



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DEPARTAMENTO DE SEGURIDAD Y DEFENSA

CARRERA LICENCIATURA EN CIENCIAS NAVALES

**TESIS PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE LICENCIADO EN
CIENCIAS NAVALES**

AUTOR

RENATO ALFONSO AYALA VINCE

TEMA

**EL SISTEMA ENERGÉTICO Y SU CONTRIBUCIÓN EN EL USO
EFICIENTE DEL RECURSO ELÉCTRICO EN LA ESCUELA SUPERIOR
NAVAL "CMDTE. RAFAEL MORÁN VALVERDE"**

DIRECTOR

ING. IGNACIO MEZA

SALINAS, DICIEMBRE 2014

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo realizado por el estudiante RENATO ALFONSO AYALA VINCE, cumple con las normas metodológicas establecidas por la Universidad de la Fuerzas Armadas – ESPE, y se ha desarrollado bajo mi supervisión, observando el rigor académico y científico que la Institución demanda para trabajos de titulación, por lo cual autorizo se proceda con el trámite legal correspondiente.

Salinas, 08 de Diciembre de 2014

Atentamente

Ing. IGNACIO MEZA
Director de Tesis

DECLARACIÓN EXPRESA

El suscrito, RENATO ALFONSO AYALA VINCE , declaro por mis propios y personales derechos, con relación a la responsabilidad de los contenidos teóricos y resultados procesados, que han sido presentados en formato impreso y digital en la presente investigación, cuyo título es: “EL SISTEMA ENERGÉTICO Y SU CONTRIBUCIÓN EN EL USO EFICIENTE DEL RECURSO ELÉCTRICO EN LA ESCUELA SUPERIOR NAVAL “CMDTE. RAFAEL MORÁN VALVERDE”, son de mi autoría exclusiva, que la propiedad intelectual de los autores consultados, ha sido respetada en su totalidad y, que el patrimonio intelectual de este trabajo le corresponde a la Universidad de la Fuerzas Armadas - ESPE.

Renato Alfonso Ayala Vince

Autor

AUTORIZACIÓN

Yo, Renato Alfonso Ayala Vince

Autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE, la publicación en la biblioteca de la institución de la Tesis titulada: “EL SISTEMA ENERGÉTICO Y SU CONTRIBUCIÓN EN EL USO EFICIENTE DEL RECURSO ELÉCTRICO EN LA ESCUELA SUPERIOR NAVAL “CMDTE.RAFAEL MORÁN VALVERDE””, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Salinas, a los 8 días del mes de diciembre 2014

Renato Alfonso Ayala Vince

Autor

DEDICATORIA

A mis padres por su apoyo incondicional, por guiarme de la mejor manera y siempre creer en mí, a mis hermanas que han sido mis amigas y mis maestras en más de una ocasión, a mi abuela que es mi fortaleza y la razón de mi lucha día a día; todos ustedes han sido pilares fundamentales para poder culminar con éxito mi carrera.

AGRADECIMIENTO

A Dios por darme la sabiduría y guiar mis pasos, a la institución por permitirme ser parte de esta noble carrera y a los docentes por trasmitirme sus conocimientos, sin su aporte no habría sido posible la realización de este trabajo.

ÍNDICE DE CONTENIDO

CERTIFICACIÓN	ii
DECLARACIÓN EXPRESA	iii
AUTORIZACIÓN	iv
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTO	vi
ABREVIATURAS	xiii
RESUMEN	xiv
ABSTRACT	xv
INTRODUCCIÓN	xvi
CAPÍTULO 1	1
PROBLEMA SITUACIONAL DEL USO EFICIENTE DEL RECURSO ELÉCTRICO EN LA ESCUELA SUPERIOR NAVAL “CMDTE. RAFAEL MORÁN VALVERDE”	1
1.1. ANTECEDENTE DE LA INVESTIGACIÓN	1
1.2 JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA	1
1.3 PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN	2
1.4 OBJETIVOS	2
1.4.1 GENERAL	2
1.4.2 ESPECÍFICOS	2
1.5 HIPÓTESIS Y VARIABLES	3
1.5.1 HIPÓTESIS	3
1.5.2 VARIABLES	3
1.5.2.1 INDEPENDIENTE	3
1.5.2.2 DEPENDIENTE	3

CAPÍTULO II	4
FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	4
2.1 SISTEMA ELÉCTRICO	4
2.2 CONCEPTOS BÁSICOS EN UN SISTEMA ELÉCTRICO	4
2.2.1 VATIO	4
2.2.2 INTENSIDAD	5
2.2.3 DIFERENCIA DE POTENCIAL	5
2.2.4 FRECUENCIA	5
2.2.5 VOLTAJE	6
2.2.6 NIVEL DE VOLTAJE	6
2.2.7 FACTOR DE POTENCIA	10
2.2.8 DESEQUILIBRIO/DESBALANCE DE TENSIÓN.	12
2.2.9 EVALUACIÓN DEL DESEQUILIBRIO/DESBALANCE DE CORRIENTE.	12
2.2.10 DEMANDA	13
2.5 EFICIENCIA ENERGÉTICA	15
2.6 ANÁLISIS ENERGÉTICO	15
2.7 MANTENIMIENTO PREVENTIVO	17
2.8 MANTENIMIENTO CORRECTIVO	17
2.9 MANTENIMIENTO PREDICTIVO	18
CAPÍTULO III	19
METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN	19
3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN	19
3.2 POBLACIÓN Y MUESTRA	19
3.3 TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN	19
3.3.1 OBSERVACIÓN	19

3.3.2 INSTRUMENTOS A USAR	20
3.3.3 MÉTODOS UTILIZADOS	20
3.4 PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS	22
3.4.2 EVALUACIÓN DE LOS DATOS DEL ANALIZADOR DE ENERGÍA METREL	26
CAPÍTULO IV	36
4.1 JUSTIFICACIÓN	36
4.2 OBJETIVO	36
4.3 ASPECTOS TÉCNICOS OPERATIVOS RELACIONADOS CON LA PROPUESTA.	36
4.3.1 NIVEL DE VOLTAJE	36
4.3.2 DESBALANCE DE TENSIÓN	37
4.3.3 DESBALANCE DE CORRIENTE	37
4.3.4 VARIACIÓN DE FRECUENCIA	37
4.3.5 FACTOR DE POTENCIA	38
4.4 CÁLCULO DEL CONSUMO DE LUMINARIAS FLUORESCENTES	39
4.5 MANTENIMIENTO PREDICTIVO DEL SISTEMA ELÉCTRICO EN LA CÁMARA DE GUARDIAMARINAS	42
CONCLUSIONES	49
RECOMENDACIONES	50
BIBLIOGRAFÍA	51
ANEXOS	59

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 2.1: SISTEMA ELÉCTRICO	4
FIGURA 2.2: CORRIENTE ELÉCTRICA	5
FIGURA 2.3: BAJA Y ALTA FRECUENCIA	6
FIGURA 2.4: EFECTO DE VARIACIONES DE VOLTAJE	8
FIGURA 2.5: TRIANGULO DE POTENCIA	10
FIGURA 2.6: DISTORSIÓN ARMÓNICA	14
FIGURA 2.7: DIAGNÓSTICO ELÉCTRICO	16
FIGURA 2.8: MANTENIMIENTO ELÉCTRICO CORRECTIVO	17
FIGURA 2.9: MANTENIMIENTO ELECTRICO PREDICTIVO	18
FIGURA 3.1: ANALIZADOR DE ENERGÍA METREL	20
FIGURA 3.2: INSTALACIÓN DE METREL EN EL BANCO DE TRANSFORMADORES	25
FIGURA 4.1: BANCO DE CAPACITORES	38
FIGURA 4.2: REGULADOR DE FACTOR DE POTENCIA	39

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 2.1: NIVEL DE VOLTAJE	7
TABLA 2.2: CARACTERISTICAS DE LAMPARAS INCANDESCENTES	9
TABLA 3.1: ANÁLISIS DEL DISPOSITIVO METREL	26
TABLA 3.2: PROMEDIO DE NIVEL DE VOLTAJE	27
TABLA 3.3: PROMEDIO DE NIVEL DE CORRIENTE	29
TABLA 3.4: NIVEL DE FRECUENCIA	31
TABLA 3.5: FACTOR DE POTENCIA	32
TABLA 3.6: NIVEL DE THD DE VOLTAJE	34
TABLA 3.7: NIVEL DE THD DE CORRIENTE	34
TABLA 4.1: CÁLCULO DE CONSUMO DE FLUORESCENTE T8	40
TABLA 4.2: CÁLCULO DE CONSUMO DE FLUORESCENTE T5	40
TABLA 4.3: CÁLCULO DE CONSUMO DE LUMINARIAS LED	40
TABLA 4.4: VIDA ÚTIL Y COSTO DE LOS TIPOS DE LUMINARIAS	41
TABLA 4.5: CONSUMO ANUAL DE LUMINARIAS T8, T5 Y LED	41

ÍNDICE DE CUADRO

CUADRO 4.1: MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LA CÁMARA DE GUARDIAMARINAS	43
--	----

ABREVIATURAS

CONELEC	Consejo Nacional de Electricidad
IEEE	Instituto de ingeniería eléctrica y electrónica
ANSI	Instituto Nacional Estadounidense de Estándares
IEC	Comisión Electrotécnica Internacional.
rsm	Valor eficaz
LED	Diodo emisor de luz
SERCONTEL	Servicios y controles eléctrico
ESSUNA	Escuela Superior Naval

RESUMEN

En el presente proyecto de investigación se determinaron las fallas que tiene actualmente el sistema eléctrico de la ESSUNA tomando como muestra la cámara de guardiamarinas, posterior al análisis se proponen posibles soluciones como el mantenimiento preventivo, banco de capacitores, implementación de luminarias tipo t5 y LED para obtener el uso eficiente de energía eléctrica, estas soluciones podrán ser implementadas en cualquier área de la Escuela Superior Naval porque son aplicables a cualquier tipo de sistema eléctrico. El propósito de este proyecto es alcanzar la eficiencia energética debido a que la ESSUNA es un reparto de la armada nacional con conciencia marítima, comprometida ayudar a la conservación del ecosistema, razón suficiente para el óptimo uso de los recursos y la implementación de vías prácticas para el buen uso de la energía eléctrica y a su vez reducir costos por pérdida de esta en las actividades diarias

PALABRAS CLAVES: EFICIENCIA ENERGÉTICA, SISTEMA ELÉCTRICO, LUMINARIAS TIPO T5 Y LED, BANCO DE CAPACITORES, MANTENIMIENTO PREVENTIVO.

ABSTRACT

In the present investigation project were determined the fails that the ESSUNA electrical system has, taking the midshipman camera as a sample; after the analysis, it is proposed possible solutions like preventing maintenance, capacitors bank, implementation of t5 and LED lights types, to reach an efficient use of electrical energy. These solutions could be implemented in any area of the Superior Navy School because they are applicable to any kind of electrical system. The purpose of the project is to get the efficiency energetic, since the ESSUNA is a department of the Navy with maritime awareness, committed to help the ecosystem conservation, enough reason for the optimal use of resources and the implementation of practical ways for the correct use of electrical power and at same time to decrease costs for the loss of it in daily activities.

KEYWORDS: ENERGETIC EFFICIENCY, ELECTRICAL SYSTEM, T5 AND LED LIGHTS, CAPACITORS BANK, PREVENTING MAINTENANCE.

INTRODUCCIÓN

Actualmente la eficiencia energética es el objetivo principal a conseguir por las instituciones, instalaciones y edificios, ya que esta representa el buen uso de los recursos, abaratamiento de consumos y mayor durabilidad de los equipos; uno de los puntos importantes para conseguir este objetivo es tener un buen sistema eléctrico ya que este es la base de cualquier sistema energético. El sistema eléctrico que actualmente posee la Escuela Superior Naval alimenta diecinueve bancos de transformadores de los cuales se tomaron como muestra los transformadores del área de la cámara de guardiamarinas que a su vez provee de energía eléctrica al área de cocina, lavandería y cocina alterna; por medio de un análisis energético se obtuvieron los problemas o fallas más representativas que evitan alcanzar la eficiencia energética y a través de estas encontrar las soluciones de mayor factibilidad y viabilidad para que sean implementadas.

CAPÍTULO 1

PROBLEMA SITUACIONAL DEL USO EFICIENTE DEL RECURSO ELÉCTRICO EN LA ESCUELA SUPERIOR NAVAL “CMDTE. RAFAEL MORÁN VALVERDE”

1.1. ANTECEDENTE DE LA INVESTIGACIÓN

En el año de 1992 la Escuela Superior Naval “CMDTE. RAFAEL MORÁN VALVERDE”, se trasladó por segunda ocasión a la base naval en la ciudad de Salinas, con los servicios básicos limitados tales como agua potable, servicio de alumbrado y sistema eléctrico que no abastecían a toda la brigada de guardiamarinas; a medida que fueron transcurriendo los años estos servicios se han optimizado y se podría decir que en la actualidad los servicios básicos han mejorado.

No se han realizado proyectos anteriores en la Escuela Superior Naval “CMDTE. RAFAEL MORAN VALVERDE” sobre ahorro de energía eléctrica, sin embargo se han realizados estudios de optimización y desarrollo de diferentes áreas en la cual la energía eléctrica cumple una función fundamental en el desarrollo de la misma. Actualmente existe un sistema eléctrico deteriorado con más de 22 años de funcionamiento y sin un programa de mantenimiento, el cual genera un problema económico y ambiental en la institución.

1.2 JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

La eficiencia energética tiene como objetivo principal la obtención de una reducción en el consumo tanto de energía como en el costo económico, sin afectar el bienestar y la calidad de vida del ser humano. El resultado esperado será aumentar la eficacia y maximizar su beneficio, adoptando una serie de hábitos responsables e incluso la implementación de planes de acción cuya repercusión global sí es importante cuando son varias las personas que utilizan los recursos de manera eficiente.

La Escuela Superior Naval es el centro de formación integral de los oficiales de marina, con alta capacidad tecnológica en las actividades del régimen diario; de manera que uno de los principales recursos es la energía eléctrica, siendo está mal utilizada, por descuido o desconocimiento del uso de esta por parte de los guardiamarinas, personal de tripulación y personal civil, sin dejar de lado la falta o el no adecuado mantenimiento en el sistema eléctrico; por este motivo es necesario determinar métodos y vías de ahorro de consumo de energía eléctrica para su mejor aprovechamiento para el beneficio de todos los que son parte de la ESSUNA como oficiales , guardiamarinas , tripulantes y personal de servidores públicos con el fin de economizar gastos en la institución y ayudar a la preservación del ecosistema.

1.3 PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

Las actividades diarias en el régimen de la Escuela Superior Naval demanda un alto consumo de energía eléctrica, debido al uso inconsciente de la misma por parte del personal de guardiamarinas, personal de tripulación y personal civil, además las fugas de energía eléctrica por falta de mantenimiento de las instalaciones eléctricas en la institución.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 GENERAL

Proponer métodos y vías de ahorro de energía eléctrica en la cámara de guardiamarinas como modelo para una futura implementación en las demás áreas de la Escuela Superior Naval.

1.4.2 ESPECÍFICOS

- Diagnosticar el sistema eléctrico actual y sus condiciones de servicio en la cámara de guardiamarinas de la Escuela Superior Naval.
- Realizar un análisis para hallar los medios necesarios que ayudaran a aprovechar de manera eficiente el consumo de energía

eléctrica en el sistema eléctrico de la cámara de guardiamarinas en la Escuela Superior Naval.

