONCLUSIONES

1. Con los parámetros $U_{ref}=105.30$ V; $U_r=13.43$ V, se obtuvo un perfil que varía en directamente proporcional a la carga, conllevándose que en horas de mínima demanda la tensión disminuya y que en horas de máxima demanda la tensión aumente.
2. Aplicando la optimización se observa que los habrá suministros que entrarán dentro de rango en un promedio de 42 % de la población conllevándose a una reducción a la compensación, sin embargo con estas tensiones se puede realizar un planeamiento y proyectar un presupuesto en futuras reformas de redes.
3. Con las condiciones puestas en conjunto, la tensión y la corriente, se comprobó que se puede monitorear el comportamiento de las tensiones con ello alertar de los posibles cambios, sin embargo no es una acción inmediata debido a que para obtener los datos del SCADA se tiene que esperar un día

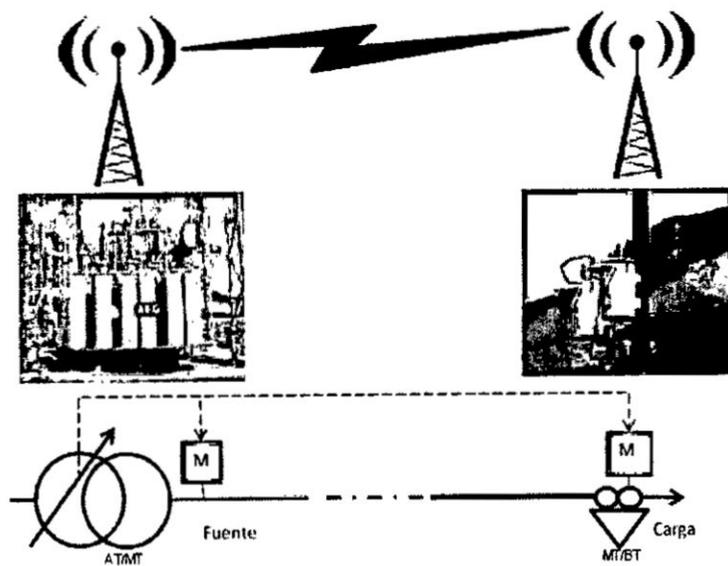
VIII. RECOMENDACIONES

1. Implementar un módulo con la cual permita observar el comportamiento de los perfiles de tensión a tiempo real, para poder actuar al momento que se ocurra las transgresiones
2. Instalar reguladores monofásicos en los alimentadores NA-04, NA-03 y NA-05
3. Un criterio de evaluación para la posición de los tap e uniformidad de las tensiones de las redes es que a 1 km le corresponda el tap 01 a los transformadores que se encuentran dentro del radio indicado, de la misma manera al kilómetro 02 el tap 02.
4. Realizar un estudio de desconexión de condensadores ubicados en la barra de 10 kV en horas de madrugada dentro del área de influencia

8.1. Recomendaciones para investigaciones posteriores

La opción tentativa es que se registre las tensiones del suministro que tenga la mayor cantidad de problemas de tensión y sea usado como limitante para la optimización de tensión, para que sea enviado vía internet usando las bandas de "Claro", "Movistar" y/o "Entel" para que ingresen a un servidor. Teniendo los datos del suministro escogido se puede monitorear el comportamiento de la red, a través del SCADA podemos obtener los perfiles y carga de la SET. Por ello ante una variación de las tensiones se puede actuar de manera inmediata. En las futuras investigaciones se tendría que responder a las siguientes interrogantes ¿Cuál sería la arquitectura para enviar datos de un suministro de MT a la sede central de una concesionaria de distribución? ¿Qué sucedería si el suministro escogido es trasladado a otro alimentador y/o SET como podríamos notar dicho cambio?

Figura N°8. 1 Esquema de propuesta para control remoto



Fuente: Medina. (2013) Planteamiento de metodología e integración de soluciones para mejora de la calidad de tensión en los Sistemas Eléctricos de Distribución

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Áquino Danker, F. (2008). *Conciliación entre la eficiencia energética y las empresas de distribución de electricidad*. (Tesis de Maestría). Pontificia Universidad Católica de Chile. Recuperado de <http://web.ing.puc.cl/power/paperspdf/FedericoAlvarez.pdf>
2. COES (2013). *Mala calidad de tensión en la barra de 60 kV de la SET Ñaña*. (EV-086-2013). Perú: Comité Técnico de Análisis de Fallas.
3. Institute of Electrical and Electronics Engineers (1995). *Recommended Practice for Monitoring Electric Power Quality*. (IEEE Std. 1159-1995). Estados Unidos: Electric Power Quality Assessment.
4. Luz del Sur. (2013). *Informe del 1° semestre del 2013 calidad de producto*. (15ª inf. téc.).Perú: Departamento Control Técnico y Calidad del Servicio.
5. Luz del Sur. (2013). *Informe del 2° semestre del 2013 calidad de producto*. (25ª inf. téc.).Perú: Departamento Control Técnico y Calidad del Servicio
6. *Maschinenfabri Reinhausen*. (2000). *Regulador de tensión electrónico MK 20*. Alemania
7. Martinez Velasco J. (2011). *Equivalent circuit of a regulating transformer*. Department of Electrical and Computer Engineering. Polytechnic Institute of NYU. Brooklyn. Recuperado de:

<http://www.scielo.cl/pdf/ingeniare/v19n1/art10.pdf>

8. Medina Ormeño, Darwin. (2013). *Planteamiento de metodología e integración de soluciones para mejora de la calidad de tensión en los sistemas eléctricos de distribución*. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional San Luis Gonzaga de Ica, Perú. Recuperado de:
http://www.guzlop-editoras.com/web_des/ing01/mecanica/pld0423pdf.pdf
9. Meléndez Cuamatzi, J. (2009). *Sistema de Regulación en la Red de Distribución en mediana y baja tensión Zona Norte*. (Tesis de pregrado). Instituto Politécnico Nacional, México. Recuperado de:
<http://tesis.ipn.mx/jspui/bitstream/123456789/4544/1/SISTREGULACION.pdf>
10. Monje Álvarez, C. (2011). *Metodología de la Investigación Cuantitativa y Cualitativa*. Colombia: Universidad Surcolombiana
11. Ministerio de Energía y Minas. (1997). *Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos*. (Decreto Supremo N° 020-97-EM). Perú: Poder Legislativo
12. Ministerio de Energía y Minas. (1992). *Ley de Concesiones Eléctrica*. (Decreto Ley No. 25844). Perú: Poder Legislativo.
13. Montoya Gil, F. (2009). *Optimización de Tensión en redes de Distribución utilizando Técnicas Evolutivas* (Tesis Doctoral). Universidad de Granada, España. Recuperado de: <http://hera.ugr.es/tesisugr/17911606.pdf>

14. OSINERGMIN. (2004). *Problemática de la Supervisión de la Calidad del Servicio Eléctrico en el Perú*. (Documento de trabajo N° 6). Perú: Gerencia de Fiscalización Eléctrica

15. Ramirez Alegre, R. (2014). *Mejora de la calidad de producto en la red de media y baja tensión*: Perú: Dpto. de Protecciones – Luz del Sur.

