



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

DIRECCIÓN DE POSGRADOS

TESIS EN OPCIÓN AL GRADO ACADÉMICO DE MAGISTER EN GESTIÓN DE ENERGÍAS.

TÍTULO:

“EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA DEL SISTEMA ELÉCTRICO DEL PROCESO PRODUCTIVO DE LA EMPRESA DE LÁCTEOS “SOPRAB” DE LA CIUDAD DE AMBATO, EN EL AÑO 2012 - 2013. DISEÑO DE UN PLAN DE GESTIÓN PARA EL USO EFICIENTE DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA”.

Autor:

MAYORGA PÉREZ, Méntor Fabián

Tutor:

MARRERO RAMÍREZ, Secundino Dr.C.

LATACUNGA – ECUADOR

Enero - 2018



AVAL DEL TRIBUNAL DE GRADO

En calidad de Miembros del Tribunal de Grado aprueban el presente Informe del Proyecto de Investigación y Desarrollo de posgrados de la Universidad Técnica de Cotopaxi; por cuanto, el posgraduado: Ingeniero Méntor Fabián Mayorga Pérez., con el título del trabajo de investigación y desarrollo titulado: **“EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA DEL SISTEMA ELÉCTRICO DEL PROCESO PRODUCTIVO DE LA EMPRESA DE LÁCTEOS “SOPRAB” DE LA CIUDAD DE AMBATO, EN EL AÑO 2012 - 2013. DISEÑO DE UN PLAN DE GESTIÓN PARA EL USO EFICIENTE DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA”**, ha considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de Defensa.

Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga enero 16, 2018

Para constancia firman:

MSc. MANUEL ÁNGEL
LEÓN SEGOVIA

cc.....
PRESIDENTE

MSc. XAVIER ALFONSO
PROAÑO MALDONADO

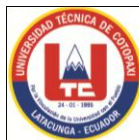
cc.....
MIEMBRO

PhD. ILIANA ANTONIA
GONZÁLEZ PALAU

cc.....
MIEMBRO

MSc. MARCO ANÍBAL
LEÓN SEGOVIA

cc
OPONENTE



CERTIFICADO DE ACEPTACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del **Programa de Maestría en Gestión de Energías**, cohorte 2011, nombrado por el Honorable Consejo de Posgrados de la UTC.

CERTIFICO

Que he analizado el Proyecto de investigación y desarrollo titulado de **“EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA DEL SISTEMA ELÉCTRICO DEL PROCESO PRODUCTIVO DE LA EMPRESA DE LÁCTEOS “SOPRAB” DE LA CIUDAD DE AMBATO, EN EL AÑO 2012 - 2013. DISEÑO DE UN PLAN DE GESTIÓN PARA EL USO EFICIENTE DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA”** presentado por Méntor Fabián Mayorga Pérez, con cédula de ciudadanía 1802740637 como requisito previo para la aprobación y el desarrollo de la investigación para optar el grado de **Magister en Gestión de Energías**.

Sugiero su aprobación y permita continuar con el trabajo de investigación.

Latacunga octubre 26, 2017

Dr.C. Secundino Marrero Ramírez.

CC.....

TUTOR



RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA.

Yo, Méntor Fabián Mayorga Pérez, ciudadano ecuatoriano, portador de cédula de identidad número 180274063-7, me responsabilizo de la autoría de la investigación monográfica denominada **“Evaluación de la Eficiencia Energética del Sistema Eléctrico del Proceso Productivo de la Empresa de Lácteos “Soprab” de la ciudad de Ambato, en el año 2012 - 2013. Diseño de un Plan de Gestión para el Uso Eficiente de la Energía Eléctrica”**, los análisis y síntesis son de exclusiva responsabilidad de mi persona como autor de este informe.

AUTOR

.....
Ing. Méntor Fabián Mayorga Pérez.

C.I. 180274063-7



AGRADECIMIENTO

A Dios por darme la fortaleza para culminar una nueva meta propuesta, iluminándome el camino en los momentos más difíciles, sin dejarme caer en ningún momento.

A la Universidad Técnica de Cotopaxi por haberme abierto sus puertas para fortalecer el conocimiento a través de sus docentes que con mucha abnegación y dominio pedagógico compartieron sus experiencias.

Mi especial reconocimiento a mi tutor por su invaluable labor, a los profesores asesores por su apoyo que supieron guiarme hasta llegar a esta meta.

Méntor



DEDICATORIA

A mi familia que en todo momento supieron brindarme su incondicional apoyo con sus alentadoras palabras que fueron siempre un impulso muy grande para avanzar hacia el objetivo.