- Proponer la implementación de cambio de luminarias de t8 a t5 o LED, corrección del factor de potencia y el cumplimiento de un mantenimiento preventivo a los bancos de transformadores y equipos utilizados en la cámara de guardiamarinas.

1.5 HIPÓTESIS Y VARIABLES

1.5.1 HIPÓTESIS

El uso de medios necesarios para el ahorro de energía eléctrica beneficia económicamente a la cámara de la Escuela Superior Nava.

1.5.2 VARIABLES

1.5.2.1 INDEPENDIENTE

Sistema energético o eléctrico en la cámara de Escuela Superior Naval.

1.5.2.2 DEPENDIENTE

Aprovechamiento del recurso eléctrico en la cámara de la Escuela Superior Naval.

CAPÍTULO II

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1 SISTEMA ELÉCTRICO

(Arroyo, 2008) Se define al sistema eléctrico como el conjunto de líneas, elementos, dispositivos, instalaciones que conforman el sistema de transporte de energía desde las centrales productoras hasta el lugar suministrado, el objetivo primordial es unir las centrales generadoras con las instalaciones de abonado eléctricamente y de esta manera alcanzar el uso eficiente de la energía. (Ver figura 2.1)

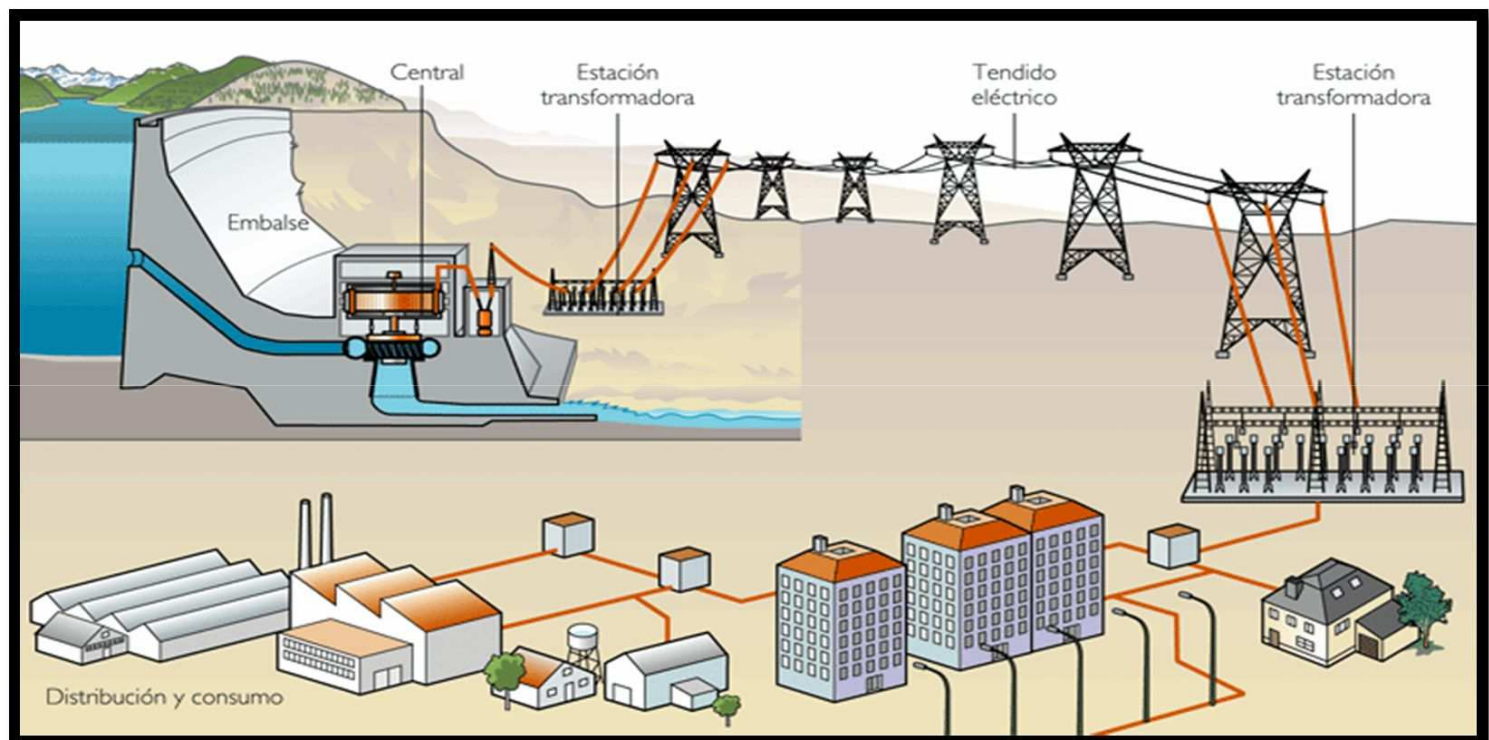


Figura 2.1: SISTEMA ELÉCTRICO
Fuente: WWW.GOOGLE.COM.EC/URL

2.2 CONCEPTOS BÁSICOS EN UN SISTEMA ELÉCTRICO

2.2.1 VATIO

Según (IÑIGUEZ, 2012) También conocido como watt, es igual a 1 joule por segundo (1J/s) y se define como la potencia causada por una diferencia de potencial de un amperio y un voltio su símbolo es (w).

Los dispositivos eléctricos de poca potencia se expresan en vatios (w); y aquellos que necesitan gran potencia son expresados en kilovatios (kW).

2.2.2 INTENSIDAD

Es la cantidad o flujo de carga eléctrica que pasa por un conductor (Ver figura 2.2), también se lo define como la cantidad de Coulomb que atraviesa una sección de un conductor en una unidad de tiempo y su resultado es 1 Amper. (CORREIA, 2012)

$$I = \frac{q}{t}$$

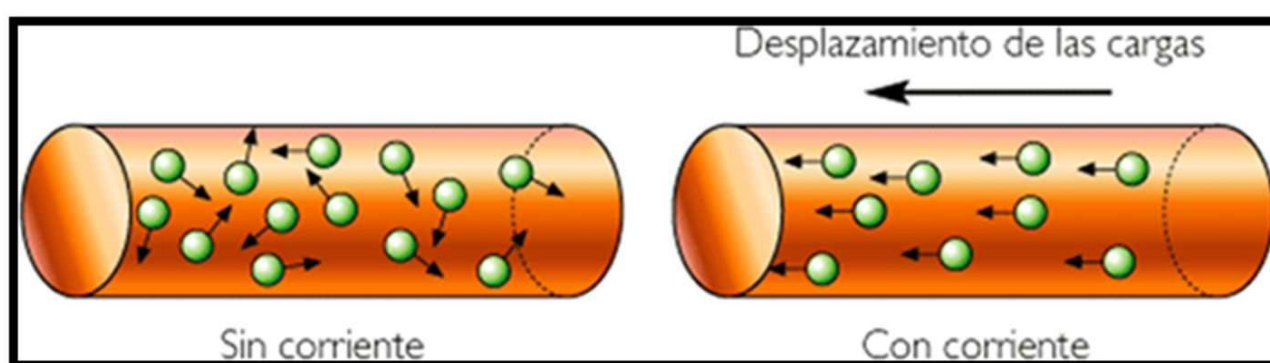


Figura 2.2: CORRIENTE ELÉCTRICA
Fuente: 100CIA.UCOZ.COM

2.2.3 DIFERENCIA DE POTENCIAL

Según (IÑIGUEZ, 2012) Para realizar trabajo sobre una partícula esta requiere de una cantidad específica de energía eléctrica constante y se la denomina diferencia de potencial. El trabajo se lo realiza mientras las partículas se mueven a través de un conductor y se mide en volt, el trabajo efectuado equivale a un joule.

2.2.4 FRECUENCIA

Según (IÑIGUEZ, 2012) Se define frecuencia como la magnitud o cantidad que evalúa el número de repeticiones por 1 segundo de cualquier suceso repetitivo, luego estas repeticiones se dividen por un tiempo transcurrido y se

miden en hercios (Hz) según el SI, en Ecuador se adopta como frecuencia estándar 60 Hz. (Ver figura 2.3).

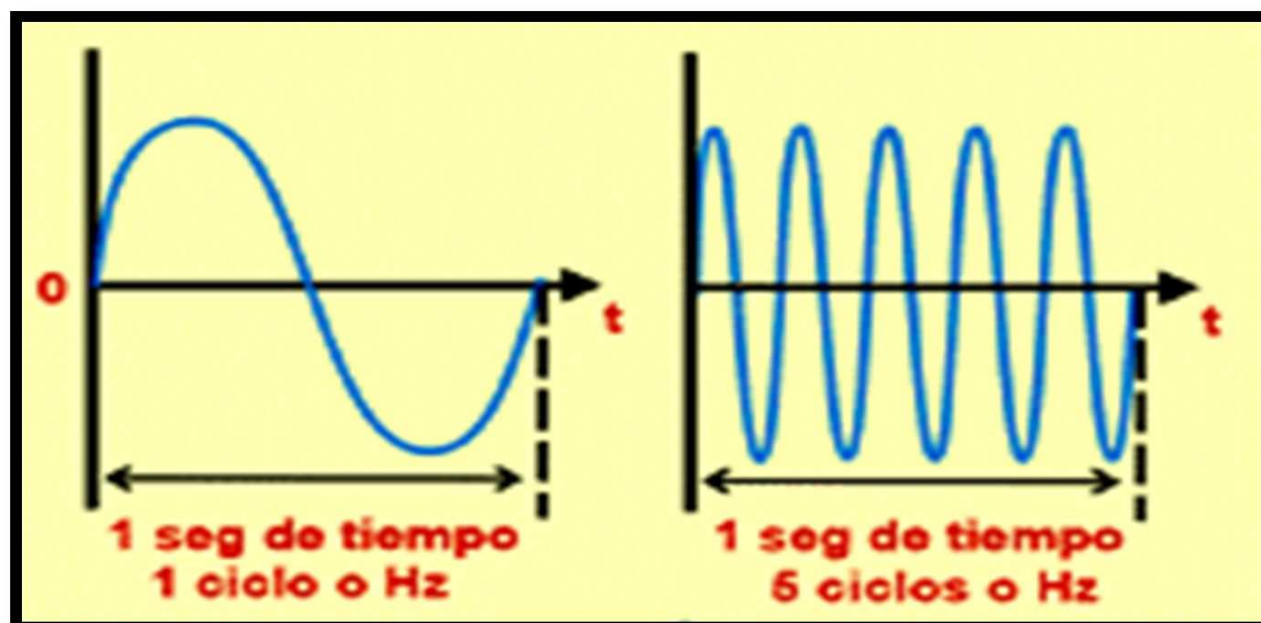


Figura 2.3: BAJA Y ALTA FRECUENCIA
Fuente: WWW.ASIFUNCIONA.COM

2.2.2.4 VARIACIÓN DE FRECUENCIA.

Según (Jadan, 2009) Las variaciones de la frecuencia son distorsiones definidas como la desviación de la frecuencia nominal; es decir la frecuencia normal de un sistema de su valor fundamental. (En Ecuador es igual a 60Hz).

- Frecuencia mínima= $60 - 0.6 = 59.4$ Hz.
- Frecuencia máxima= $60 + 0.6 = 60.60$ Hz.

Según la norma ANSI C84.1 El valor resultante de variación de frecuencia debe estar dentro del rango establecido (Narvaez, 2014)

2.2.5 VOLTAJE

Se define voltaje como el ambiente o el diferencial eléctrico entre dos cuerpos, considerando que si estos establecen un contacto de flujo de electrones, habrá transferencia de energía. (STEFANI, 2013)

2.2.6 NIVEL DE VOLTAJE

Según (Paredes, 2006) Existen tres niveles de voltaje: bajo voltaje (BV), medio voltaje (MV) y alto voltaje (AV).

Según la regulación-01 del CONELEC 004 en el Ecuador el suministro entregado es de 120V a 60 Hz, la calidad del Nivel de Voltaje eléctrico se mide usando la siguiente fórmula:

$$\Delta V_k(\%) = \frac{V_k - V_n}{V_n} * 100$$

Donde:

- ΔV_k : variación de voltaje
- V_k : voltaje eficaz (r.m.s.)
- V_n : voltaje nominal en el punto de medición.

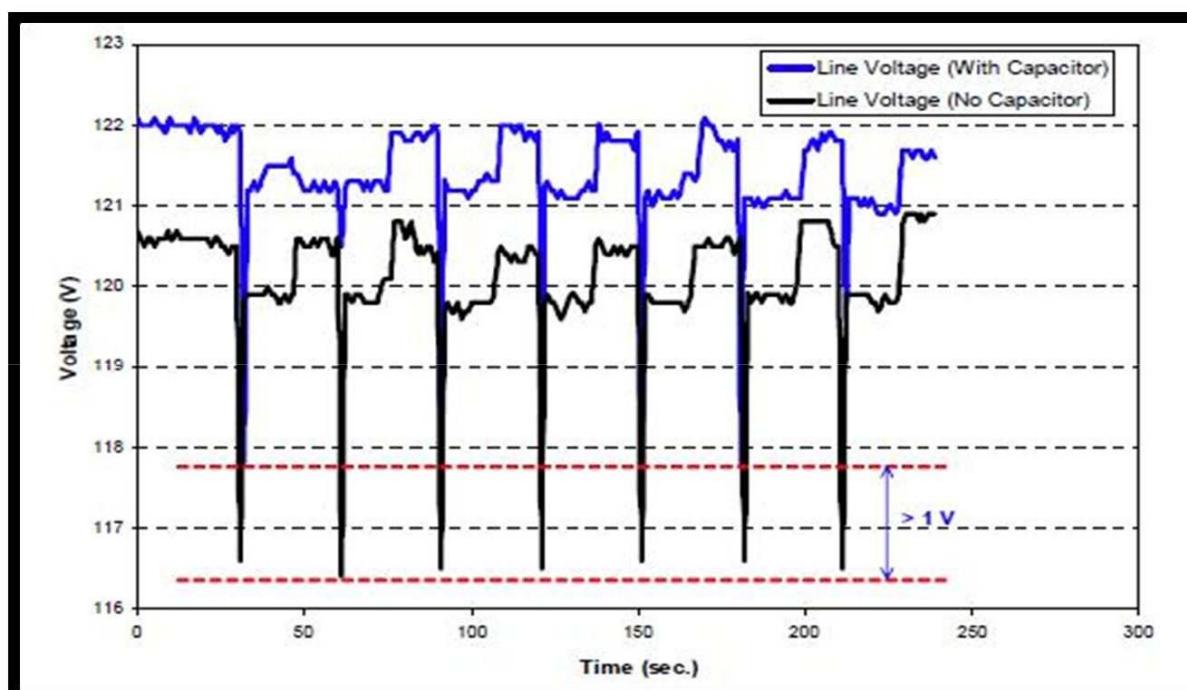
Cuando se realiza un análisis de energía eléctrica y los resultados obtenidos en la medición no están de acuerdo a lo mostrado en la tabla (Ver figura 2.4) significa que no se está cumpliendo con los niveles de voltaje; un factor importante es la zona en donde se realiza la medición o diagnóstico que puede ser zona rural o zona urbana. (guachamin cheza vicente, 2011)

Tabla 2.1: NIVELES DE VOLTAJE

SUBETAPAS	SUBETAPA 1	SUBESTAPA 2
Alto Voltaje	±7,0 %	±5,0%
Medio Voltaje	±10.0%	±8,0%
Bajo Voltaje. Urbana	±10,0%	±8,0%
Bajo Voltaje. Rurales	±13,0%	±10,0%

Fuente: ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

Figura 2.4: EFECTO DE LAS VARIACIONES DE VOLTAJE



Fuente: http://todoproductividad.blogspot.com/2012/09/efecto-de-las-variaciones-de-voltaje-y_2715.html

La desviación o desbalance de voltaje es una de las principales afectaciones o causantes de la reducción de la vida útil de los equipos eléctricos tomando como referencia los valores de la placa características de cada uno de estos.