16. Salinas Navarro, R. (2013). *Algoritmo para determinar la seguridad de voltaje de un sector eléctrico de potencia basado en sistemas de área amplia*. (Tesis Doctoral). Universidad Autónoma de Nuevo León, México. Recuperado de:
<http://eprints.uanl.mx/3708/1/1080256790.pdf>

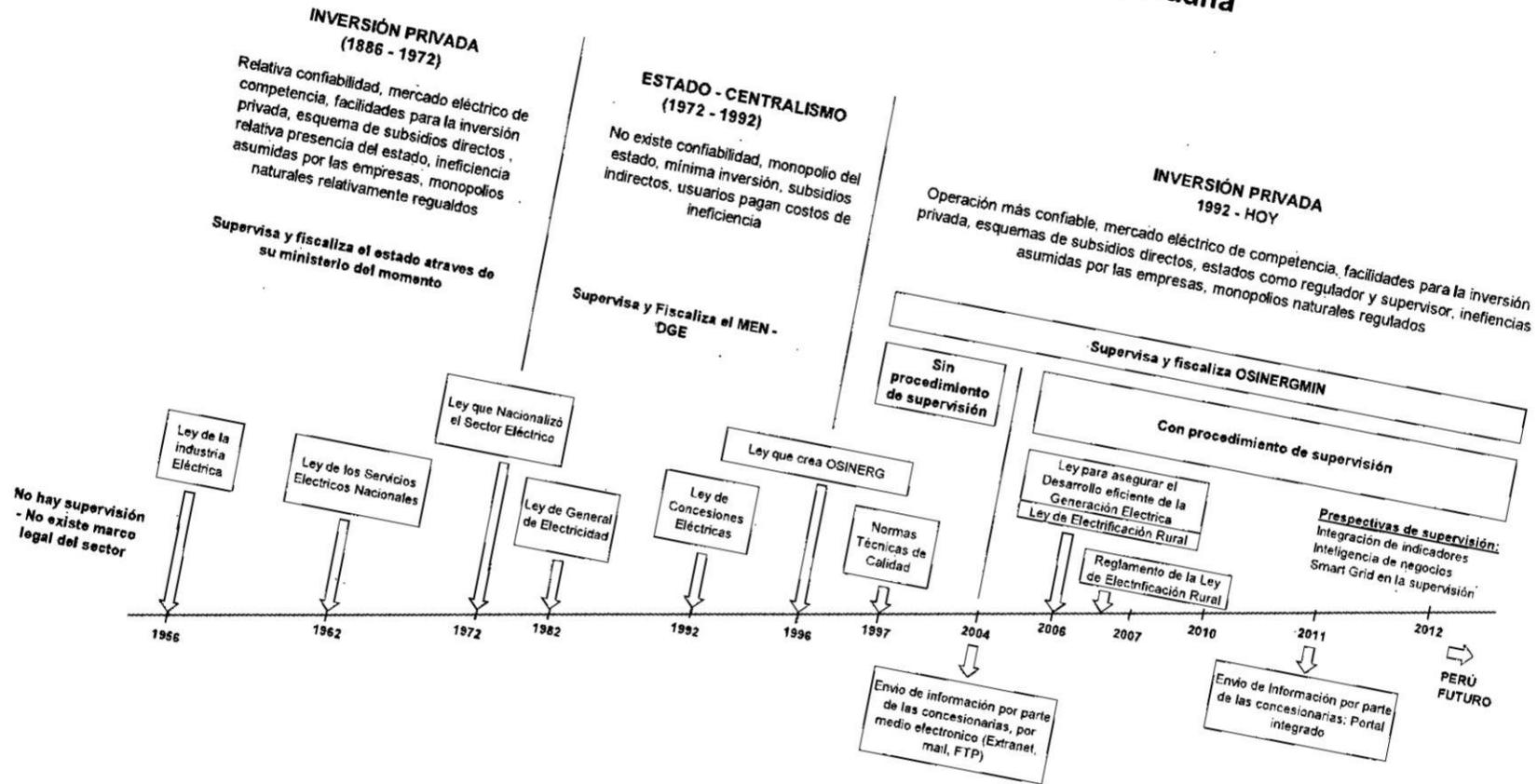
17. Waldemar Szpyra B. (2010). *Optimal Voltage Control in Medium Voltage Power Engineering Networks*. Polonia: University of Science and Technology