Méntor.



Universidad
Técnica de
Cotopaxi

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
DIRECCIÓN DE POSGRADOS

PROGRAMA: “MAESTRÍA EN GESTIÓN DE ENERGÍAS”

“EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA DEL SISTEMA ELÉCTRICO DEL PROCESO PRODUCTIVO DE LA EMPRESA DE LÁCTEOS “SOPRAB” DE LA CIUDAD DE AMBATO, EN EL AÑO 2012 - 2013. DISEÑO DE UN PLAN DE GESTIÓN PARA EL USO EFICIENTE DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA”

Autor: Méntor Fabián Mayorga Pérez.

Fecha: Enero, 2018



ÍNDICE GENERAL

AVAL DEL TRIBUNAL DE GRADO.....	ii
CERTIFICADO DE ACEPTACIÓN DEL TUTOR.....	iii
RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA.....	iv
AGRADECIMIENTO.....	v
DEDICATORIA.....	vi
ÍNDICE GENERAL.....	viii
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xii
ÍNDICE DE TABLAS.....	xiv
ÍNDICE DE ECUACIONES.....	xv
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xvi
RESUMEN.....	xvii
ABSTRACT.....	xviii
INTRODUCCIÓN.....	1
Problema.....	3
Planteamiento del problema.....	4
Justificación de la investigación.....	4
Objeto de la investigación.....	5
Objetivo general.....	5
Entorno de la acción.....	5
Problemas no resueltos:.....	5
Hipótesis.....	5
Objetivos específicos.....	6
Tareas.....	6
CAPÍTULO I.....	7
FUNDAMENTO TEÓRICO DE LA INVESTIGACIÓN.....	7
1.1. Antecedentes de la Investigación.....	7
1.2. Fundamento teórico y marco conceptual.....	12
1.2.1. Energía.....	13
Energía primaria.....	14
Energía secundaria.....	14
Energía útil.....	14
1.2.2. Variables y Parámetros que influyen en el consumo de energía eléctrica.....	14



a. Demanda máxima.	16
Demandas máximas prolongadas	16
Demandas máximas de corta duración	16
b. Capacidad instalada	17
c. Carga promedio.....	17
d. Factor de demanda.....	17
e. Factor de diversidad y factor de coincidencia.	18
f. Factor de carga	19
1.2.3. Métodos de control de demanda.....	20
A) Eliminación de cargas	20
B) Reprogramar las cargas	20
C) Interrumpir temporalmente las cargas	20
D) Programación de arranque.....	20
E) Variador de velocidad (o variador de frecuencia).	20
1.2.4. Calidad de la Energía (QEE).	21
Fuentes de Armónicos.	22
Efecto de los Armónicos.....	22
Inserción de filtros L-C en la red.....	23
1.2.5. Compensación de Energía Reactiva.	23
Cálculo de la potencia reactiva necesaria para corregir el factor de potencia.	26
Consideraciones para la localización de los capacitores.	28
1.2.6. Métodos y mediciones para la evaluación de la eficiencia de los motores eléctricos.	29
Método de la corriente	30
1.2.7. Dimensionamiento de disyuntores y Conductores.	31
1.3. FUNDAMENTACIÓN LEGAL.	32
1.3.1. Sistema de Gestión Energética ISO 50001	32
1.3.2.- Líneas de Investigación del Instituto Nacional de Eficiencia Energética y Energías renovables (INER).	33
1.3.3.- Ley de Régimen del Sector Eléctrico (LRSE).	34
1.3.4.- Reglamento de Buenas Prácticas de Manufactura BPM	35
1.4. Conclusiones del Capítulo	36
CAPÍTULO II.....	37
METODOLOGÍA.....	37
DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....	37