- **LÁMPARAS INCANDESCENTES**

Según (TODO PRODUCTIVIDAD, 2012) El voltaje es el principal determinante de la vida útil de las lámparas y la salida de luz de estas, estos parámetros se muestran en la tabla. (Ver Tabla 2.2)

La diferencia de las lámparas incandescentes con las lámparas fluorescentes, es determinada porque las primeras generan mayor cantidad de calor, pero las fluorescentes están fabricadas con sustancias más tóxicas por esta razón es recomendable evitar cualquier tipo de contacto los primeros segundos con lámparas fluorescentes quebradas, fisuradas o partidas ya que los gases que esta emana son nocivos para las personas.

Tabla 2.2: CARACTERÍSTICAS DE UNA LÁMPARA INCANDESCENTE

VOLTAJE APLICADO (V)	CAPACIDAD DE LA LÁMPARA					
	120v		125v		130v	
	% Vida útil	% luz	% Vida útil	% luz	% Vida útil	%Luz
105	575	64	880	55	0	0
110	310	74	525	65	880	57
115	175	87	295	76	550	66
120	100	100	170	88	280	75
125	58	118	100	110	165	88
130	34	132	59	113	100	100

Fuente: TODO PRODCUTIVIDAD

- **LÁMPARAS FLUORESCENTES**

El voltaje es el encargado de la salida de luz y la vida útil de los balastos de las lámparas en los cuales la variación de la cantidad de luz es directamente proporcional al aumento en el 1% del voltaje y de igual manera la reducción de esta. (TODO PRODUCTIVIDAD, 2012).

- **LÁMPARAS DE DESCARGA DE ALTA INTENSIDAD (HID) (MERCURIO, SODIO Y HALUROS METÁLICOS).**

Según (TODO PRODUCTIVIDAD, 2012) En este tipo de luminarias el voltaje no afecta de igual manera que a las lámparas incandescentes y fluorescentes, ya que el balastro de reactancia que poseen las lámparas (HID)

la cual se opone al paso de corriente en cierta cantidad a la luminaria , es decir que existirá una variación del 12% en la salida de la luz por un 5 % en el voltaje de su terminal y estas pueden obtener graves averías cuando el voltaje terminal llega a ser menor del 75% del voltaje nominal.

2.2.7 FACTOR DE POTENCIA

Según (Wildi, 2007) Se define al factor de potencia como la relación de la potencia activa (P) y la potencia aparente (S) es decir: (Ver figura 2.5)

$$\text{factor de potencia} = \frac{P}{S}$$

P = potencia activa.

S = potencia aparente.

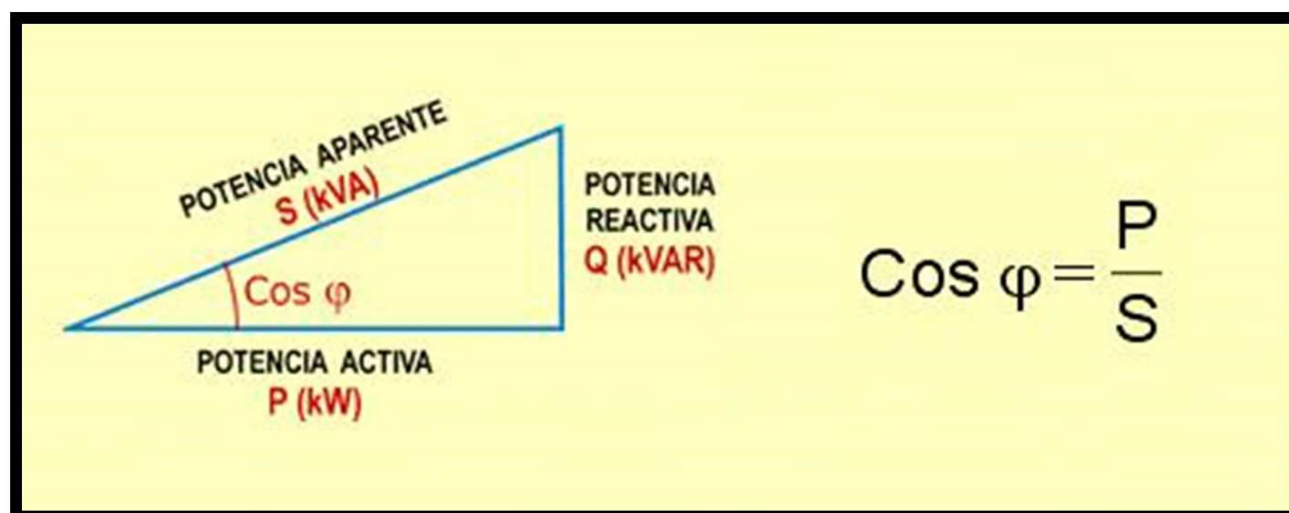


Figura 2.5: TRIANGULO DE POTENCIA
Fuente: ramaucsa.wordpress.com

El factor de potencia se lo expresa como un número adimensional o como porcentaje; el factor de potencia nunca puede ser mayor a la unidad o al 100% ya que la potencia activa nunca será mayor a la potencia aparente (Wildi, 2007).

Según (Vargas, 2003) La potencia reactiva Q, es necesaria para producir el flujo electromagnético ya que no produce un trabajo físico en los equipos a diferencia de la energía activa, aunque la energía reactiva es la encargada de

poner en funcionamiento elementos tales como: motores, alternadores, lámparas, condensadores, equipos de refrigeración, bombas y otros equipos similares. Cuando aumenta la cantidad de equipos de este tipo en un sistema eléctrico también aumentará la cantidad de energía reactiva, lo cual produce una disminución exagerada del factor de potencia. Una alta demanda de energía reactiva puede ocasionarse por causa de:

- Mayor número de motores.
- Presencia de equipos de aire acondicionado, calefacción y enfriamiento.
- Una sub-utilización de la capacidad instalada en equipos electromecánicos y eléctricos.
- Mal estado físico de los equipos, red eléctrica, y sistema eléctrico de la institución.

Según la norma CONELEC 004-01, el valor mínimo de factor de potencia es de 0.92. (Narvaez, 2014)

A mayor aproximación del factor de potencia a la unidad, mayor es el uso eficiente de energía eléctrica y a menor número del factor de potencia, equivale a la pobre utilización del recurso eléctrico.

2.2.7.2 INCONVENIENTES POR FACTOR DE POTENCIA BAJO

Al suscriptor:

- Mayor flujo de corriente eléctrica.
- Elevadas caídas de tensión y pérdidas en los conductores.
- Incrementa la potencia en los transformadores, plantas eléctricas, y menor capacidad en los conductores y reducción de su vida útil.
- Aumenta la temperatura de los conductores y decrece su aislamiento.
- Mayor consumo de electricidad. (Vargas, 2003)

A la empresa distribuidora de energía:

- Los equipos de generación aumentan su capacidad de producción de KVA para poder abastecer la demanda del sistema.

- Mayor capacidad de transformación y transporte de energía en los alternadores, de igual manera la capacidad de distribución y transmisión en las líneas del sistema.
- Baja regulación de voltaje y fuertes caídas de tensión. (Vargas, 2003)

2.2.8 DESEQUILIBRIO/DESBALANCE DE TENSIÓN

Según (Alejandro, 2009) Se define al desequilibrio de tensión o de voltaje en un sistema eléctrico como la máxima variación de la tensión de una de las fases del voltaje promedio, dividido por la tensión promedio de las tres líneas.

El desbalance de tensión o voltaje en un sistema eléctrico trifásico

$$\bar{V} = \frac{V1+V2+V3}{3} \quad \text{Voltaje Promedio}$$

$$\delta = |V - \bar{V}| \quad \text{Desviación máxima}$$

$$\%Desb = \left(\frac{\delta}{\bar{V}}\right) * 100\% \quad \text{Desbalance de tensión}$$

Según la norma ANSI C50.41.4.2 la cantidad máxima de desbalance de tensión es de 1% y de igual manera la norma IEC34.1.12.2.1 establece que los motores podrán efectuar trabajo durante un periodo largo de tiempo sin ningún problema con dicho nivel de voltaje hasta máximo de 1.5%. (Narvaez, 2014)

2.2. EVALUACIÓN DEL DESEQUILIBRIO/DESBALANCE DE CORRIENTE.

Si en un sistema eléctrico trifásico o bifásico no circula la misma cantidad de flujo se dice que el sistema tiene un desbalance de corriente y a futuro podría ocasionar daños en los equipos eléctricos como: sobrecalentamiento de los cables, falsos contactos, aumento de consumo de energía,

penalizaciones por la empresa suministradora, daño en los transformadores, etc. No existe circulación del flujo de energía por el conductor neutro cuando el sistema está equilibrado. (Alejandro, 2009)

La fórmula que determina el desequilibrio de corriente es:

$$\bar{I} = \frac{I_1 + I_2 + I_3}{3} \quad \text{Corriente promedio}$$

$$\delta = |I - \bar{I}| \quad \text{Desviación máxima}$$

$$\%Desb = \left(\frac{\delta}{\bar{I}} \right) * 100\% \quad \text{Desbalance de corriente}$$

La norma IEEE 1159 establece que el valor máximo permitido de desequilibrio de corriente no debe exceder el 10%. (Narvaez, 2014)

2.2.10 DEMANDA

Se define como demanda eléctrica a la potencia que existe en un sistema eléctrico en un intervalo de corto tiempo que puede ser de 10,20,30 minutos dependiendo de la empresa eléctrica y el país; en el Ecuador la demanda es calculada en un periodo de 15 minutos. (WALTER BROKERING, 2008)

2.2.10.1 DEMANDA MÁXIMA

Es la mayor potencia consumida por un sistema eléctrico en un intervalo de tiempo establecido. La empresa eléctrica ha determinado dos diferentes tipos de demanda máxima y las crearon de acuerdo a los horarios de mayor consumo de energía eléctrica, denominadas como “punta” y “fuera de punta”

siendo la primera la que representa el mayor cobro de consumo en un intervalo de 15 minutos. (ELECTRO INDUSTRIAS, 2009).

2.2.11 DISTORSIÓN ARMÓNICA (THD-TOTAL HARMONIC DISTORTION)

Según (RAMIREZ, 2005) Existe una señal distorsionada cuando existen variaciones o deformaciones en la onda senoidal de la intensidad o el voltaje de un sistema eléctrico.

La distorsión armónica se puede originar por:

- Arranque de motores, efectos de tormentas, conmutación de capacitores, o por cortocircuitos o situaciones similares.
- Armónicos de estado estable.

Es normal que exista cierta distorsión armónica, siempre que esta sea menor y no represente ningún daño al sistema eléctrico, es por esta razón que se determinan mediante normas establecidas las cuales indican el rango permitido de distorsión. (Ver figura 2.6)

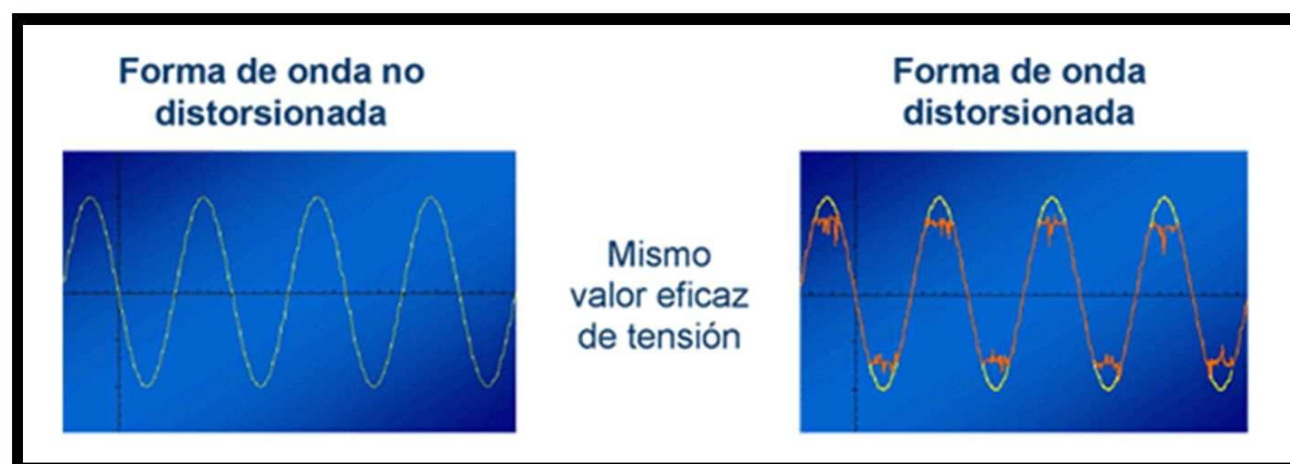


Figura 2.6: DISTORSIÓN ARMÓNICA
Fuente: www.prolyt.com

2.2.11.1 THD VOLTAJE Y CORRIENTE.

Según (RAMIREZ, 2005) Denominada como distorsión armónica total, es el índice que determina la distorsión o variación que una onda electromagnética tiene con respecto a su forma fundamental.

- **THD Voltaje.**

Según la norma IEEE – 519 el nivel de armónicos de voltajes permitidos es THD máx. 5%. (Narvaez, 2014)

- **THD Corriente.**

Según la norma IEEE – 519 el nivel de armónicos de corrientes permitidos es THD máx. 15 %. (Narvaez, 2014)

2.3 EFICIENCIA ENERGÉTICA

Se define como eficiencia energética al ahorro de energía más el consumo necesario de la misma sin reducir la capacidad, tiempo de operación y calidad de los equipos eléctricos; es decir satisfacer los requerimientos del consumo diario, pero esto se logra con el uso consciente del recurso eléctrico. (SIANCHA, 2013)

2.4 ANÁLISIS ENERGÉTICO

Según (ZABALZA, 2010) Una de las medidas más útiles para el ahorro de energía en instalaciones son los diagnósticos energéticos, que aunque no conlleven a un ahorro directo de energía, sirven para detectar tanto las ineficiencias existentes como para evaluar las posibles mejoras o soluciones a las mismas. Estos estudios están dirigidos a cualquier tipo de construcción que desee conocer el grado de eficiencia energética de sus instalaciones.