18. Xavier Ricou (1988). Huaycán: Una experiencia de habilitación urbana

ANEXOS

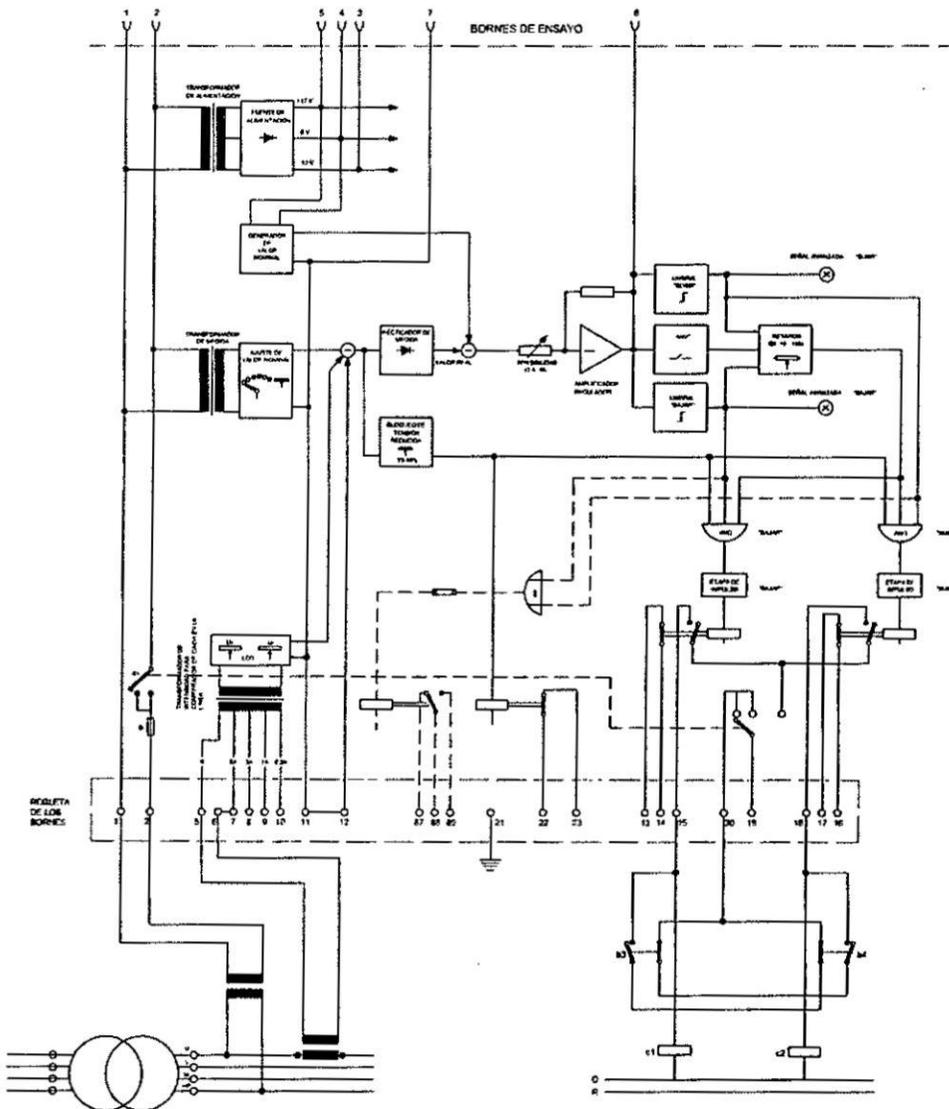
ANEXO 01

Línea de tiempo de la normativa eléctrica peruana



ANEXO 03

Circuitería electrónica del MK 20



Borues de ensayo	Función		
	Cero	Subir	Bajar
3-4	-12 V	-12 V	-12 V
5-4	+12 V	+12 V	+12 V
6-4	±0,8 V	-0,8 V	+0,8 V
7-4	+6,5 V	+6,5 V	+6,5 V