2.1. Modalidad de la investigación.....	37
2.2. Métodos y técnicas utilizados en la recolección de datos en el desarrollo de la investigación.	39
2.2.1. La Entrevista.....	39
2.2.2. La Observación Directa	39
2.2.3. Documentación y registros.-.....	41
2.2.4. Lecturas de campo.- Censo de carga por medio de la medición con equipos especializados.....	42
2.3. Operacionalización de las variables.	45
2.3.1. Variable Independiente:.....	45
2.3.2. Variable Dependiente:	45
2.4. Validación de datos.	46
2.5. Conclusiones del capítulo.....	48
CAPÍTULO III.	49
ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	49
DE LA INVESTIGACIÓN	49
3.1. Datos Generales de la Industria.....	49
Producción de la Industria.	50
Flujo de Proceso.	51
3.2. Comportamiento Energético actual de la Procesadora de Lácteos Soprab.	53
Sistema eléctrico general de la planta.....	54
3.3. Resultados de las Mediciones de Campo y Caracterización de la Energía Eléctrica.	58
3.3.1. Análisis y Caracterización de la Energía Eléctrica cuando el sistema trabaja con el Capacitor de compensación existente Activado (cC).....	59
Resultados de la validación de datos cC.....	62
3.3.2. Análisis y Caracterización de la Energía Eléctrica cuando el sistema trabaja con el Capacitor de compensación existente Desactivado (sC).....	64
Resultados de la validación de datos sC.....	68
3.4. Evaluación de la eficiencia de los motores más representativos energéticamente de la planta de lácteos Soprab.....	69
3.5. Consumo de Energía Eléctrica y Producción.	70
3.6. Proyección Energética de Industrias de Lácteos Soprab	71
3.7. Resultado de la comparación de los métodos para la corrección del factor de potencia.	75



3.8. Comprobación de la Hipótesis.....	76
3.9. Conclusiones del Capítulo.	77
CAPÍTULO IV	79
PROPUESTA DE SOLUCIÓN.....	79
4.1. Título de la propuesta.	79
4.2. Justificación de la propuesta.....	79
4.3. Objetivo de la propuesta.	80
4.4. Estructura de la propuesta.....	80
4.5 Desarrollo de la propuesta.	81
4.5.1. Sistema de Compensación de reactivos de inyección variable al sistema eléctrico de la planta de lácteos Soprab.	81
4.5.2. Selección del sistema de compensación de inyección variable a implementar. ...	84
4.6. Análisis económico de la compensación de energía reactiva.	84
4.7. Validación Técnica de la propuesta.	87
Compensación de reactivos a carga máxima	88
Compensación de reactivos a carga media	89
Compensación de reactivos a carga mínima.....	89
4.8. Resultados de la implementación del banco combinado de compensación de reactivos (fijo más automático de inyección variable).....	91
CONCLUSIONES GENERALES.	97
RECOMENDACIONES GENERALES.	99
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.	103
NETGRAFÍA.....	106
ANEXOS	108



ÍNDICE DE GRÁFICOS

FIGURA 1. SISTEMA DE GESTIÓN ENERGÉTICA (SGE) PARA LA INDUSTRIA LÁCTEA.	9
FIGURA 2. SISTEMA DE GESTIÓN ENERGÉTICA (SGE) PARA LA INDUSTRIA LÁCTEA (CONTINUACIÓN).....	10
FIGURA 3. VALORES DE DEMANDA DE POTENCIA EN EL TIEMPO.....	16
FIGURA 4. REPRESENTACIÓN DEL $\cos \phi$ POR MEDIO DEL TRIÁNGULO DE POTENCIAS.	23
FIGURA 5. INSTALACIÓN Y PROGRAMACIÓN DEL ANALIZADOR DE REDES.	43
FIGURA 6. ORGANIGRAMA FUNCIONAL.	50
FIGURA 7. DISTRIBUCIÓN DE LA PRODUCCIÓN LÁCTEA DE SOPRAB.....	51
FIGURA 8. FLUJO DE PROCESOS.	52
FIGURA 9. TASA PORCENTUAL DE PORTADORES ENERGÉTICOS DE LA PLANTA DE LÁCTEOS EN EL 2012.....	54
FIGURA 10. DIAGRAMA UNIFILAR GENERAL DEL SISTEMA DE ALIMENTACIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA.	56
FIGURA 11. CONSUMOS HISTÓRICOS DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA DURANTE EL PERIODO 2009 - 2012.	57
FIGURA 12. VALORES (\$) MENSUALES POR PENALIZACIÓN.....	58
FIGURA 13. PATRÓN DE COMPORTAMIENTO DEL FACTOR DE POTENCIA CC.	59
FIGURA 14. PATRÓN DE COMPORTAMIENTO DE LA POTENCIA ACTIVA CC.	60
FIGURA 15. PATRÓN DE COMPORTAMIENTO DE LA POTENCIA REACTIVA CC.	61
FIGURA 16. PATRÓN DE COMPORTAMIENTO DE LA POTENCIA APARENTE CC.....	62
FIGURA 17. SISTEMA ELÉCTRICO DE SOPRAB EN CYMDIST.....	63
FIGURA 18. PARÁMETROS DEL SISTEMA ACTUAL CON CARGA MÍNIMA Y COMPENSACIÓN DE 5,5 kVAR.	64
FIGURA 19. COMPORTAMIENTO DEL FACTOR DE POTENCIA SC.....	65
FIGURA 20. COMPORTAMIENTO DE LA POTENCIA ACTIVA SC.....	66
FIGURA 21. COMPORTAMIENTO DE LA POTENCIA REACTIVA SC.....	66
FIGURA 22. COMPORTAMIENTO DE LA POTENCIA APARENTE SEGÚN LA DEMANDA VARIABLE A DIFERENTES HORAS DEL DÍA.	67
FIGURA 23. COMPORTAMIENTO DEL VOLTAJE ENTRE FASES SC.	68