Los principales objetivos, desde el punto de vista de eficiencia energética y los modelos de demanda energética de energía, pueden ir desde proponer y evaluar consecuentemente una lista justificada de medidas de mejora dirigidas a alcanzar un uso más eficiente de la energía, hasta estudiar la viabilidad de integración de sistemas de energías renovables.(Ver figura 2.9)



Figura 2.7: DIAGNÓSTICO ELÉCTRICO
 Fuente: arcflashsaltillodss.blogspot.com

En el diagnóstico energético se realiza una evaluación de flujos energéticos y de agua que atraviesan las fronteras de los edificios, valorando los gases emitidos y la contaminación asociada al consumo de dichos fluidos, la elaboración de estos estudios conlleva la realización de algunas de las siguientes actividades:

- Recopilación y análisis de datos, equipos instalados, facturas etc.
- Monitorización de edificios y equipos, incluyendo el diseño e instalaciones de sistemas capaces de almacenar los datos más representativos del consumo energético.
- Identificación de ineficiencias en equipos térmicos y eléctricos, en la envolvente de la instalación.
- Definición de actuaciones de mejora encaminadas a solventar las ineficiencias encontradas, incluyendo estudios preliminares de rentabilidad para la mejora de la envolvente, la integración de energía renovable.
- Estudios termográficos incluyendo análisis de aislamiento, localización de humedades, localización de entrada y salida de aire, detección de puentes térmicos, localización de posibles fisuras en paredes y techos, ubicación de pérdidas de cañería empotradas en general, análisis de pavimento, pérdidas de sistema de calefacción.

Con la realización de un diagnóstico energético se consigue:

- Conocer con cierto detalle el estado actual de las instalaciones.
- Obtener los potenciales de ahorro de energía que tienen las instalaciones si se acometiesen las recomendaciones que se proponen.
- Desarrollar una contabilidad energética básica de los consumos existentes, para poder evaluar posteriormente su situación y el efecto de las medidas planteadas.
- Obtener una estimación de la distribución de la energía consumida y de las posibles pérdidas que existen. (ZABALZA, 2010)

2.5 MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Según (CASTELLANOS, s.f.) Es el tipo de mantenimiento con el objetivo de alargar la vida útil de los equipos implementando inspecciones continuas y revisión de los equipos o dispositivos eléctricos y que se encuentren trabajando con las mejores condiciones a fin de evitar pérdidas energéticas en el sistema y de igual manera reparaciones futuras.

2.6 MANTENIMIENTO CORRECTIVO

Es aquel mantenimiento en el cual se cambian, se reponen o se corrigen los equipos que no se encuentran operativos en el sistema eléctrico. (Ver figura 2.10) (UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA).



Figura 2.8: MANTENIMIENTO ELÉCTRICO CORRECTIVO
Fuente: <http://www.leanoticias.com/>

2.7 MANTENIMIENTO PREDICTIVO

Según (UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA) se realizan mayor frecuencia de inspecciones en el sistema eléctrico en funcionamiento, se efectúa un análisis energético con los equipos operativos, con el fin de optimizar su uso y evitar fallas o averías en el sistema de transporte de energía y todo el conjunto de equipos que intervienen en este. (Ver figura 2.11).



Figura 2.9: MANTENIMIENTO ELÉCTRICO PREDICTIVO
Fuente: www.sieogroup.com

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN

El tipo de investigación que se realizó en la Cámara, las áreas de lavandería y cocina de la Escuela Superior Naval fue la investigación de campo que a su vez se deriva en el estudio descriptivo mostrando los hechos como son observados, determinando los parámetros para obtener los resultados del uso ineficiente de energía eléctrica, el objetivo principal de esta investigación es descubrir la solución para algunos problemas que actualmente existen en la cámara de guardiamarinas.

En este tipo de investigación lo primero que se realizó es un diagnóstico de la situación presente en el problema del sistema eléctrico de la cámara de guardiamarinas, después se verificó las necesidades que se requerían en la situación mencionada y por medio de estas se pudo realizar la propuesta.

3.2 POBLACIÓN Y MUESTRA

Debido a que el objeto de la investigación son las instalaciones que requieren energía eléctrica y basando el análisis en la cámara de guardiamarinas, no se tomará como objeto de estudio a las personas que se encuentran en la Escuela Superior Naval.

3.3 TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN

La ficha de observación es una técnica, la cual describirá el objeto de estudio o análisis; mostrando la ineficiencia energética, daños o anomalías que presente el sistema eléctrico en la cámara de guardiamarinas.

3.3.1 OBSERVACIÓN

Es una técnica objetiva en la cual se muestran los hechos estableciendo de antemano que aspectos se han de estudiar como los problemas que tiene el sistema eléctrico en la cámara de guardiamarinas. (DELGADO, 2009)

3.3.2 INSTRUMENTOS A USAR

Mediante un analizador de calidad de la energía eléctrica **METREL MI 2092** (Ver figura 3.1) se obtuvieron datos registrados en tiempo real, específicamente de voltaje y corriente, iniciando desde las 12:59 horas del día 18 de Agosto, hasta las 08:23 horas del día 21 de Agosto del presente año, para su posterior análisis, y en función de los resultados (aquellos que no cumplan las normas establecidas) dar paso a la búsqueda de posibles soluciones propuestas a implementarse en la Escuela Superior Naval.



Figura 3.1: ANALIZADOR DE ENERGÍA METREL
FUENTE: SERCONTEL

Principales características del Analizador de la Calidad de la Energía METREL

- Registro, control y análisis en tiempo real de sistemas de energía monofásicos, bifásicos y trifásicos.
- Datos de registro:
 - Corriente r.m.s.
 - Tensión r.m.s.
 - Potencia
 - Factor de potencia
 - Análisis estadísticos
 - Anomalías y armónicos
 (Narvaez, 2014)

3.3.3 MÉTODOS UTILIZADOS

El método deductivo se utilizó para analizar el problema del uso ineficiente de energía eléctrica en la ESSUNA, va de lo general a lo particular, encontrando todas las posibles fallas o anomalías las cuales hacen que no se obtenga la eficiencia energética en la cámara de guardiamarinas.

Independientemente de determinar el número y localización de instrumentos de instalación permanente, deben seleccionarse los instrumentos portátiles que puedan requerirse para el diagnóstico. En muchos casos, uno sólo de éstos puede económicamente sustituir a varios instrumentos en diferentes localizaciones y puntos de medición de la misma índole como lo es el analizador de calidad de energía METREL. (Narvaez, 2014)

Para el presente trabajo se utilizaron tres de las cuatro etapas para desarrollar un estudio de análisis energético.

3.3.3.1 PREAUDITORÍA O PREDIAGNÓSTICO

En esta etapa, se realizó una primera visita a las instalaciones de la Cámara de la Escuela Superior Naval, obteniendo información sobre protocolos de actuación, manipulación los equipos, métodos de trabajo, y consumos eléctricos.

El objetivo de la primera fase del análisis energético es detectar los puntos vulnerables que ocasionan malas prácticas y consumo innecesarios, para determinar las posibles futuras soluciones. (Narvaez, 2014)

3.3.3.2 TOMA DE DATOS

En esta fase es muy importante la cantidad de equipos, horas de trabajo de los mismos y la potencia que demandan, asociado a las características de las placas de cada uno



Los datos deben ser representativos para obtener un análisis completo del sistema. Es importante durante esta etapa, contar con la colaboración del personal de la ESSUNA, específicamente con el encargado de mantenimiento. (Narvaez, 2014)

3.3.3.3 DIAGNÓSTICO.

Las dos etapas anteriores determinan el diagnóstico permitiendo identificar los puntos vulnerables y la causa de la ineficiencia energética y posterior a estas establecer las medidas para corregir las fallas o averías en el sistema eléctrico de la cámara de Guardiamarinas. (Narvaez, 2014)

3.4 PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS

3.4.1 FICHA DE OBSERVACIÓN

INVESTIGADOR: AYALA VINCE RENATO ALFONSO	
FECHA: 25/09/2014	FICHA No: 1
LOCALIDAD : CÁMARA DE GUARDIAMARINAS	
ÁREA OBSERVADA : BANCOS DE TRANSFORMADORES DE LA CÁMARA DE GUARDIAMARINAS	
ENFOQUE DE LA OBSERVACIÓN: DETERMINAR EL ESTADO ACTUAL DE LOS BANCOS DE TRANSFORMADORES Y SUS POSIBLES CONSECUENCIAS.	
OBSERVACIONES:	
	
COMENTARIOS: EL ESTADO ACTUAL EN EL QUE SE ENCUENTRA LOS BANCOS DE TRANSFORMADORES DE LA CÁMARA DE GUARDIAMARINAS; SE OBSERVAN DIFERENTES TIPOS DE DESECHOS Y POLVO, QUE EN LA MAYORÍA DE CASOS PROVOCAN FALSOS CONTACTOS GENERANDO MAYOR CONSUMO DE ENERGÍA Y AUMENTAN LOS RIESGOS DE POSIBLES CONATOS, LAS CONEXIONES ESTÁN FLOJAS POR LO TANTO NO SE ENCUENTRAN SEGURAS.	

INVESTIGADOR: AYALA VINCE RENATO ALFONSO	
FECHA: 25/09/2014	FICHA No: 2
LOCALIDAD : CÁMARA DE GUARDIAMARINAS	
ÁREA OBSERVADA : SALA DE BOMBAS	
ENFOQUE DE LA OBSERVACIÓN: DETERMINAR EL ESTADO ACTUAL DE LA SALA DE BOMBAS, TABLERO PRINCIPAL Y SUS POSIBLES CONSECUENCIAS.	
OBSERVACIONES:	
	
COMENTARIOS: EN EL TABLERO PRINCIPAL QUE ALIMENTA A LAS CALDERAS Y BOMBAS DE LA CÁMARA, LAVANDERÍA Y COCINA SE OBSERVÓ UN TABLERO SIN SU TAPA PROTECTORA, EXISTE UNA RAMIFICACIÓN CLANDESTINA QUE A SU VEZ ALIMENTA A LA COCINA ALTERNA, CABLES SIN LA CORRECTA ESTIBA Y DE IGUAL MANERA LA LIMPIEZA; LOS EQUIPOS SE ENCUENTRAN OPERATIVOS CON LIMITACIONES DEBIDO A SU TIEMPO DE SERVICIO.	

INVESTIGADOR: AYALA VINCE RENATO ALFONSO	
FECHA: 25/09/2014	FICHA No: 3
LOCALIDAD : CÁMARA DE GUARDIAMARINAS	
ÁREA OBSERVADA : COCINA ALTERNA	
ENFOQUE DE LA OBSERVACIÓN: DETERMINAR EL ESTADO ACTUAL DEL SISTEMA ELÉCTRICO EN LA COCINA ALTERNA DE LA CÁMARA DE GUARDIAMARINAS.	
OBSERVACIONES:	
	
COMENTARIOS: EL TABLERO QUE ALIMENTA A LA COCINA ALTERNA SE LO ENCONTRÓ EN ÓPTIMAS CONDICIONES DE LIMPIEZA SEGURIDAD Y ESTIBA DE CABLEADO.	

Basándose en la etapa de diagnóstico se realizó el estudio de los datos obtenidos con el analizador de energía METREL. (Ver figura 3.2)

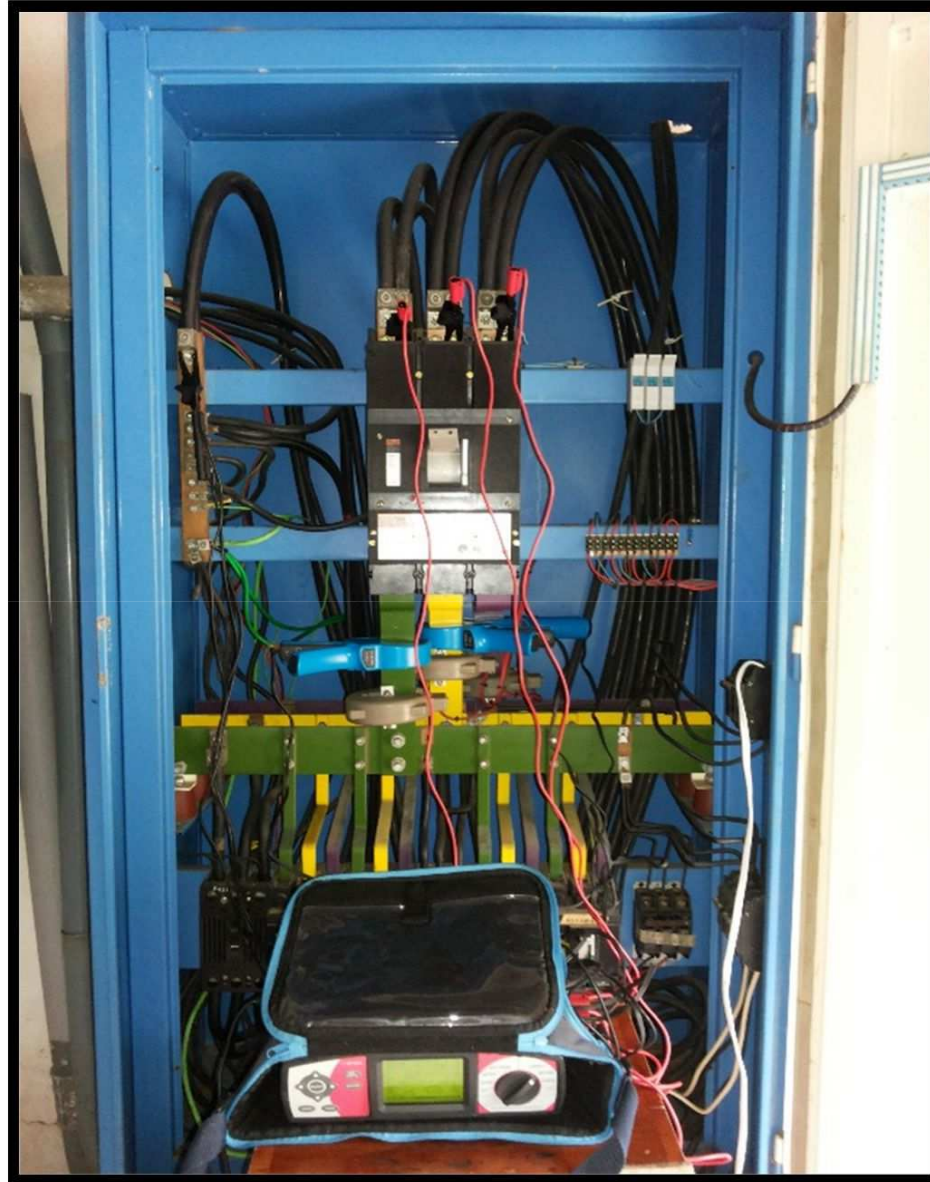


Figura 3.2: INSTALACIÓN DEL DISPOSITIVO METREL
Fuente: CÁMARA DE GUARDIAMARINAS
Elaborado por: Autor

A continuación se presenta el análisis de los datos obtenidos del analizador de energía eléctrica METREL que resume el estudio, el cual se irá desarrollando ítem por ítem:

Tabla 3.1: ANÁLISIS DE RESULTADOS DEL DISPOSITIVO METREL

ANÁLISIS	NORMA	PERMITIDO	MEDIDO	OBSERVACIÓN
NIVEL DE VOLTAJE	CONELEC 004-01	±8%	8,85%	NO CUMPLE
DESBALANCE DE TENSION	ANSI C50.41.4.2 IEC 34.1.12.2.1	1%	3,83%	NO CUMPLE
DESBALANCE DE CORRIENTE	IEEE 1159	10%	27,67%	NO CUMPLE
VARIACIÓN DE FRECUENCIA	ANSI C84.1	60Hz±1%	59.99Hz	CUMPLE
FACTOR DE POTENCIA	CONELEC 004-01	0.92 MIN	0.90	NO CUMPLE
THD VOLTAJE	IEEE 519	5%MAX	1,31%	CUMPLE
THD CORRIENTE	IEEE 519	15%MAX	21,41%	NO CUMPLE

Elaborado por: AUTOR
Fuente: METREL

3.4.2 EVALUACIÓN DE LOS DATOS DEL ANALIZADOR DE ENERGÍA METREL

- EVALUACIÓN DEL NIVEL DE VOLTAJE:**

El suministro entregado en el Ecuador es de 120 [V] a 60 [Hz].