ANEXO 04

Diagrama unifilar de los alimentadores de la SET Ñaña

Diagrama unifilar alimentador Na-01

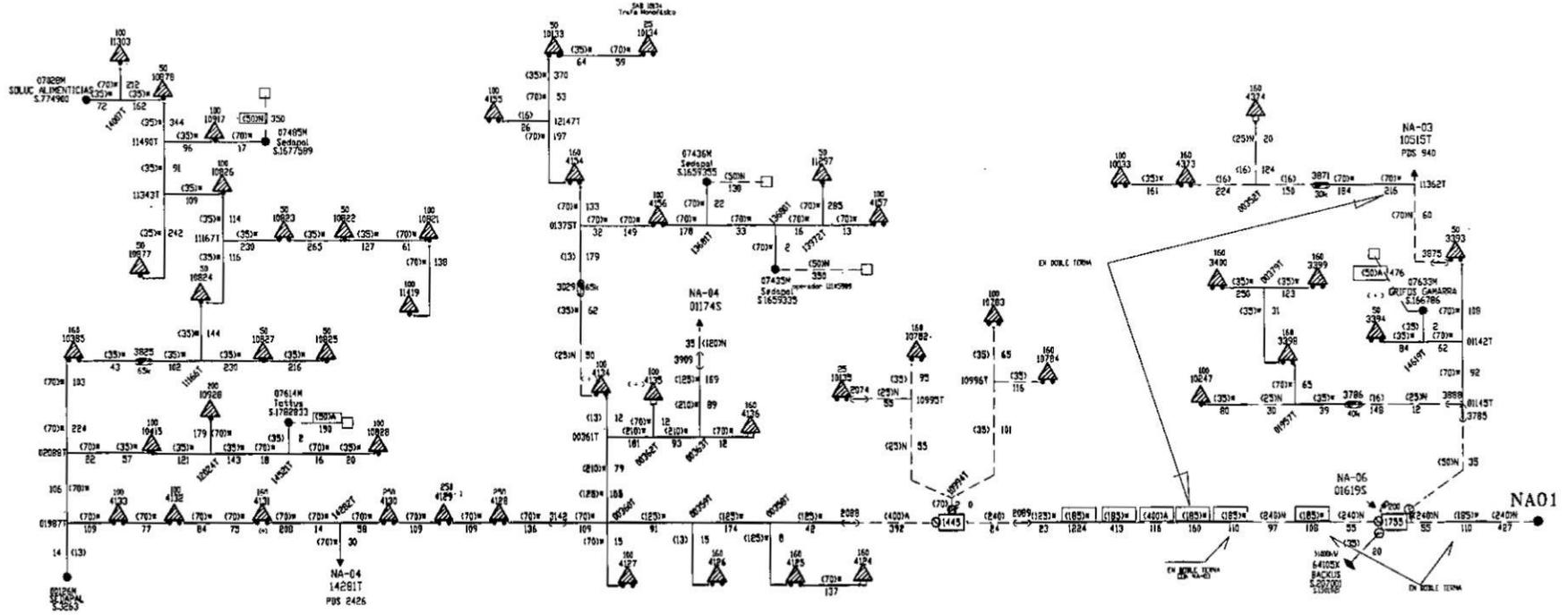


Diagrama unifilar alimentador Na-03

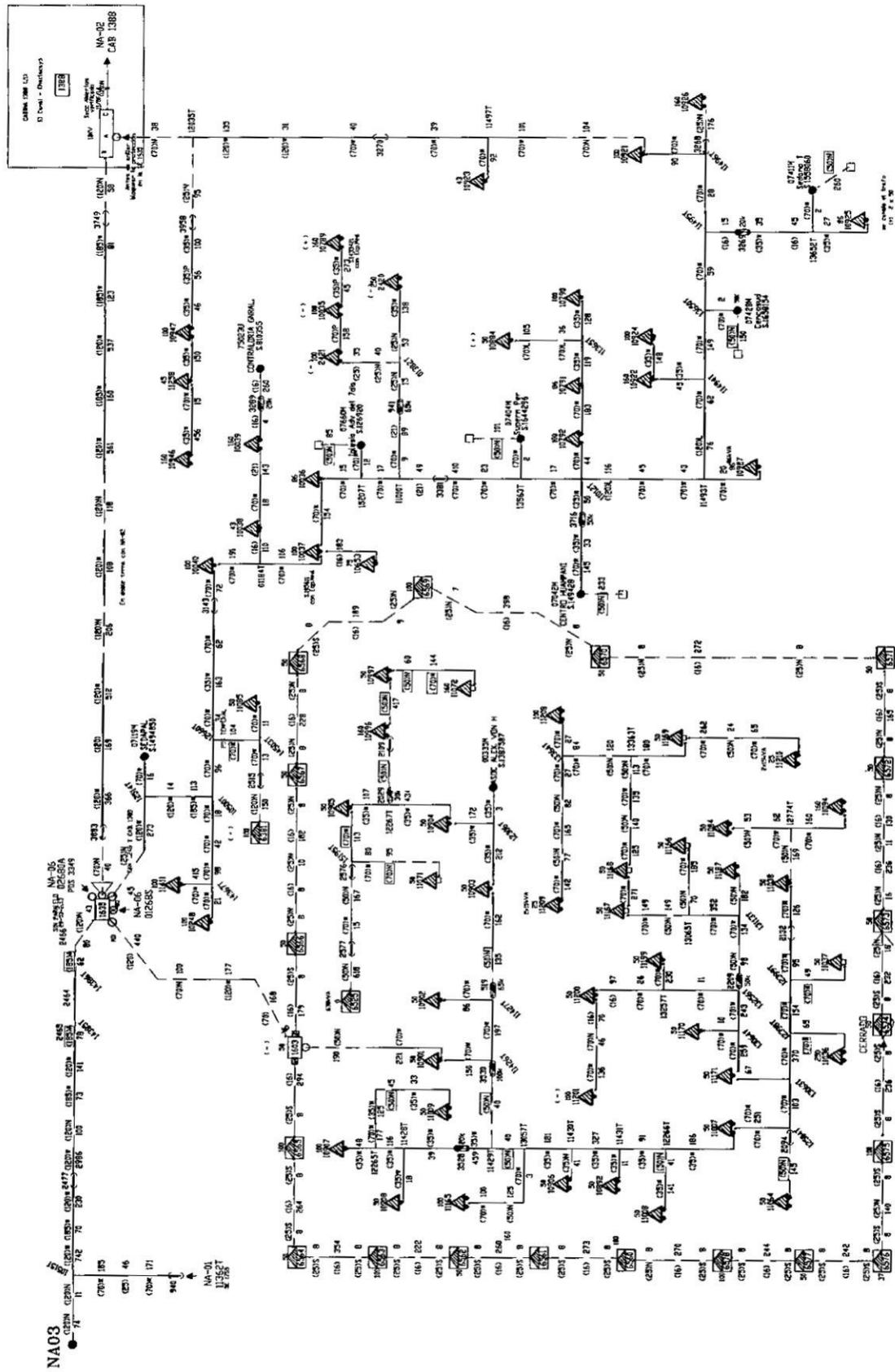
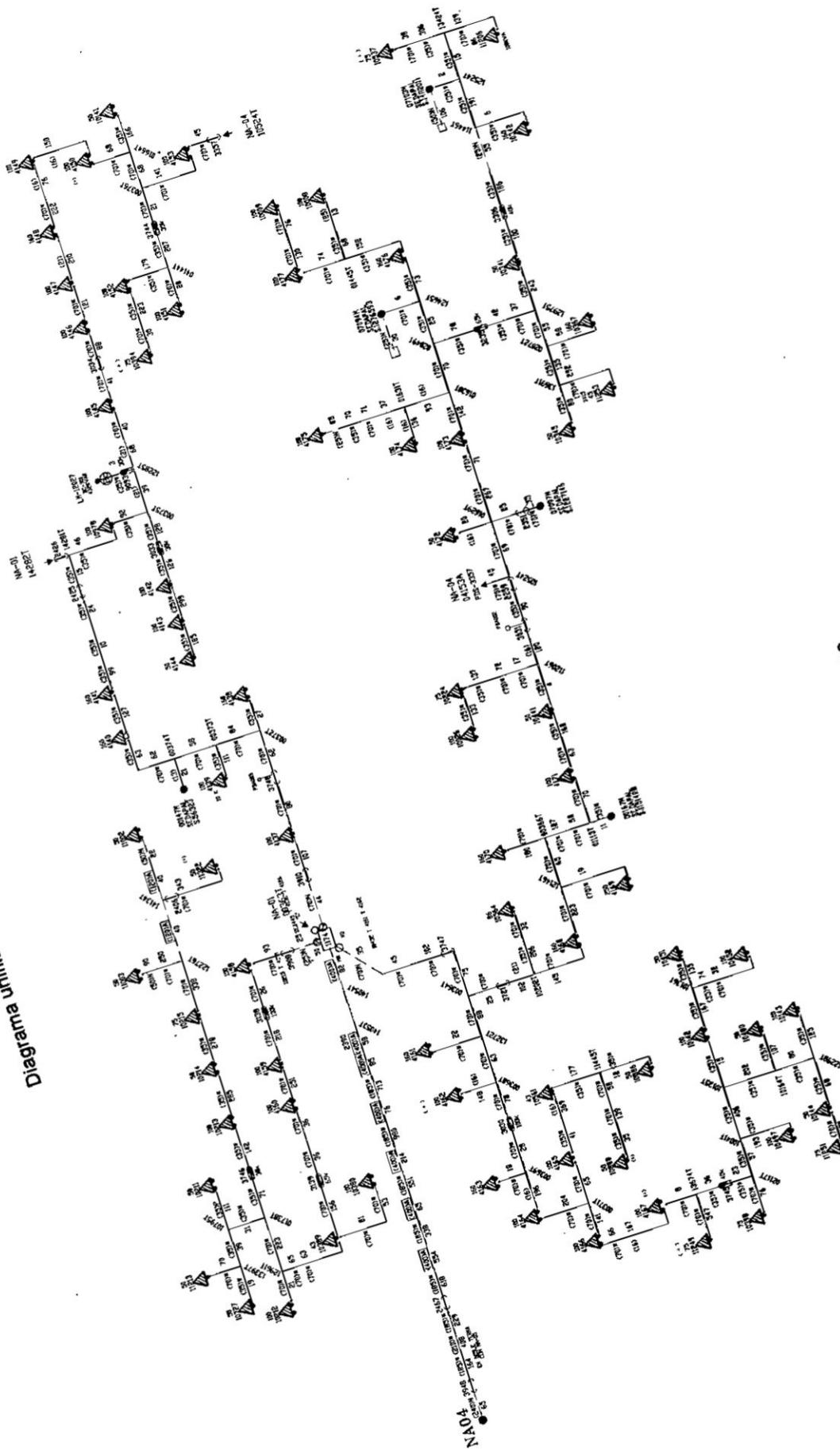


Diagrama unitilor alimentare NA-40



ANEXO 05

Resultados de los suministros en el alimentador NA-01

N°	SUMINISTRO	ALIMENTADOR	SED	DISTRITO	DISTANCIA A LA SED (Km)	METODOLOGIA APLICADA	% DEFICIENCIA	SUBTENSION	SOBRETENSION	RESULTADO
1	42137	NA-01	04130A	LURIGANCHO-CHOSICA	6.1	29052012	18.71	55	17	Sub/Sobre
						Resultado de la metodología	1.53	0	18	DR
2	56369	NA-01	04126A	ATE-VIARTE	3.4	17032011	4.91	9	24	DR
						Resultado de la metodología	6.74	0	6	DR
3	591173	NA-01	04126A	CHACLACAYO	3.9	270422010	8.84	22	32	Sub/Sobre
						Resultado de la metodología	7.29	8	49	Sobre
4	99328	NA-01	04130A	ATE-VIARTE	3.9	16012202	24.79	5	175	Sub/Sobre
						Resultado de la metodología	34.80	0	229	Sobre
5	593589	NA-01	04134A	ATE-VIARTE	6.7	25112010	17.11	24	91	Sub/Sobre
						Resultado de la metodología	30.71	0	72	Sobre
6	108996	NA-01	0399A	ATE-VIARTE	4.9	15112213	5.65	38	9	Sub
						Resultado de la metodología	1.64	11	0	DR
7	1094643	NA-01	10121A	LURIGANCHO-CHOSICA	2.5	20112202	6.99	45	2	Sub/Sobre
						Resultado de la metodología	6.18	41	0	Sub
8	1104715	NA-01	04130A	ATE-VIARTE	7.5	16032012	14.73	13	86	Sub/Sobre
						Resultado de la metodología	6.99	21	6	Sub
9	1340580	NA-01	10783A	ATE-VIARTE	3.1	25012202	5.05	25	8	Sub/Sobre
						Resultado de la metodología	1.49	8	18	DR
10	1346610	NA-01	10783A	CHACLACAYO	11.5	17052013	15.92	24	83	Sub/Sobre
						Resultado de la metodología	27.83	16	171	Sub/Sobre
11	1415180	NA-01	10926A	ATE-VIARTE	5.6	23112010	8.18	32	23	Sub/Sobre
						Resultado de la metodología	1.83	8	13	DR
12	1581154	NA-01	04151A	ATE-VIARTE	6.6	23102202	16.95	114	8	Sub
						Resultado de la metodología	4.17	28	0	DR
13	1610164	NA-01	19821A	LURIGANCHO-CHOSICA	3.2	23072012	10.71	72	0	Sub
						Resultado de la metodología	4.81	31	0	DR
14	126855	NA-02	50112A	CHACLACAYO	6.6	18092012	5.04	32	2	Sub/Sobre
						Resultado de la metodología	3.57	17	7	DR

Resultados de los suministros en el alimentador NA-02

N°	SUMINISTRO	ALIMENTADOR	SED	DISTRITO	DISTANCIA A LA SED (Km)	METODOLOGIA APLICADA	% DEFICIENCIA	SUBTENSIÓN	SOBRETENSIÓN	RESULTADO
15	12732	NA-02	5062A	CHACACAYO	8.4	15/05/2011	16.01	4	115	Sub/Sobre
						Resultado de la metodología	16.22	0	109	Sobre
16	13374	NA-02	5064A	CHACACAYO	6.0	18/12/2012	4.91	1	32	DR
						Resultado de la metodología	6.25	0	40	Sobre
17	19223	NA-02	20591A	LURIGANCHO-CHOSICA	9.9	17/12/2013	10.86	55	18	Sub/Sobre
						Resultado de la metodología	8.63	39	19	Sub/Sobre
18	26189	NA-02	19511A	CHACACAYO	6.7	18/02/2011	10.57	2	69	Sub/Sobre
						Resultado de la metodología	8.18	0	96	Sobre
19	64592	NA-02	5892A	CHACACAYO	11.3	27/04/2012	12.90	46	0	Sub
						Resultado de la metodología	6.65	3	0	DR
20	76452	NA-02	9854A	LURIGANCHO-CHOSICA	8.0	20/11/2007	11.01	20	54	Sub/Sobre
						Resultado de la metodología	15.23	10	83	Sub/Sobre
21	95982	NA-02	9948A	LURIGANCHO-CHOSICA	10.7	18/07/2012	23.20	0	224	Sobre
						Resultado de la metodología	47.22	0	213	Sobre
22	99166	NA-02	91311A	ATE-MIARTE	4.1	06/07/2012	16.67	0	112	Sobre
						Resultado de la metodología	22.07	0	148	Sobre
23	132152	NA-02	0994A	ATE-MIARTE	7.2	10/06/2010	31.63	1	225	Sub/Sobre
						Resultado de la metodología	40.77	0	274	Sobre
24	133265	NA-02	1089A	ATE-MIARTE	3.1	01/06/2012	12.50	0	84	Sobre
						Resultado de la metodología	18.15	0	122	Sobre
25	136713	NA-02	1873A	ATE-MIARTE	7.7	17/02/2013	8.23	0	67	Sobre
						Resultado de la metodología	14.38	0	90	Sobre
26	144420	NA-02	1873A	ATE-MIARTE	6.0	15/01/2013	5.21	35	9	Sub
						Resultado de la metodología	4.45	30	0	DR
27	145241	NA-02	57129A	LURIGANCHO-CHOSICA	8.0	24/07/2012	12.20	0	99	Sobre
						Resultado de la metodología	23.04	0	222	Sobre
28	1562147	NA-02	0805A	LURIGANCHO-CHOSICA	2.6	24/09/2007	60.52	0	11	Sobre
						Resultado de la metodología	81.92	0	11	Sobre
29	126928	NA-02	1078A	CHACACAYO	7.6	24/10/2012	14.29	65	31	Sub/Sobre
						Resultado de la metodología	14.43	44	33	Sub/Sobre