La variación máxima aceptada es de ±8% del voltaje nominal, según la regulación del CONELEC 004-01. (Narvaez, 2014)

- $V_{\min.} = 120 - 8\% = 110.4 \text{ V}$
- $V_{\max.} = 120 + 8\% = 129.6 \text{ V}$

Se calculó el porcentaje de cada una de las líneas de voltaje medidas con el analizador de eficiencia de energía eléctrica METREL, se tomó un promedio de éstas.

$$\Delta V_k(\%) = \frac{V_k - V_n}{V_n} * 100$$

Tabla 3.2: PROMEDIO DE NIVEL DE VOLTAJE

U1 (V)	U1 (V)	U1 (V)	U2 (V)	U2 (V)	U2 (V)	U3 (V)	U3 (V)	U3 (V)
Min	Prm	Max	Min	Prm	Max	Min	Prm	Max
123,01	123,18	123,41	130,29	130,47	130,70	130,35	130,62	130,94

Elaborado por: AUTOR
Fuente: METREL

LÍNEA 1

$$\Delta V_1(\%) = \frac{V_1 - V_n}{V_n} * 100$$

$$\Delta V_1(\%) = \frac{123,18 - 120}{120} * 100$$

$$\Delta V_1(\%) = 2,65 \%$$

LÍNEA 2

$$\Delta V_2(\%) = \frac{V_2 - V_n}{V_n} * 100$$

$$\Delta V_2(\%) = \frac{130,47 - 120}{120} * 100$$

$$\Delta V_2(\%) = \mathbf{8,72\%}$$

LÍNEA 3

$$\Delta V_3(\%) = \frac{V_3 - V_n}{V_n} * 100$$

$$\Delta V_3(\%) = \frac{130,62 - 120}{120} * 100$$

$$\Delta V_3(\%) = \mathbf{8,85\%}$$

- **ANÁLISIS DEL NIVEL DE VOLTAJE**

Los valores de nivel de voltaje de la las líneas 2 y 3 están ligeramente fuera del rango permitido por la norma del CONELEC.

El cuadro comparativo entre el nivel medido y el nivel permitido por la norma de regulación del CONELEC 004-01, presenta una ligera diferencia en las líneas #2 y #3, de lo cual se puede inferir lo siguiente:

Al tener una diferencia de nivel de voltaje en 2 de las 3 líneas se puede relacionar este efecto al desequilibrio de tensión, por lo que es necesario corregir primero este desequilibrio para luego verificar el cumplimiento del nivel.

- **EVALUACIÓN DEL DESEQUILIBRIO/DESBALANCE DE TENSIÓN.**

Se define, al desequilibrio de tensión en un sistema eléctrico a la máxima variación del voltaje de una de las líneas del voltaje promedio, dividido por el voltaje promedio de las tres líneas. (Narvaez, 2014)

$$\bar{V} = \frac{V1 + V2 + V3}{3} = \frac{123,18 + 130,47 + 130,62}{3} = 128,09 V$$

$$\delta = |V - \bar{V}| = |123,18 - 128,09| = 4,91$$

$$\%Desb = \left(\frac{\delta}{\bar{V}}\right) * 100\% = \left(\frac{4,91}{128,09}\right) * 100\% = 3,83 \%$$

- **ANÁLISIS DEL DESBALANCE DE TENSIÓN**

Según las normas ANSI C50.41.4.2 y IEC 34.1.12.2.1; y de acuerdo a los resultados mostrados, se deduce que existe desequilibrio de voltaje en el sistema eléctrico de la cámara ya que esta fuera del rango establecido. (Narvaez, 2014)

- **EVALUACIÓN DEL DESEQUILIBRIO/DESBALANCE DE CORRIENTE.**

Con los datos promedios obtenidos del analizador de energía desde las 08:00 a 16:00 horas, se realizaron los cálculos para la verificación del desequilibrio de corriente, se toma esta muestra debido a que en este horario las áreas involucradas están plenamente operativas.

Tabla 3.3: PROMEDIO DE NIVEL DE CORRIENTE

I1 (A)	I1 (A)	I1 (A)	I2 (A)	I2 (A)	I2 (A)	I3 (A)	I3 (A)	I3 (A)
Min	Prm	Max	Min	Prm	Max	Min	Prm	Max
52,70	59,56	92,08	28,00	35,34	66,31	38,49	45,06	74,72

Elaborado por: AUTOR
Fuente: METREL

$$\bar{I} = \frac{I1 + I2 + I3}{3} = \frac{59,56 + 35,34 + 45,06}{3} = 46,65 \text{ A}$$

$$\delta = |I - \bar{I}| = |59,56 - 46,65| = 12,91$$

Desbalance de corriente

$$\%Desb = \left(\frac{\delta}{\bar{I}}\right) * 100\% = \left(\frac{12,91}{46,65}\right) * 100\% = 27.67\%$$

- **ANÁLISIS DE DESEQUILIBRIO DE CORRIENTE**

El intervalo de rango permitido por la norma IEEE 1159 es de 10% como valor máximo; el valor obtenido de desbalance de intensidad de corriente se encuentra fuera de la norma establecida. (Narvaez, 2014)

Con sorprendente margen por encima de lo permitido (casi tres veces más) se registra un valor de 27.67% en el desequilibrio de corriente. (Narvaez, 2014)

- **EVALUACIÓN DE LA VARIACIÓN DE FRECUENCIA.**

60 [Hz] es la frecuencia fundamental para el Ecuador. Las variaciones de frecuencia se dan cuando el voltaje sobrepasa las tolerancias permitidas.

- Frecuencia mínima= 60 – 1% = 59,4 Hz
 - Frecuencia máxima= 60 + 1%= 60,60 Hz.
- (Narvaez, 2014)

Tabla 3.4: NIVEL DE FRECUENCIA

Freq (Hz) Min	Freq (Hz) Prm	Freq (Hz) Max
59,95	59,99	60,04

Fuente: METREL

Elaborado por: AUTOR

- **ANÁLISIS DE LA VARIACIÓN DE FRECUENCIA**

La frecuencia promedio obtenida por el dispositivo analizador de energía fue de 59.99 Hz. estando dentro del valor permitido según la norma ANSI C84.1 (Narvaez, 2014)

- **EVALUACIÓN DEL FACTOR DE POTENCIA.**

La relación establecida por la potencia activa (P) y la potencia aparente (S) determinó el valor real del factor de potencia en un intervalo de tiempo dado

$$FP = \frac{P}{S}$$

El factor de potencia es la mayor influencia que puede tener un sistema eléctrico para determinar si existe eficiencia energética en un sistema eléctrico, o a su vez el nivel de ineficiencia, es recomendable que el factor de potencia no sea igual a uno para evitar hacer el sistema capacitivo, lo ideal y óptimo es acercarlo a 0.98.

Tabla 3.5: FACTOR DE POTENCIA

	L1	L2	L3	TOTAL	FP
0000 - 0500 horas					
Pot. Activa	0,80	0,01	1,15	1,97	0,78
Pot. Aparente	0,82		1,62	2,53	
0500 - 0800 horas					
Pot. Activa	3,26	0,44	3,01	6,71	0,96
Pot. Aparente	3,26	0,51	3,24	7,01	
0800 - 1600 horas					
Pot. Activa	7,71	3,13	7,03	17,87	0,90
Pot. Aparente	8,01	4,13	7,80	19,93	
1600 - 0000 horas					
Pot. Activa	2,30	0,28	1,43	4,01	0,92
Pot. Aparente	2,31	0,33	1,72	4,37	

Fuente: METREL
Elaborado por: AUTOR

- **ANÁLISIS DEL FACTOR DE POTENCIA**

Según la norma CONELEC 004-01 el valor mínimo en el factor de potencia para no estar penalizado en la facturación es de 0.92. Se realizó el análisis tomando los datos obtenidos en varios horarios para tener una visión clara de las cargas que están siendo operadas.

Se observa que en el horario de 00:00 a 05:00 horas el factor de potencia registra un decremento considerable en su valor (0,78) en donde no hay equipos operando puesto que permanecen apagados pero esto se puede deducir intuitivamente al consumo de las fluorescentes y lámparas de descargas ya que los balastos que éstas utilizan generan energía reactiva reduciendo el factor de potencia. Otro de los horarios a observación es el de 0800 a 1600 horas donde el factor de potencia esta moderadamente bajo (0,90) y las áreas en cuestión están operativas por ende el bajo factor de potencia genera un mayor consumo. Cabe recalcar que para poder tener un factor de potencia real es necesario revisar los datos totales de la ESSUNA que se obtendrán de la planilla generada por la suministradora local.

Tomando en cuenta lo anteriormente citado en la teoría, se especifica que un factor de potencia en incremento, respecto de un valor establecido por la regulación CONELEC 004-01 (0.92), es un indicativo de la utilización eficiente de la energía eléctrica. Como se sabe, el factor de potencia va a depender del tipo de cargas conectadas (inductivas, capacitivas y resistivas) y que estén operando en determinado instante. Es por esto que el análisis evaluado se hizo en diferentes horarios tomando como referencia principal aquel en el que están encendidos la mayoría de los equipos, es decir, donde existe mayor consumo de energía para una medida más fiel del mismo. Se encontró un valor de 0.90, que está por debajo de la norma establecida lo que infiere en una penalidad por parte de la suministradora de energía local. (Narvaez, 2014)

- **EVALUACIÓN DE THD VOLTAJE Y CORRIENTE.**

Los valores de THDV y THDI son producto del promedio de los datos de las líneas tomados con el analizador de energía en el horario de 08:00 a 16:00 horas en donde hay un mayor consumo y se puede realizar un mejor análisis.

Tabla 3.6: NIVEL DE THD DE VOLTAJE

THDV1 (%)	THDV2 (%)	THDV3 (%)
1,11	1,27	1,30

Fuente: METREL

Elaborado por: AUTOR

- **ANÁLISIS DEL THDV (DISTORSIÓN TOTAL DE ARMÓNICOS DE VOLTAJE)**

Nivel de armónicos de voltajes permitidos THD máx. es 5%; los valores obtenidos en el análisis determinan que se encuentra dentro de la norma IEEE - 519. (Narvaez, 2014)

Tabla 3.7: NIVEL DE THD DE CORRIENTE

THDI1 (%)	THDI2 (%)	THDI3 (%)
3,30	6,70	21,41

Fuente: METREL

Elaborado por: AUTOR

- **ANÁLISIS DEL THDI (DISTORSIÓN TOTAL DE ARMÓNICOS DE CORRIENTE)**

Nivel de armónicos de corrientes permitidos THD máx. es 15 % por lo que el valor de la línea 3 está fuera de la norma IEEE – 519. (Narvaez, 2014)

Lo más preocupante en una instalación eléctrica son los armónicos de corriente, ya que son corrientes que generan efectos contrarios; como sobrecalentamiento y pérdidas en el cobre y en el hierro en los

transformadores, fundición de los capacitores, incremento de la temperatura y vibraciones en los motores, sobrecalentamiento en los cables conductores y hasta pérdida de datos y daños en componentes electrónicos como equipos de computación. Se puede generar armónicos de 240,180 y 120 Hz; si el sistema eléctrico alimentado por la red es de una frecuencia de 60 Hz.

En los cálculos efectuados se pudo determinar que la línea #3 es la que excede en el valor permitido por la norma IEEE 519, a pesar de que éste valor no debe ser tomado como determinante para sentenciar que existe algún efecto negativo como los antes expuestos.

CAPÍTULO IV

PROPUESTA DE MÉTODOS Y VÍAS DE AHORRO ELÉCTRICO PARA EL USO EFICIENTE DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA EN LA ESCUELA SUPERIOR NAVAL “CMDTE. RAFAEL MORAN VALVERDE”

4.1 JUSTIFICACIÓN

La importancia de implementar vías de optimización del recurso eléctrico utilizado en la Escuela Superior Naval, es contribuir a la reducción de consumo de energía eléctrica, y a la vez regirse por las normas específicas correspondientes para la obtención de una buena calidad de la energía.

4.2 OBJETIVOS

- Determinar un mantenimiento preventivo de los dispositivos y áreas de mayor influencia en el consumo de energía eléctrica.
- Comparar las luminarias implementadas actualmente en la cámara de guardiamarinas con luminarias de menor consumo de energía eléctrica.
- Sugerir la corrección del factor de potencia mediante una vía práctica en la cámara de guardiamarinas.

4.3 ASPECTOS TÉCNICOS OPERATIVOS RELACIONADOS CON LA PROPUESTA.

Los siguientes ítems tienen una relación que en la mayoría de casos, una afectación deriva en la siguiente y si se corrige una, la que esta relaciona lo hará de igual manera.

4.3.1 NIVEL DE VOLTAJE

Después de realizar la corrección del desequilibrio de tensión y, si los niveles de voltaje continúan elevados, es necesario constatar que la energía entregada por la empresa eléctrica está siendo la correcta para luego darle el

respectivo mantenimiento al transformador y verificar su óptimo estado funcionamiento.

4.3.2 DESBALANCE DE TENSIÓN

Se comprueba mediante cálculos efectuados en el capítulo anterior que la máxima desviación de voltaje se da en la línea #1.

La conexión del banco de transformadores es Estrella – Estrella y en ésta configuración los dos puntos más importantes para que exista un aceptable balance de tensión son:

- Que el centro de la conexión estrella o también llamado neutro esté conectado a la tierra en los lados alta y baja del transformador.
- Que las cargas conectadas estén correctamente balanceadas, es decir, que exista un equilibrio de cargas en las líneas.

4.3.3 DESBALANCE DE CORRIENTE

El desequilibrio de voltajes causa desequilibrios de corriente extremadamente altos, tanto así que la magnitud del desbalance de corriente en muchos casos llega a ser de 6 a 10 veces más grandes que el desbalance de tensión, por lo que, el valor medido está dentro de los estándares razonables, se debe corregir el desequilibrio de tensión para que éste desbalance de corriente también se corrija. (Narvaez, 2014)

4.3.4 VARIACIÓN DE FRECUENCIA

La norma establecida por la ANSI C84.1 permite una desviación del $\pm 1\%$ de la frecuencia fundamental del valor nominal especificado para nuestro sistema nacional de electrificación que es de 60 ciclos por segundo. (60 Hz.) (Narvaez, 2014)

Por lo que el valor de 59.99 Hz está dentro del rango de variación de frecuencia permitido.

4.3.5 FACTOR DE POTENCIA

Una de las alternativas para mejorar dicho factor de potencia es la implementación de un banco de capacitores automático (ya que la demanda de energía reactiva es variable), el cual debe ser instalado previo estudio y su cálculo (levantamiento de cargas y consumos). Si se desea compensar una instalación en la que la potencia reactiva a compensar tenga muchas variaciones (como es el caso de la cámara), se debe implementar una compensación que se ajuste a la demanda de energía reactiva de la instalación, en diferentes intervalos de tiempo. Para obtener lo anterior mencionado se utiliza un banco de capacitores operados automáticamente, estos están formados básicamente por: (Ver figura 4.1 y 4.2).