Resultados de los suministros en el alimentador NA-03

N°	SUMINISTRO	ALIMENTADOR	SED	DISTRITO	DISTANCIA A LA SED (Km)	METODOLOGIA APLICADA	% DEFICIENCIA	SUBTENSION	SOBRETENSION	RESULTADO
30	190191	NA-03	10336A	CHACLAGAYO	11.8	15/11/2013	11.31	74	2	Sub/Sobre
						Resultado de la metodología	11.01	89	5	Dub/Sobre
31	326910	NA-03	10789A	CHACLAGAYO	6.7	20/11/2012	9.67	65	0	Sub
						Resultado de la metodología	9.42	68	0	Sub
32	374660	NA-03	10927A	CHACLAGAYO	6.7	24/05/2010	22.62	3	143	Sub/Sobre
						Resultado de la metodología	23.04	4	222	Sobre
33	374860	NA-03	10927A	CHACLAGAYO	0.7	24/05/2010	22.62	3	143	Sub/Sobre
						Resultado de la metodología	26.46	8	243	Sobre
34	420114	NA-03	06364C	LURIGANCHO-CHOSCA	12.3	23/04/2012	9.08	69	0	Sub
						Resultado de la metodología	0.15	7	0	DR
35	443370	NA-03	10754A	CHACLAGAYO	3.5	24/05/2012	31.25	0	210	Sobre
						Resultado de la metodología	51.91	0	258	Sobre
36	640010	NA-03	10789A	CHACLAGAYO	8.3	21/02/2012	52.83	157	0	Sub
						Resultado de la metodología	48.78	133	0	Sub
37	633041	NA-03	03703A	CHACLAGAYO	2.3	24/05/2012	5.80	0	33	Sobre
						Resultado de la metodología	6.55	0	44	Sobre
38	701678	NA-03	06574C	CHACLAGAYO	6.4	20/09/2012	6.99	47	0	Sub
						Resultado de la metodología	4.76	32	0	DR
39	781857	NA-03	10335A	CHACLAGAYO	6.7	24/05/2012	11.93	80	0	Sub
						Resultado de la metodología	0.30	2	0	DR
40	832893	NA-03	10701A	ATE-VIARTE	5.1	13/02/2013	5.80	11	29	Sub/Sobre
						Resultado de la metodología	36.95	0	274	Sobre
41	105450	NA-03	02421A	LURIGANCHO-CHOSCA	7.9	14/02/2012	6.99	47	0	Sub
						Resultado de la metodología	6.56	46	0	Sub
42	1063184	NA-03	10947A	ATE-VIARTE	7.2	17/05/2012	18.60	125	0	Sub
						Resultado de la metodología	11.80	80	0	Sub
43	1153223	NA-03	01329A	ATE-VIARTE	7.7	24/05/2012	10.57	0	71	Sobre
						Resultado de la metodología	11.41	0	78	Sobre
44	1253125	NA-03	06369C	ATE-VIARTE	0.8	24/07/2012	9.20	0	61	Sobre
						Resultado de la metodología	25.20	0	174	Sobre

Resultados de los suministros en el alimentador NA-03 y NA-04

N°	SUMINISTRO	ALIMENTADOR	SED	DISTRITO	DISTANCIA A LA SED (Km)	METODOLOGIA APLICADA	% DEFICIENCIA	SUBTENSION	SOBRETENSION	RESULTADO
45	130248	NA-03	11278A	LURISANCHO-CHOSICA	8.1	17/04/2013	9.52	64	0	Sub
						Resultado de la metodología	7.29	49	0	Sub
46	130248	NA-03	11258A	CHACLACAYO	0.7	17/04/2013	9.52	64	0	Sub
						Resultado de la metodología	7.29	49	0	Sub
47	130248	NA-03	08040A	LURISANCHO-CHOSICA	11.2	22/05/2012	31.20	0	213	Subre
						Resultado de la metodología	47.92	0	322	Subre
48	130250	NA-03	09679A	LURISANCHO-CHOSICA	13.2	22/05/2012	22.32	0	150	Subre
						Resultado de la metodología	26.01	0	242	Subre
49	1434636	NA-03	04325A	ATE-MIARTE	5.8	22/05/2012	14.14	2	93	Sub/Subre
						Resultado de la metodología	17.36	0	118	Subre
50	1514162	NA-03	06379C	ATE-MIARTE	8.2	19/01/2013	8.48	57	0	Sub
						Resultado de la metodología	8.79	31	0	Sub
51	150246	NA-03	11179A	LURISANCHO-CHOSICA	7.9	17/10/2013	6.53	44	0	Sub
						Resultado de la metodología	4.63	31	0	DR
52	153248	NA-03	11179A	LURISANCHO-CHOSICA	2.7	17/10/2013	6.53	44	0	Sub
						Resultado de la metodología	4.63	31	0	DR
53	1904505	NA-03	10246A	ATE-MIARTE	8.2	19/04/2012	9.28	63	0	Sub
						Resultado de la metodología	0.15	1	0	DR
54	1004917	NA-04	04142A	ATE-MIARTE	6.5	15/05/2012	12.21	119	0	Sub
						Resultado de la metodología	7.14	48	0	Sub
55	1004190	NA-04	04146A	CHACLACAYO	4.6	29/11/2012	8.80	0	39	Subre
						Resultado de la metodología	21.43	0	144	Subre
56	1008030	NA-04	04136A	CHACLACAYO	5.4	22/05/2012	5.36	36	0	Sub
						Resultado de la metodología	8.80	8	0	DR
57	1005559	NA-04	04137A	ATE-MIARTE	6.3	12/08/2009	7.89	4	49	Sub/Subre
						Resultado de la metodología	21.70	0	106	Subre
58	1040702	NA-04	04145A	ATE-MIARTE	5.9	26/06/2011	14.29	30	66	Sub/Subre
						Resultado de la metodología	7.44	8	30	Subre
59	1040707	NA-04	04149A	ATE-MIARTE	5.7	16/10/2013	11.31	0	78	Subre
						Resultado de la metodología	12.80	0	86	Subre

Resultados de los suministros en el alimentador NA-04

N°	SUMINISTRO	ALIMENTADOR	SED	DISTRITO	DISTANCIA A LA SED (Km)	METODOLOGIA APLICADA	% DEFICIENCIA	SUBTENSIÓN	SOBRETENSÓN	RESULTADO
60	104140	NA-04	04130A	ATE-MTARTE	5.6	22/03/2017	5.83	49	0	Sub
						Resultado de la metodología	0.09	9	0	DR
61	104971	NA-04	04161A	ATE-MTARTE	5.6	22/05/2012	6.53	0	44	Sobre
						Resultado de la metodología	6.85	0	46	Sobre
62	105204	NA-04	04161A	ATE-MTARTE	5.6	18/09/2012	6.40	16	27	Sub/Sobre
						Resultado de la metodología	10.67	7	105	Sub/Sobre
63	106072	NA-04	04162A	CHACLAGAYO	6.2	21/07/2019	34.08	0	227	Sobre
						Resultado de la metodología	67.41	0	23	Sobre
64	107187	NA-04	04150A	CHACLAGAYO	1.0	15/01/2013	18.45	124	9	Sub
						Resultado de la metodología	19.26	138	0	Sub
65	1105421	NA-04	04123A	ATE-MTARTE	7.1	14/06/2012	5.36	26	0	Sub
						Resultado de la metodología	8.86	6	0	DR
66	1106101	NA-04	04149A	ATE-MTARTE	5.7	24/02/2010	16.32	23	87	Sub/Sobre
						Resultado de la metodología	16.22	1	198	Sub/Sobre
67	1155934	NA-04	04163A	ATE-MTARTE	6.9	15/10/2012	12.93	57	0	Sub
						Resultado de la metodología	2.74	62	0	Sub
68	1183019	NA-04	10926A	ATE-MTARTE	2.0	14/05/2012	6.89	47	0	Sub
						Resultado de la metodología	2.43	19	0	DR
69	1184605	NA-04	04177A	ATE-MTARTE	2.8	16/03/2011	14.14	67	12	Sub/Sobre
						Resultado de la metodología	4.52	20	9	DR
70	1201286	NA-04	04151A	CHACLAGAYO	4.5	24/04/2012	22.32	150	0	Sub
						Resultado de la metodología	17.71	119	0	Sub
71	1242514	NA-04	04175A	ATE-MTARTE	7.1	22/15/2012	9.35	63	0	Sub
						Resultado de la metodología	6.40	3	0	DR
72	1248726	NA-04	04173A	LUPIGANCHO-CHOSICA	5.7	10/01/2013	5.51	37	0	Sub
						Resultado de la metodología	4.61	39	0	DR
23	1257207	NA-04	10497A	ATE-MTARTE	6.8	23/10/2009	19.15	25	87	Sub/Sobre
						Resultado de la metodología	36.30	0	248	Sobre
24	1257395	NA-04	10497A	ATE-MTARTE	6.0	16/02/2012	5.36	15	21	Sub/Sobre
						Resultado de la metodología	3.12	0	21	DR

Resultados de los suministros en el alimentador NA-04

N°	SUMINISTRO	ALIMENTADOR	SED	DISTRITO	DISTANCIA A LA SED (Km)	METODOLOGIA APLICADA	% DEFICIENCIA	SUBTENSION	SOBRETENSION	RESULTADO
75	1270630	NA-04	04147A	CHACLACAYO	4.6	11.052011	6.88	47	0	Sub
						Resultado de la metodología	0.00	0	0	DR
76	1289537	NA-04	04102A	LURIGANCHO-CHOESCA	8.1	15.022012	16.91	114	0	Sub
						Resultado de la metodología	10.42	70	0	Sub
77	1326231	NA-04	04152A	ATE-WTARTE	6.5	23.052010	15.45	4	100	Sub/Sobre
						Resultado de la metodología	23.50	0	161	Sobre
78	1333520	NA-04	04187A	ATE-WTARTE	8.7	13.032013	9.23	0	63	Sobre
						Resultado de la metodología	14.38	0	98	Sobre
79	1373244	NA-04	10341A	ATE-WTARTE	6.8	11.052011	11.01	74	0	Sub
						Resultado de la metodología	0.85	6	0	DR
80	1392137	NA-04	04172A	ATE-WTARTE	7.8	19.042012	7.14	48	0	Sub
						Resultado de la metodología	8.15	1	0	DR
81	1415402	NA-04	04159A	CHACLACAYO	1.2	22.052012	46.73	0	314	Sobre
						Resultado de la metodología	67.35	0	50	Sobre
82	1445613	NA-04	04189A	CHACLACAYO	1.8	15.032011	6.43	42	1	Sub/Sobre
						Resultado de la metodología	6.30	7	8	DR
83	1476177	NA-04	10342A	ATE-WTARTE	7.8	19.052013	31.73	213	0	Sub
						Resultado de la metodología	29.76	200	0	Sub
84	1451939	NA-04	10367A	ATE-WTARTE	5.3	20.082012	25.30	22	148	Sub/Sobre
						Resultado de la metodología	22.52	15	153	Sub/Sobre
85	1431555	NA-04	04156A	CHACLACAYO	10.1	23.112010	25.45	50	321	Sub/Sobre
						Resultado de la metodología	20.26	7	134	Sub/Sobre
86	1457130	NA-04	04143A	ATE-WTARTE	7.4	20.052012	14.14	2	53	Sub/Sobre
						Resultado de la metodología	17.56	8	118	Sobre
87	1572015	NA-04	04176A	ATE-WTARTE	7.6	25.042011	10.57	71	0	Sub
						Resultado de la metodología	4.46	30	0	DR
88	1529157	NA-04	04164A	LURIGANCHO-CHOESCA	7.9	15.022012	11.97	9	21	Sub/Sobre
						Resultado de la metodología	10.57	0	71	Sobre
89	1274279	NA-04	1024A	ATE-WTARTE	4.3	20.062012	5.21	35	0	Sub
						Resultado de la metodología	1.48	10	0	DR

Resultados de los suministros en el alimentador NA-04 y NA-05

N°	SUMINISTRO	ALIMENTADOR	SED	DISTRITO	DISTANCIA A LA SED (Km)	METODOLOGIA APLICADA	% DEFICIENCIA	SUBTENSION	SOBRETENSION	RESULTADO
90	1587130	NA-04	10391A	LURIGANCHO-CHOSCA	0.8	18/09/2012	↑ 7.74	52	0	Sub
						Resultado de la metodología	↓ 6.70	45	0	Sub
91	1623262	NA-04	10345A	ATE-WTARTE	7.9	17/12/2012	↑ 9.82	66	0	Sub
						Resultado de la metodología	↓ 8.95	44	0	Sub
92	1624653	NA-04	10009A	ATE-WTARTE	8.0	18/03/2012	↑ 11.16	70	5	Sub/Sobra
						Resultado de la metodología	↓ 8.78	48	11	Sub/Sobra
93	1620317	NA-04	10394A	LURIGANCHO-CHOSCA	4.1	14/06/2012	↑ 27.02	187	0	Sub
						Resultado de la metodología	↓ 26.26	183	0	Sub
94	1670821	NA-04	10345A	LURIGANCHO-CHOSCA	3.6	20/12/2012	↑ 11.46	70	7	Sub/Sobra
						Resultado de la metodología	↓ 9.82	46	20	Sub/Sobra
95	746134	NA-05	04130A	CHAGLACAYO	12.1	10/09/2009	↓ 4.81	8	328	Sobra
						Resultado de la metodología	↑ 85.00	0	0	Sobra
96	889457	NA-05	01824S	LURIGANCHO-CHOSCA	3.2	16/05/2011	↓ 22.02	0	148	Sobra
						Resultado de la metodología	↑ 23.36	0	157	Sobra
97	1223051	NA-05	10641A	CHAGLACAYO	3.0	14/08/2013	↓ 25.89	123	51	Sub/Sobra
						Resultado de la metodología	↑ 32.30	115	104	Sub/Sobra
98	1411957	NA-05	04700A	ATE-WTARTE	5.2	28/05/2012	↑ 14.29	85	11	Sub/Sobra
						Resultado de la metodología	↓ 4.02	15	9	DR
99	1458534	NA-05	10704A	CHAGLACAYO	3.7	21/07/2010	↓ 10.92	0	275	Sobra
						Resultado de la metodología	↑ 59.47	0	0	Sobra
100	1523116	NA-05	04700A	LURIGANCHO-CHOSCA	8.1	14/02/2013	↓ 5.36	0	26	Sobra
						Resultado de la metodología	↑ 11.26	0	79	Sobra
101	1521982	NA-05	10550A	ATE-WTARTE	2.8	19/02/2013	↓ 8.48	47	10	Sub/Sobra
						Resultado de la metodología	↑ 9.82	33	33	Sub/Sobra
102	1528911	NA-05	11016A	ATE-WTARTE	5.9	23/07/2012	↓ 12.25	0	63	Sobra
						Resultado de la metodología	↑ 29.32	0	197	Sobra
103	1546701	NA-05	10704A	ATE-WTARTE	2.8	18/10/2013	↑ 5.51	35	2	Sub/Sobra
						Resultado de la metodología	↓ 3.42	20	3	DR
104	1550087	NA-05	11016A	CHAGLACAYO	10.7	26/12/2012	↓ 7.14	48	0	Sub
						Resultado de la metodología	↑ 7.23	44	5	Sub/Sobra