- Bancos de capacitores
- Regulador



Figura 4.1: BANCO DE CAPACITORES
Fuente: www.artech.com



Figura 4.2: REGULADOR DE FACTOR DE POTENCIA
Fuente: www.arteche.com

El regulador detecta las variaciones en la demanda de potencia reactiva, y posterior a esta detección influye actuando sobre los contactores, permitiendo el paso de la salida o entrada de los bancos de capacitores necesarios, cabe mencionar que este tipo de banco de capacitores son más costosos que el banco de capacitores fijos y su precio oscila entre los \$1500 a \$3000 y su duración es no menor a 20 años , con este método se conseguirá tener un alto factor de potencia y un ahorro de energía eléctrica que se verá reflejado a largo plazo.

4.3.2 THDV (DISTORSIÓN ARMÓNICA TOTAL DE VOLTAJE)

El valor de TDHV está dentro de los estándares permitidos por la norma IEEE 519. (Narvaez, 2014)

4.4 CÁLCULO DEL CONSUMO DE LUMINARIAS FLUORESCENTES

Se realizó el cálculo del consumo de las luminarias fluorescente T8 (actuales luminarias instaladas en la cámara de Guardiamarinas) y de las propuestas de cambio para un ahorro de energía, con esto se verificará la disminución de consumo energético.

Tabla 4.1: CÁLCULO DE CONSUMO DE FLUORESCENTES T8 (ACTUAL)

ÁREA	CANTIDAD	POTENCIA (W)	TOTAL (W)	HORAS TRABAJO DIARIO	CONSUMO DIARIO (KWH)	CONSUMO MENSUAL (KWH)
COMEDOR	186	32	5952	5,5	32,736	982,08
COCINA	107	32	3424	8	27,392	821,76
LAVANDERÍA	57	32	1824	8	14,592	437,76
				TOTAL	74,72	2241,6

Fuente: SERCONTEL
Elaborado por: AUTOR

Tabla 4.2: CÁLCULO DE CONSUMO DE FLUORESCENTES T5 (ESTIMADO)

ÁREA	CANTIDAD	POTENCIA (W)	TOTAL (W)	HORAS TRABAJO DIARIO	CONSUMO DIARIO (KWH)	CONSUMO MENSUAL (KWH)
COMEDOR	186	28	5208	5,5	28,644	859,32
COCINA	107	28	2996	8	23,968	719,04
LAVANDERIA	57	28	1596	8	12,768	383,04
				TOTAL	65,38	1961,4

Fuente: SERCONTEL
Elaborado por: AUTOR

Tabla 4.3: CÁLCULO DE CONSUMO DE LUMINARIAS LED (ESTIMADO)

ÁREA	CANTIDAD	POTENCIA (W)	TOTAL (W)	HORAS TRABAJO DIARIO	CONSUMO DIARIO (KWH)	CONSUMO MENSUAL (KWH)
COMEDOR	186	15	2790	5,5	15,345	460,35
COCINA	107	15	1605	8	12,84	385,2
LAVANDERÍA	57	15	855	8	6,84	205,2
				TOTAL	35,025	1050,75

Fuente: SERCONTEL
Elaborado por: AUTOR

Tabla 4.4: VIDA ÚTIL Y COSTOS DE LOS TIPOS DE LUMINARIAS

TIPO DE LUMINARIAS	VIDA ÚTIL (HORAS)	VALOR C/U
FLUORESCENTE T8	20.000 h	\$5
FLUORESCENTE T5	25.000 h	\$8
LED	50.000 h	\$18

Fuente: SERCONTEL

Elaborado por: AUTOR

En las tablas se observa que existe un mayor ahorro si se realiza el cambio de las fluorescente T8 (actualmente están implementadas en la cámara de guardiamarinas) a LED, pero hay que tomar en consideración que la inversión de este cambio sería muy considerable ya que existe una gran cantidad de luminarias y el precio de la tecnología LED es mucho mayor.

- **RETORNO DE INVERSIÓN DE LUMINARIAS**

Para realizar los cálculos del retorno de la inversión se tomaron valores referenciales del precio de las luminarias y del costo del KWH.

Los precios de las luminarias pueden variar dependiendo de la calidad y marca que se desee.

Tabla 4.5: CONSUMO ANUAL DE LUMINARIAS T8, T5 Y LED

LUMINARIA	PRECIO (\$)	CANTIDAD (U)	INVERSIÓN (\$)	CONSUMO MESUAL (KWH)	CONSUMO ANUAL (KWH)	COSTO DE KWH	COSTO CONSUMO ANUAL
T8	\$ 5.00	350	\$1,750.00	2241.6	26899.2	\$0.12	\$3,227.90
T5	\$8.00	350	\$2,800.00	1961.4	23536.8	\$0.12	\$2,824.41
LED	\$18.00	350	\$6,300.00	1050.75	12609	\$0.12	\$1,513.08

Fuente: SERCONTEL

Elaborado por: AUTOR

- **RETORNO DE INVERSION (RI) DE FLUORESCENTE T5**

Para obtener el RI se encuentra la relación entre el exceso de inversión entre las fluorescentes T5, T8 y el ahorro anual entre las mismas.

$$RI(T5) = \frac{2800 - 1750}{3,227.9 - 2,824.41} = 2.6 \text{ años}$$

La vida útil de la fluorescente T5 es de 8.7 años con relación a las horas de trabajo del área en estudio por lo que luego de recuperar la inversión se obtendrá un ahorro de 6.1 años.

- **RETORNO DE INVERSION (RI) DE LUMINARIA LED**

Para obtener el RI se encuentra la relación entre el exceso de inversión entre la luminaria LED y la fluorescente T8, y el ahorro anual entre las mismas.

$$RI(LED) = \frac{6300 - 1750}{3,227.9 - 1,513} = 2.7 \text{ años}$$

La vida útil de la luminaria LED es de 17.4 años con relación a las horas de trabajo del área en estudio por lo que luego de recuperar la inversión se obtendrá un ahorro de 14.7 años.

El cálculo del Retorno de Inversión está hecho en condiciones ideales:

- Calidad de energía (Se debe realizar los arreglos pertinentes y mantenimiento necesarios).
- Mantenimiento preventivo de las luminarias.
- Respetar el horario establecido por la ESSUNA.

4.5 MANTENIMIENTO PREVENTIVO DEL SISTEMA ELÉCTRICO EN LA CÁMARA DE GUARDIAMARINAS

De acuerdo a la observación y los resultados dados por el analizador de energía METREL se propone un mantenimiento periódico de los dispositivos y equipos que determinan si la energía eléctrica consumida en la cámara de guardiamarinas es eficiente o no, con este mantenimiento la calidad de energía recibida en el banco de transformadores será alta, además la vida útil de los dispositivos y equipos durará mayor tiempo.

Cuadro 4.1: MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LA CÁMARA DE GUARDIAMARINAS

EQUIPO	TAREA A REALIZAR	FRECUENCIA				
		DIARIO	SEMANTAL	TRIMESTRAL	SEMESTRAL	ANUAL
BANCO DE TRANSFORMADORES	LIMPIEZA Y AJUSTE DE TERMINALES			X		
	MANTENIMIENTO INTEGRAL				X	
TABLERO PRINCIPAL	LIMPIEZA Y AJUSTE DE TERMINALES			X		
	MANTENIMIENTO INTEGRAL					X
TABLEROS SECUNDARIOS	LIMPIEZA Y AJUSTE DE TERMINALES			X		
	MANTENIMIENTO INTEGRAL					X
LUMINARIAS	LIMPIEZA				X	
	AJUSTE Y REPLAZO					X
ACONDICIONADORES DE AIRE	LIMPIEZA Y LAVADO DE FILTROS			X		
	MANTENIMIENTO INTEGRAL				X	
COCINA INDUSTRIAL	LIMPIEZA	X				
	MANTENIMIENTO INTEGRAL			X		
LAVADORAS INDUSTRIALES	LIMPIEZA DE FILTROS Y GENERAL			X		
	MANTENIMIENTO INTEGRAL				X	
SECADORES INDUSTRIALES	LIMPIEZA DE FILTROS			X		
	MANTENIMIENTO INTEGRAL				X	
PLANCHADORES INDUSTRIALES	LIMPIEZA	X				
	MANTENIMIENTO INTEGRAL			X		
CALDEROS	LIMPIEZA Y AJUSTE DE TERMINALES			X		
	MANTENIMIENTO INTEGRAL				X	
BOMBAS CENTRIFUGAS	LIMPIEZA Y AJUSTE DE TERMINALES			X		
	MANTENIMIENTO INTEGRAL				X	

Elaborado por: AUTOR

Fuente: SERCONTEL

Cabe recalcar que el Mantenimiento Integral que se detalla a continuación debe ser realizado por personal plenamente capacitado y no por cualquier individuo ya que esto podría conllevar a daños materiales, inclusive atentar contra la integridad física de quién no tenga conocimiento acerca de dichos mantenimientos.

Se detallan solamente algunos ítems de cada mantenimiento ya que por lo advertido anteriormente se deben contratar los servicios de un profesional especializado en los respectivos temas.

TRANSFORMADORES:

- Resistencia de aislamiento.
- Resistencia óhmica de los devanados.
- Pruebas de aceite dieléctrico.

TABLEROS PRINCIPALES Y SECUNDARIOS:

- Desenergización y puesta a tierra de los tableros.
- Revisión y limpieza del gabinete, cables, aisladores, interruptores electromagnéticos, termomagnéticos y demás componentes del tablero.
- Revisión del sistema de tierra y ajuste de conexiones en general.
- Pruebas de operación mecánica de interruptor(es) principal(es) y secundarios.
- Medición de resistencia de aislamiento de interruptores electromagnéticos (megóhmetro).
- Medición de resistencia de contactos (micro-óhmetro) del interruptor principal e interruptores electromagnéticos.
- Revisión final, retiro de puesta a tierra y energización.

LUMINARIAS

- Desenergizado del sistema de luminarias desde panel principal.
- Bajar luminarias a nivel del piso.
- Inspeccionar partes y verificar daños.
- Desmontar partes averiadas y realizar mantenimiento en taller.

- Limpieza de las luminarias y de sus accesorios (componentes).
- Montar partes.
- Realizar pruebas de funcionamiento.

Todas las pruebas eléctricas deben ser realizadas en sitio con equipos electrónicos digitales certificados y calibrados con sus respectivos informes de pruebas para cada equipo.

ACONDICIONADORES DE AIRE

- Bajar equipo a nivel del piso.
- Limpieza de parte exterior (hidrolavado)
- Limpieza de parte interior (desmontaje).
- Limpieza de filtros.
- Control de carga de gas.
- Control de consumo eléctrico en amperaje.
- Prueba de todos los componentes eléctricos y mecánicos.
- Montar partes.
- Realizar pruebas de funcionamiento.

COCINA INDUSTRIAL

- Revisar la operatividad de la cocina en condiciones de uso normal.
- Tomar mediciones de:
- Tiempo de uso según la operación de la cocina.
- Voltaje de acuerdo a lo que fue diseñado el equipo
- Amperajes indicados en la placa de característica de la cocina.
- Revisión de los fusibles, arrancadores, interruptores, cables y contactos para evitar cortos circuitos y sobrecargas en los equipos utilizados.
- Eliminar fugas de aire, agua, gas, vapor; ocasionados por acoples mangueras y ductos en mal estado

LAVADORAS INDUSTRIALES

- Ajuste de fajas. Si una faja se daña o se encuentra desgastada se deberá cambiar el juego completo

- Revisión y control del sistema electrónico y eléctrico de igual manera limpieza (solvente protector de líquidos).
- Revisión de las válvulas de control neumático, entrada de agua y pistones de freno.
- Revisión de válvulas de entrada de vapor y de agua.
- Revisión y limpieza de relay de control, contactores e interruptores.
- Aplicar dieléctrico a las tarjetas electrónicas de las lavadoras.
- Revisión y ajuste del Switch de vibración.
- Engrase con grasa de alta temperatura a los de rodamientos de toda la máquina.
- Revisión de mangueras de vapor y agua.
- Anclaje de las lavadoras.
- Limpieza y revisión del sistema de dosificación de detergente.
- Revisar los sellos de los respiraderos de las lavadoras. Cambiar si se requiere.
- Limpieza del equipo (general)
- Revisión y reparación de fisuras del tanque de la lavadora.
- Revisar y corregir cualquier anomalía referente a vibraciones anormales de las lavadoras.
- Realizar pruebas de funcionamiento.

SECADORAS INDUSTRIALES

- Revisión y limpieza del sistema eléctrico de control, (solvente protector de líquidos).
- Ajuste de fajas. Cambiar en caso que sea necesario
- Limpieza de relay de control y contactores.
- Mantenimiento de conectores de los cables de transporte de energía.
- Reparar las conexiones de entrada y limpieza de serpentines.
- Limpieza de los ductos de aire, filtros y de toda la cámara interna
- Revisión de las válvulas de aire. Cambiar si están dañadas.
- Revisión de los rodamientos del eje y de la canasta.
- Limpieza del equipo (general).
- Anclaje del equipo.

- Realizar pruebas de funcionamiento.

PLANCHADORES INDUSTRIALES

- Desenergizado del equipo.
- Limpieza de cada una de sus partes.
- Lubricación de piezas para evitar fricción y desgaste.
- Limpieza de pedales para evitar atascamiento.
- Revisión y reparación del cableado eléctrico.
- Limpieza del equipo (general).
- Anclaje del equipo.
- Realizar pruebas de funcionamiento.

CALDEROS

- Inspección visual de la tubería. Verificar si existen fugas.
- Refractarios. Verificar respecto al tipo de combustible.
- Quemador (Cabezal de ignición, boquillas, filtros de combustible, filtros de agua, foto celda, lente de foto celda, solenoide (durante funcionamiento y cada mantenimiento de sistema eléctrico), transformador (Durante funcionamiento y cada mantenimiento de sistema eléctrico), toma de aire.
- Presóstato (durante funcionamiento y cada mantenimiento de sistema eléctrico).
- Revisión de alimentación de agua y reparación en caso de avería.
- Revisión de válvulas (purga, control y seguridad) y reparación en caso de avería.
- Revisión de sensores (temperatura, presión, nivel) y reparación en caso de avería.
- Revisión del sistema eléctrico (tablero de control, tablero de distribución).

Para el mantenimiento óptimo de los calderos, el profesional técnico debe estar en capacidad de diagnosticar y predecir posibles fallas de operación, debido a los cambios de temperatura que se producen en los residuos de la combustión (gases) y las compuertas del caldero.

BOMBAS CENTRÍFUGAS

- Desenergizado del grupo motor-bomba.
- Inspección visual del grupo motor-bomba.
- Verificar alineación (balanceo dinámico).
- Verificar estado físico de la flecha.
- Verificar temperatura y lubricación de cojinetes (rodamientos).
- Revisión del estado de la prensa-estopa o el sello mecánico según sea el caso.
- Inspección de la voluta de la bomba.
- Inspección del impulsor (impeller).
- Verificar con multímetro lecturas de voltaje y amperaje.
- Inspeccionar elementos térmicos.
- Limpiar el arrancador.
- Verificar temperatura de cojinetes (rodamientos).
- Lubricar cojinetes (rodamientos).
- Lavado interior del motor y rebarnizarlo. En caso de que se necesite rebobinar el motor deberá hacérselo.
- Limpieza del equipo (general).
- Anclaje del equipo.
- Realizar pruebas de funcionamiento.

CONCLUSIONES

- En la observación realizada a la cámara de guardiamarinas se constató que no a todos los tableros eléctricos se les realiza su debido mantenimiento preventivo permitiendo la acumulación de polvo, desgaste de los dispositivos, contactos flojos y corrosión del material debido a la salinidad del ambiente.
- El análisis emitido por el analizador de energía METREL determinaron que el nivel de voltaje, desbalance de tensión, factor de potencia, distorsión armónica total de voltaje y de corriente no cumplen con las normas establecidas en la actualidad, impidiendo el uso eficiente de energía eléctrica en la cámara de guardiamarinas.
- El mantenimiento preventivo, cambio de luminarias y corrección del factor de potencia permitirán alargar la vida útil de los dispositivos eléctricos, tener una mejor calidad y eficiente cantidad de energía eléctrica y a su vez reducir gastos económicos ya sea en reposición de equipos eléctricos dañados o en el pago a la empresa suministradora de energía eléctrica, por lo tanto la hipótesis se cumple.

RECOMENDACIONES

- Llevar un control del mantenimiento periódico en los banco de transformadores y equipos usados en la cámara de guardiamarinas con el fin de evitar exceso de polvo, malas conexiones y falsos contactos.
- Si al corregir las fallas eléctricas con las soluciones propuestas en la cámara de Guardiamarinas continúan los problemas, se deberá constatar que la energía suministrada por la empresa eléctrica sea la adecuada y que exista un balance de corriente y voltaje en las tres líneas que alimentan los bancos de transformadores.
- La Escuela Superior Naval deberá contratar solo al personal capacitado y certificado para realizar la corrección del factor de potencia, cambio de luminarias de t8 a t5 o LED y la ejecución del plan de mantenimiento preventivo.

BIBLIOGRAFÍA

Alejandro. (21 de mayo de 2009). *Electricidad/electricitat*. Obtenido de <http://electricidad-viatger.blogspot.com/2009/05/desequilibrios-de-tension-e-intensidad.html>

Arroyo, A. A. (2008). *Fundamentos de sistemas eléctricos*. zaragoza.

CASTELLANOS, J. (s.f.). *SCRIBD*. Obtenido de *MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE SISTEMAS ELECTRICOS* : <http://www.scribd.com/doc/93677874/Mantenimiento-Preventivo-Del-Sistema-Elctrico>

CORREIA, A. (12 de DICIEMBRE de 2012). *MONOGRAFIAS*. Obtenido de <http://www.monografias.com/trabajos73/sistema-electrico/sistema-electrico2.shtml>

DELGADO, L. A. (2009). *BLOOGUER*. Obtenido de <http://data-collection-and-reports.blogspot.com/2009/05/la-observacion.html>

ELECTRO INDUSTRIAS. (MARZO de 2009). Obtenido de <http://www.emb.cl/electroindustria/articulo.mvc?xid=1133&tip=7>

guachamin cheza vicente, n. a. (octubre de 2011). Obtenido de <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/4293/1/CD-3915.pdf>

IÑIGUEZ, F. J. (2012). *manual curso de electricidad basica* .

Jadan, S. (2009). Obtenido de
<http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/75/7/Capitulo1.pdf>

Narvaez, C. A. (2014). Obtenido de
http://www.cib.espol.edu.ec/Digipath/D_Tesis_PDF/D-84390.pdf

Paredes, Z. (2006). Obtenido de
<http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/2346/1/CD-0022.pdf>

RAMIREZ, E. T. (2005). *AP&C*. Obtenido de
<http://waterymex.org/contenidos/rtecnicos/Optimizando%20la%20Operacion%20y%20el%20Mantenimiento/Distorsion%20Armonica.pdf>

SIANCHA, J. O. (2013). *USO EFICIENTE DE LA ENERGÍA*. BUENOS AIRES
: ALSINA .

STEFANI, G. (ABRIL de 2013). *ARTINAID* . Obtenido de
<http://www.artinaid.com/2013/04/que-es-el-voltaje/>

TODOS PRODUCTIVIDAD. (SEPTIEMBRE de 2012). Obtenido de
http://todoproductividad.blogspot.com/2012/09/efecto-de-las-variaciones-de-voltaje-y_2715.html

UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA. (s.f.). Obtenido de
<http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/78/8/Capitulo2.pdf>

Vargas, A. H. (21 de ABRIL de 2003). Obtenido de MONOGRAFIAS.COM:
<http://www.monografias.com/trabajos14/factorpotencia/factorpotencia.shtml#por#ixzz3ATo6MQ3B>

Vargas, A. H. (2003). Obtenido de
<http://www.monografias.com/trabajos14/factorpotencia/factorpotencia.shtml>

VILORIA, J. R. (2008). *FUENTES DE ENERGÍA*. MADRID: CENGAGE.

WALTER BROKERING, R. P. (2008). *Los Sistemas Eléctricos de Potencia* .
Naulcapan de juarez : Pearson.

Wildi, T. (2007). *MAQUINAS ELÉCTRICAS Y SISTEMAS DE POTENCIA* .
PEARSON .

ZABALZA, I. (2010). *METODOLOGÍA DE ANÁLISIS PARA LA CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DE EDIFICIOS* . ZARAGOZA :
PRENSAS UNIVERSITARIAS DE ZARAGOZA .

ANEXOS

ANEXO A: REGISTRO DE VOLTAJE POR LINEA (METREL)

	U1 (V) Min	U1 (V) Prm	U1 (V) Max	U2 (V) Min	U2 (V) Prm	U2 (V) Max	U3 (V) Min	U3 (V) Prm	U3 (V) Max
8:40:00	123,3	123,48	123,66	130,91	131	131,55	130,78	131,05	131,42
8:41:00	123,39	123,48	123,66	130,82	131	131,28	130,78	130,96	131,33
8:42:00	123,39	123,48	123,66	130,91	131	131,28	130,78	130,96	131,24
8:43:00	123,3	123,39	123,66	130,82	131	131,28	130,69	130,96	131,24
8:44:00	123,03	123,39	123,66	130,55	131	131,28	130,33	130,96	131,24
8:45:00	123,3	123,39	123,66	130,91	131	131,18	130,69	130,96	131,24
8:46:00	123,12	123,3	123,48	130,82	131	131,28	130,6	130,87	131,24
8:47:00	123,21	123,3	123,57	130,82	131	131,18	130,6	130,87	131,24
8:48:00	123,12	123,3	123,57	130,73	130,91	131,18	130,51	130,87	131,33
8:49:00	123,12	123,3	123,57	130,64	130,82	131,09	130,6	130,78	131,24
8:50:00	123,21	123,3	123,57	130,73	130,91	131,09	130,51	130,78	131,14
8:51:00	122,94	123,21	123,48	130,46	130,73	131	130,42	130,69	131,05
8:52:00	122,94	123,03	123,3	130,55	130,73	131	130,42	130,6	130,87
8:53:00	123,03	123,12	123,3	130,55	130,73	131	130,42	130,69	131,05
8:54:00	123,12	123,3	123,48	130,73	130,91	131,18	130,6	130,87	131,14
8:55:00	123,12	123,3	123,48	130,73	130,91	131,18	130,6	130,87	131,24
8:56:00	123,12	123,21	123,48	130,73	130,91	131,09	130,6	130,78	131,14
8:57:00	123,03	123,21	123,39	130,73	130,82	131,09	130,42	130,69	131,05
8:58:00	122,94	123,12	123,3	130,73	130,91	131,09	130,51	130,78	131,05
8:59:00	123,03	123,12	123,3	130,73	130,91	131,09	130,51	130,78	131,05
9:00:00	122,94	123,03	123,3	130,64	130,82	131	130,42	130,69	130,96
9:01:00	122,94	123,12	123,3	130,64	130,82	131	130,33	130,6	130,87
9:02:00	122,57	123,03	123,21	130,19	130,73	130,91	129,78	130,51	130,78
9:03:00	122,85	123,03	123,21	130,55	130,73	130,91	130,24	130,42	130,69
9:04:00	122,66	122,94	123,12	130,37	130,64	130,82	130,15	130,42	130,69
9:05:00	122,66	122,85	123,03	130,37	130,46	130,73	130,15	130,42	130,69
9:06:00	122,66	122,94	123,21	130,37	130,64	131	130,15	130,51	130,96
9:07:00	122,85	123,03	123,21	130,55	130,73	131	130,42	130,6	130,96
9:08:00	122,94	123,03	123,21	130,55	130,73	131	130,33	130,6	130,87
9:09:00	122,94	123,03	123,21	130,64	130,82	131	130,33	130,6	130,87
9:10:00	122,94	123,03	123,21	130,64	130,73	131	130,33	130,51	130,87
9:11:00	122,85	122,94	123,12	130,55	130,73	130,91	130,33	130,51	130,87
9:12:00	122,85	123,03	123,21	130,55	130,73	131	130,24	130,51	130,78
9:13:00	122,85	122,94	123,12	130,55	130,73	130,91	130,24	130,51	130,78
9:14:00	122,66	122,94	123,12	130,37	130,64	130,91	130,15	130,42	130,69
9:15:00	122,76	123,03	123,3	130,46	130,73	131	130,15	130,51	130,87
	U1 (V) Min	U1 (V) Prm	U1 (V) Max	U2 (V) Min	U2 (V) Prm	U2 (V) Max	U3 (V) Min	U3 (V) Prm	U3 (V) Max
PROMEDIO	123,01	123,18	123,41	130,29	130,47	130,70	130,35	130,62	130,94

Fuente: METREL

ANEXO B: REGISTRO DE CORRIENTE POR LINEA

	I1 (A) Min	I1 (A) Prm	I1 (A) Max	I2 (A) Min	I2 (A) Prm	I2 (A) Max	I3 (A) Min	I3 (A) Prm	I3 (A) Max
8:40:00	47,59	50,95	69,56	22,27	31,42	59,8	43,93	48,81	69,25
8:41:00	46,37	48,81	67,42	22,27	29,59	55,22	43,32	48,2	66,81
8:42:00	46,68	49,42	67,73	23,49	32,64	53,08	38,44	46,07	67,73
8:43:00	46,37	49,12	67,12	22,27	29,29	48,81	36,61	42,41	60,71
8:44:00	46,37	51,56	162,61	22,27	32,03	146,44	36,61	45,76	152,23
8:45:00	52,47	57,05	76,27	31,12	38,44	59,8	46,68	53,08	73,52
8:46:00	51,56	56,74	78,1	30,2	36,61	60,71	44,85	52,17	77,79
8:47:00	52,78	57,66	77,49	31,12	39,05	59,49	46,37	55,52	77,18
8:48:00	52,78	57,35	77,18	33,25	38,44	58,88	46,37	53,39	74,44
8:49:00	52,78	57,05	76,27	31,73	37,22	58,58	44,54	51,25	75,05
8:50:00	52,78	57,35	77,49	32,64	38,74	60,41	44,85	56,74	79,63
8:51:00	52,47	57,66	77,18	31,12	38,44	58,58	49,73	56,44	76,57
8:52:00	54	59,19	81,46	34,78	40,88	62,54	51,86	58,27	81,15
8:53:00	46,98	51,86	74,74	21,36	31,12	60,71	33,56	43,63	71,39
8:54:00	45,76	48,51	66,81	20,14	26,85	45,15	32,03	38,13	56,13
8:56:00	44,85	48,2	65,9	13,42	20,75	41,49	32,64	39,36	58,88
8:57:00	44,85	48,51	82,98	14,64	20,44	41,49	34,17	39,05	58,27
8:58:00	46,37	57,66	83,29	13,73	18,61	37,52	33,25	37,52	55,52
8:59:00	45,46	57,66	82,07	16,47	20,75	39,66	35,08	39,05	56,13
9:00:00	44,85	56,74	85,42	16,17	21,05	40,58	35,69	40,58	66,51
9:01:00	45,15	50,03	66,2	14,95	21,36	39,66	41,8	46,98	64,68
9:02:00	46,37	57,66	158,03	14,03	32,03	142,17	40,58	58,58	161,08
9:03:00	51,25	56,74	75,35	21,97	31,73	50,95	49,73	58,27	77,79
9:05:00	51,25	61,02	104,64	22,27	30,81	52,17	42,1	50,34	68,95
9:06:00	52,17	63,46	90	23,19	30,2	51,25	43,32	50,34	70,17
9:07:00	57,66	66,51	89,69	22,88	31,12	53,69	43,02	51,25	73,52
9:08:00	53,69	61,02	79,02	26,24	32,95	52,17	46,98	54,91	73,83
9:09:00	54,91	59,8	77,49	22,88	30,81	51,86	46,07	53,39	73,83
9:10:00	55,22	60,71	79,93	21,05	28,98	49,73	46,07	54	74,74
9:11:00	56,44	62,24	80,85	21,97	30,81	50,34	46,98	58,27	82,07
9:12:00	57,96	62,85	80,54	24,41	31,73	50,03	57,05	63,46	81,46
9:13:00	57,35	62,85	79,63	23,49	31,12	51,86	56,13	63,15	82,07
9:14:00	49,12	57,35	108	23,49	31,73	49,73	54,61	62,24	79,93
9:15:00	49,73	61,32	107,69	23,49	30,81	51,56	49,73	57,05	77,49
	I1 (A) Min	I1 (A) Prm	I1 (A) Max	I2 (A) Min	I2 (A) Prm	I2 (A) Max	I3 (A) Min	I3 (A) Prm	I3 (A) Max
PROMEDIO	52,70	59,56	92,08	28,00	35,34	66,31	38,49	45,06	74,72

FUENTE :METREL

ANEXO C: REGISTRO DE NIVEL FRECUENCIA (METREL)

	Freq (Hz) Min	Freq (Hz) Prm	Freq (Hz) Max
8:40:00	59,96	60,01	60,06
8:41:00	59,98	60,01	60,06
8:42:00	59,99	60,01	60,04
8:43:00	59,94	59,98	60,04
8:44:00	59,94	60	60,07
8:45:00	59,97	60,01	60,04
8:46:00	59,93	59,98	60,02
8:47:00	59,97	60,01	60,06
8:48:00	59,91	59,97	60,04
8:50:00	59,94	59,99	60,07
8:51:00	59,91	59,98	60,06
8:52:00	59,94	59,98	60,02
8:54:00	59,97	60	60,04
8:55:00	59,94	60	60,07
8:57:00	59,96	60	60,06
8:58:00	59,99	60,02	60,05
8:59:00	59,99	60,02	60,05
9:00:00	59,96	60	60,04
9:01:00	59,93	60,01	60,07
9:03:00	59,97	60,01	60,05
9:04:00	59,93	60	60,03
9:05:00	59,93	59,97	60,04
9:06:00	59,95	59,98	60,02
9:07:00	59,95	60,01	60,05
9:08:00	59,98	60,01	60,04
9:09:00	59,99	60,03	60,07
9:10:00	59,96	60	60,04
9:11:00	59,94	59,98	60,02
9:12:00	59,96	60	60,03
9:13:00	59,95	59,99	60,02
9:14:00	59,91	59,95	59,99
9:15:00	59,95	60	60,04
	Freq (Hz) Min	Freq (Hz) Prm	Freq (Hz) Max
PROMEDIO	59,95	59,99	60,04

Fuente: METREL

ANEXO D: Procedimiento para el cálculo del banco de capacitores.