Resultados de los suministros en el alimentador NA-06

N°	SUMINISTRO	ALIMENTADOR	SED	DISTRITO	DISTANCIA A LA SED (Km)	METODOLOGIA APLICADA	% DEFICIENCIA	SUSTENSIÓN	SOBRETENSIÓN	RESULTADO
105	184375	NA-05	04786A	ATE-VITARTE	7.8	20122913	↓ 6.10	29	12	Sub/Sobre
						Resultado de la metodología	↓ 4.91	10	23	DFI
106	416245	NA-05	03526A	ATE-VITARTE	4.1	24072912	↓ 6.59	0	47	Entre
						Resultado de la metodología	↑ 19.35	0	130	Sobre
107	543307	NA-06	05735C	ATE-VITARTE	8.5	16012913	↓ 4.85	0	45	Entre
						Resultado de la metodología	↑ 19.35	0	130	Sobre
103	627806	NA-06	02675A	CHACLLACAYO	4.1	17122913	↑ 8.28	39	0	Sub
						Resultado de la metodología	↓ 6.40	43	0	Sub
109	622701	NA-06	03676A	CHACLLACAYO	4.7	16102912	↓ 27.53	0	185	Sobre
						Resultado de la metodología	↑ 24.97	0	235	Sobre
110	622031	NA-05	02676A	LUPASANCHO-CHOSICA	7.5	14022913	↑ 9.39	63	0	Sub
						Resultado de la metodología	↓ 5.21	25	0	Sub
111	832055	NA-06	01227A	CHACLLACAYO	6.7	15042913	↓ 82.74	0	55	Sobre
						Resultado de la metodología	↑ 88.09	0	55	Sobre
112	700189	NA-06	03844A	ATE-VITARTE	4.1	23112912	↑ 5.80	37	0	Sub
						Resultado de la metodología	↓ 5.21	35	0	Sub
113	936295	NA-05	04842A	LUPASANCHO-CHOSICA	11.2	17202912	↓ 49.55	0	203	Sobre
						Resultado de la metodología	↑ 65.87	0	211	Sobre
114	1011232	NA-05	04215A	ATE-VITARTE	3.5	15082913	↓ 13.64	0	53	Sobre
						Resultado de la metodología	↑ 23.81	0	169	Sobre
115	1077544	NA-05	01222A	ATE-VITARTE	4.0	17042913	↑ 12.71	185	0	Sub
						Resultado de la metodología	↓ 15.77	106	0	Sub
116	1212534	NA-06	05357C	ATE-VITARTE	7.6	16092912	↓ 15.77	0	100	Entre
						Resultado de la metodología	↑ 33.15	0	223	Sobre
117	1227567	NA-06	02672A	ATE-VITARTE	7.6	24052912	↓ 19.35	0	130	Sobre
						Resultado de la metodología	↑ 30.00	0	214	Sobre
118	1280844	NA-05	04215A	ATE-VITARTE	3.8	15072913	↓ 12.85	0	85	Sobre
						Resultado de la metodología	↑ 28.17	0	189	Sobre
119	1302148	NA-06	02637A	LUPASANCHO-CHOSICA	11.2	24072912	↓ 13.10	0	88	Sobre
						Resultado de la metodología	↑ 31.35	0	212	Sobre

Resultados de los suministros en el alimentador NA-06

N°	SUMINISTRO	ALIMENTADOR	SED	DISTRITO	DISTANCIA A LA SED (Km)	METODOLOGIA APLICADA	% DEFICIENCIA	SUBTENSION	SOBRETENSION	RESULTADO
125	142730	NA-06	01303S	LURIGANCHO-CHOSICA	12.7	20/11/2012	↓ 9.23	0	62	Sobre
						Resultado de la metodología	↑ 31.85	0	167	Sobre
121	144846	NA-05	10030A	ATE-MIARTE	6.8	15/04/2011	↓ 11.77	0	106	Sobre
						Resultado de la metodología	↑ 87.35	0	219	Sobre
122	146734	NA-05	02571A	ATE-MIARTE	7.6	15/03/2013	↑ 7.59	51	0	Sub
						Resultado de la metodología	↓ 4.76	32	0	DR
123	153479	NA-05	10030A	CHUCLACAYO	5.3	16/05/2013	↓ 5.80	8	29	Sobre
						Resultado de la metodología	↑ 16.82	0	113	Sobre
124	154584	NA-05	02640A	ATE-MIARTE	2.5	24/07/2012	↓ 13.18	0	61	Sobre
						Resultado de la metodología	↑ 31.10	0	209	Sobre
125	157403	NA-06	11140A	ATE-MIARTE	6.9	16/02/2012	↓ 12.35	6	63	Sobre
						Resultado de la metodología	↑ 33.78	8	227	Sobre
126	150706	NA-05	11137A	CHUCLACAYO	5.3	21/08/2012	↓ 44.85	0	295	Sobre
						Resultado de la metodología	↑ 53.72	0	361	Sobre
127	162120	NA-05	04042A	ATE-MIARTE	7.8	13/03/2013	↓ 6.95	14	33	Sub/Sobre
						Resultado de la metodología	↑ 8.04	6	48	Sub/Sobre
128	165314	NA-05	10044A	LURIGANCHO-CHOSICA	9.8	15/05/2012	↑ 6.10	41	0	Sub
						Resultado de la metodología	↓ 0.15	1	8	DR
129	165501	NA-06	11137A	LURIGANCHO-CHOSICA	2.1	21/11/2012	↑ 8.63	16	42	Sub/Sobre
						Resultado de la metodología	↓ 4.32	1	26	DR
130	165560	NA-05	00812A	ATE-MIARTE	6.9	20/04/2012	↓ 5.85	0	40	Sobre
						Resultado de la metodología	↑ 12.05	0	81	Sobre
131	1661304	NA-05	04042A	LURIGANCHO-CHOSICA	7.8	15/05/2013	↓ 11.31	5	70	Sub/Sobre
						Resultado de la metodología	↓ 13.79	0	123	Sobre
132	160812	NA-05	11222A	LURIGANCHO-CHOSICA	3.8	20/12/2013	↓ 5.65	0	38	Sobre
						Resultado de la metodología	↑ 17.98	0	118	Sobre