Para el estudio de cálculo del banco de capacitores necesario para mejorar el factor de potencia se siguió ésta secuencia:

- 1) Toma de muestra de datos obtenidos por el Analizador de energía METREL (tiempo de muestreo: 1 día).

HORA	P (KW)	FP
0:00:00	0,88	0,61538462
1:00:00	1,54	0,65531915
2:00:00	1,03	0,66883117
3:00:00	0,95	0,62913907
4:00:00	5,36	0,92733564
5:00:00	5,01	0,94528302
6:00:00	4,86	0,94736842
7:00:00	5,83	0,92246835
8:00:00	6,51	0,94347826
9:00:00	13,91	0,92241379
10:00:00	21,56	0,86900443
10:42:00	21,02	0,85066775
11:00:00	16,6	0,90217391
12:00:00	19,86	0,87181738
13:00:00	15,74	0,89279637
14:00:00	19,29	0,89305556
15:00:00	21,14	0,97644342
16:00:00	8,39	0,97219003
17:00:00	6,23	0,95993837
18:00:00	6,22	0,95987654
19:00:00	6,76	0,97266187
20:00:00	4,62	0,95454545
21:00:00	0,87	0,64444444
22:00:00	0,87	0,6350365
23:00:00	0,86	0,65151515
23:59:00	0,73	0,52898551

Fuente:METREL

- 2) Con los valores de potencia activa y factor de potencia se calcularon los KVAR requeridos para obtener un valor óptimo del mismo (0.98).

$$Q_c(KVAR) = P(Tan(\phi_i) - Tan(\phi_f))$$

HORA	P (KW)	FP	Ø inicial	Ø final	Qc (KVAR)
0:00:00	0,88	0,61538462	0,9079225	0,2	0,94877975
1:00:00	1,54	0,65531915	0,85619127	0,2	1,46290401
2:00:00	1,03	0,66883117	0,8381609	0,2	0,93606673
3:00:00	0,95	0,62913907	0,89035121	0,2	0,98113753
4:00:00	5,36	0,92733564	0,38356705	0,2	1,07652761
5:00:00	5,01	0,94528302	0,33233532	0,2	0,71355545
6:00:00	4,86	0,94736842	0,32588296	0,2	0,65717511
7:00:00	5,83	0,92246835	0,39637041	0,2	1,25818
8:00:00	6,51	0,94347826	0,33782352	0,2	0,96725513
9:00:00	13,91	0,92241379	0,39651171	0,2	3,00424537
10:00:00	21,56	0,86900443	0,51760962	0,2	7,90566629
10:42:00	21,02	0,85066775	0,55354214	0,2	8,72917362
11:00:00	16,6	0,90217391	0,44601355	0,2	4,57226734
12:00:00	19,86	0,87181738	0,51189594	0,2	7,13252983
13:00:00	15,74	0,89279637	0,46728104	0,2	4,75096226
14:00:00	19,29	0,89305556	0,46670533	0,2	5,80856594
15:00:00	21,14	0,97644342	0,21748404	0,2	0,38620854
16:00:00	8,39	0,97219003	0,23638878	0,2	0,32035162
17:00:00	6,23	0,95993837	0,28401415	0,2	0,55568735
18:00:00	6,22	0,95987654	0,28423469	0,2	0,55628419
19:00:00	6,76	0,97266187	0,23436556	0,2	0,24365042
20:00:00	4,62	0,95454545	0,30266527	0,2	0,50611611
21:00:00	0,87	0,64444444	0,87049981	0,2	0,8559213
22:00:00	0,87	0,6350365	0,88274056	0,2	0,88194279
23:00:00	0,86	0,65151515	0,86121639	0,2	0,82706839
23:59:00	0,73	0,52898551	1,01339165	0,2	1,02313226

Fuente: METREL

3) Se realizó un seccionamiento de los valores de kVAR.

- Demanda mínima de potencia reactiva 0,827 KVAR
- Demanda máxima de potencia reactiva 8,729 KVAR
- Demanda media de potencia reactiva 4,572 KVAR

Estos son los valores necesarios de potencia reactiva que necesitará la planta para no incurrir en penalizaciones mediante un banco de condensadores.

4) Se determinó la cantidad de pasos necesarios para la implementación del banco de capacitores (6 pasos de 1.5 KVAR).

Se necesitará una potencia reactiva de 8,729 KVAR o una de valor inmediato superior, en éste caso de 9 KVAR, el mismo que permitirá asegurar un factor de potencia óptimo para evitar la penalización.

Se utilizará para el diseño un banco de capacitores de 6 pasos, es decir, se tendrá por cada paso 1,5 KVAR completando así los 9 KVAR requeridos.

5) Se calculó el dimensionamiento de las protecciones de los pasos y la protección principal.

Para el banco de capacitores se necesitará de seis condensadores de 1.5 KVAR a 220 [V].

6) Se dimensionó el cableado para el respectivo banco de capacitores.

Los cables de alimentación de los capacitores deben dimensionarse teniendo en cuenta que su corriente nominal puede verse incrementada hasta un 30%.

$$I_{nCONDUCTOR} = 1,3 * I_n$$

$$I_{nCONDUCTOR} = 1,3 * 3,94$$

$$I_{nCONDUCTOR} = 5,12 [A]$$

Se elige el conductor que cumpla con las características de corriente, el cual equivale a un conductor de calibre 14 AWG.

Para los calibres de alimentación principal del banco se toma en cuenta la corriente total del banco de capacitores 23,65 [A].

$$I_{nCONDUCTOR} = 1,3 * I_n$$

$$I_{nCONDUCTOR} = 1,3 * 23,65$$

$$I_{nCONDUCTOR} = 30,75 [A]$$

El conductor que satisface las características del diseño es un conductor de calibre 6 AWG.

TABLA PARA ALAMBRES DE COBRE			
# AWG	DIAMETRO mm	SECCIÓN mm ²	CORRIENTE MÁXIMA ADMISIBLE (2,8A/mm ²)
0	8,25195	53,4814	149,74792
1	7,34857	42,4126	118,75528
2	6,54408	33,6347	94,17716
3	5,82767	26,6734	74,68552
4	5,18968	21,153	59,2284
5	4,62154	16,775	46,97
6	4,11560	13,3032	37,24896
7	3,66504	10,5499	29,53972
8	3,26381	8,3664	23,42592
9	2,90650	6,6349	18,57772
10	2,58831	5,2617	14,73276
11	2,30496	4,1727	11,68356
12	2,05262	3,3091	9,26548
13	1,82791	2,6242	7,34776
14	1,62780	2,0811	5,82708
15	1,44960	1,6504	4,62112
16	1,29090	1,3088	3,66464
17	1,14958	1,0379	2,90612
18	1,02373	0,8231	2,30468
19	0,91166	0,6528	1,82784
20	0,81185	0,5177	1,44956

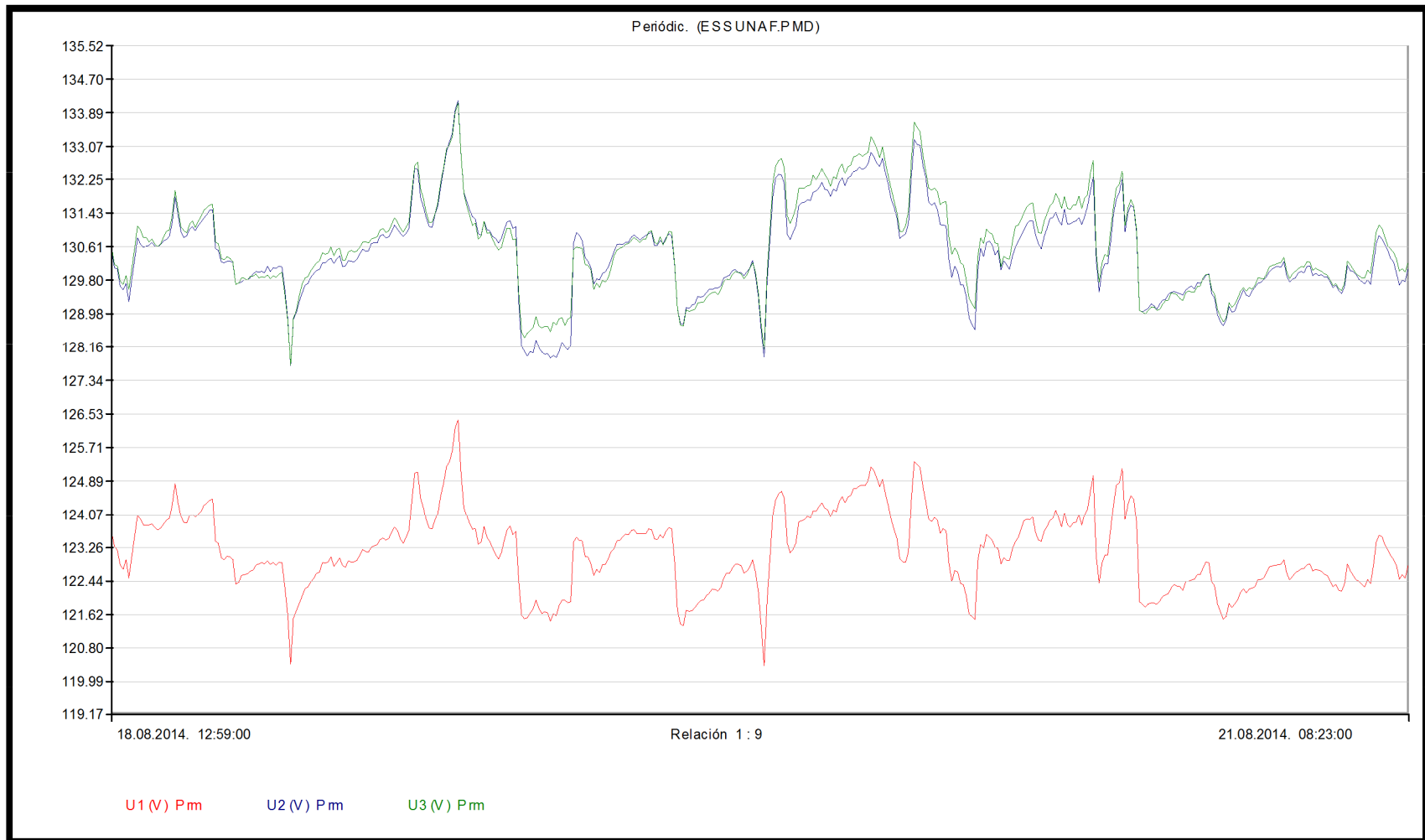
Fuente: SERCONTEL

Cabe recalcar que éste estudio se basó en lo encontrado en un instante determinado, en una fecha específica, en la que se estaban realizando adecuaciones a la Cámara (cambio de lugar de la cocina con ayuda de una acometida auxiliar) por lo que se debe realizar un nuevo estudio para implementar un banco de capacitores óptimo para el nuevo balanceo de cargas, es decir, se deben volver a equilibrar las cargas y realizar los respectivos mantenimientos de los tableros principales y secundarios, razón de peso por la que no se puede precisar un costo económico exacto para el banco y por eso se da un rango de precios para tener una idea de lo que se tiene que invertir para el mejoramiento de las instalaciones cuya consecuencia será el ahorro económico.

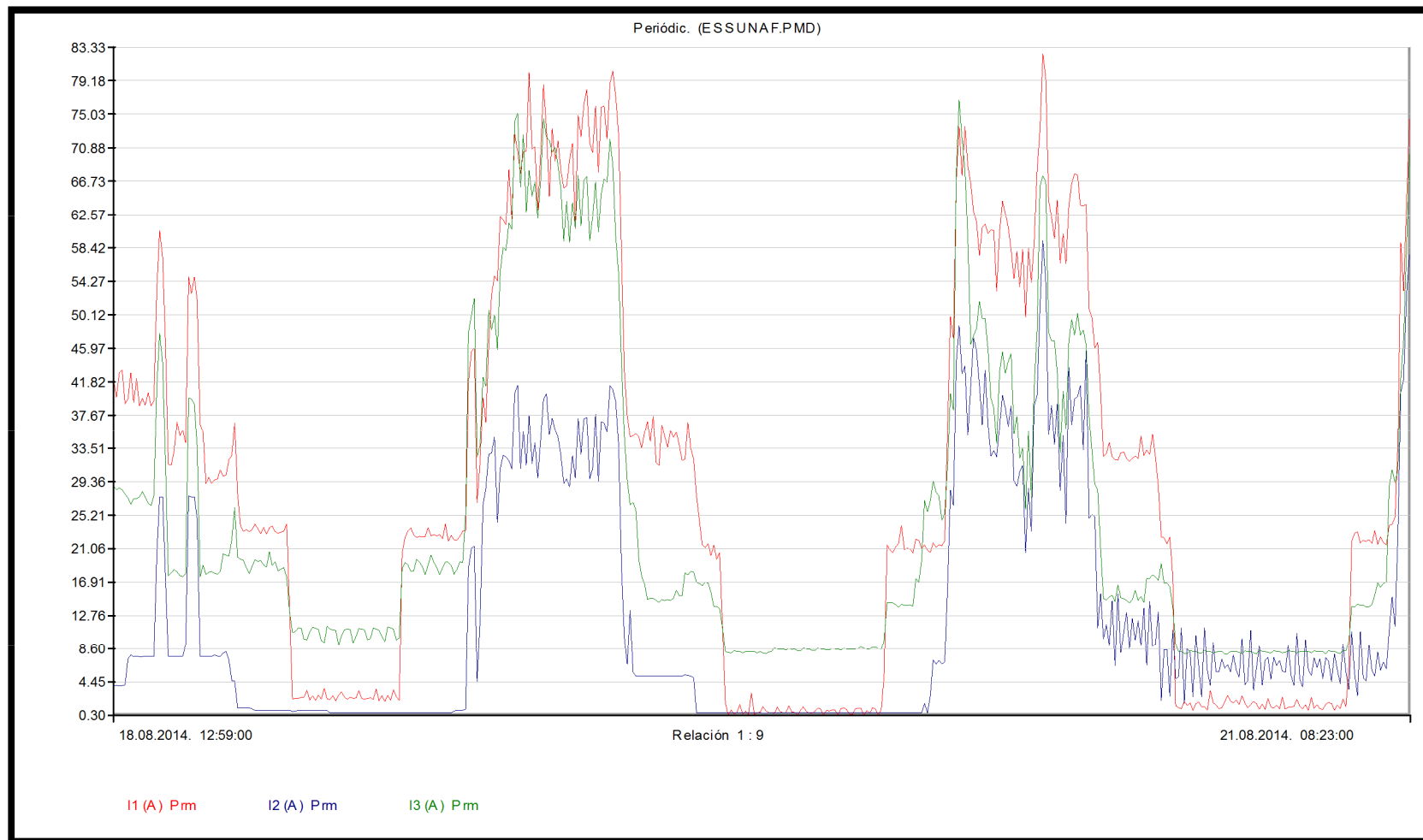
ANEXO E: PLANILLA ELÉCTRICA DE LA ESSUNA



ANEXO F: CURVA DE DESBALANCE DE VOLTAJE EN EL BANCO DE TRANSFORMADORES EN LA CÁMARA DE GUARDIAMARINAS



ANEXO G : DESBALANCE DE CORRIENTE EN EL BANCO DE TRANSFORMADORES DE LA CÁMARA DE GUARDIAMARINA



ANEXO H: NIVEL DE FRECUENCIA EN EL BANCO DE TRANSFORMADORES DE LA CÁMARA DE
GUARDIAMARINAS