FIGURA 24. PARÁMETROS DEL SISTEMA ACTUAL CON CARGA MÁXIMA SIN COMPENSACIÓN.....	69
FIGURA 25. COMPORTAMIENTO DE LA DEMANDA	72
FIGURA 26. COMPORTAMIENTO DEL VALOR DE LA PLANILLA ELÉCTRICA.	73
FIGURA 27. ANÁLISIS ECONÓMICO TIR A DISTINTAS TASAS DE DESCUENTO.	86
FIGURA 28. COMPENSACIÓN DE REACTIVOS A CARGA MÁXIMA.....	88
FIGURA 29. COMPENSACIÓN DE REACTIVOS A CARGA MEDIA.....	89
FIGURA 30. COMPENSACIÓN DE REACTIVOS A CARGA MÍNIMA.....	90
FIGURA 31. CONFIGURACIÓN DE LOS ESTADOS DE INYECCIÓN DEL BANCO DE CONDENSADORES.	92
FIGURA 32. COMPORTAMIENTO DEL FACTOR DE POTENCIA SC.....	93
FIGURA 33. COMPORTAMIENTO DEL FACTOR DE POTENCIA CC. DE 5,5KVAR	93
FIGURA 34. COMPORTAMIENTO DEL FACTOR DE POTENCIA CON EL TABLERO DE COMPENSACIÓN IMPLEMENTADO.....	94
FIGURA 35. CONFIGURACIÓN FÍSICA DEL TABLERO DE COMPENSACIÓN.....	95
FIGURA 36. DIAGRAMA UNIFILAR DEL TABLERO DE COMPENSACIÓN.....	95
FIGURA 37. DIAGRAMA UNIFILAR MODIFICADO DEL SISTEMA ELÉCTRICO DE SOPRAB.....	96



ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. AUMENTO DE LA POTENCIA DISPONIBLE EN % EN EL SECUNDARIO DE UN TRANSFORMADOR EN FUNCIÓN DEL COS ϕ DE LA CARGA.	26
TABLA 2. NIVELES DE COMPENSACIÓN.....	28
TABLA 3. VARIABLE INDEPENDIENTE. USO DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA.....	45
TABLA 4. VARIABLE DEPENDIENTE. VALOR DE LA PLANILLA POR CONCEPTO DEL SERVICIO ELÉCTRICO.	46
TABLA 5. HISTÓRICOS DE CONSUMO DE PORTADORES ENERGÉTICOS EN EL 2012... 53	
TABLA 6. TASA PORCENTUAL DE PORTADORES ENERGÉTICOS EN LA PLANTA DE LÁCTEOS SOPRAB EN EL 2012.....	54
TABLA 7. VALORES DE EFICIENCIA DE LOS MOTORES MÁS REPRESENTATIVOS DE LA INDUSTRIA LÁCTEA SOPRAB.	70
TABLA 8. TARIFA HORARIA.	71
TABLA 9. PROYECCIÓN DE DEMANDA Y PENALIZACIÓN POR BAJO FACTOR DE POTENCIA DE LA PLANTA DE LÁCTEOS SOPRAB.....	73
TABLA 10. VALORES DE COMPENSACIÓN INSTANTÁNEOS A DIFERENTES HORAS DEL DÍA SEGÚN LA DEMANDA DE POTENCIA ACTIVA Y EL FACTOR DE POTENCIA..	82
TABLA 11. COTIZACIÓN BANCO DE CONDENSADORES FIJOS	83
TABLA 12. COTIZACIÓN BANCO DE CONDENSADORES SEMI – AUTOMÁTICOS.....	83
TABLA 13. COTIZACIÓN BANCO DE CONDENSADORES AUTOMÁTICOS	84
TABLA 14. TIEMPO DE RECUPERACIÓN DE LA INVERSIÓN	85
TABLA 15. ANÁLISIS ECONÓMICO DEL SISTEMA DE COMPENSACIÓN DEL FACTOR DE POTENCIA PARA LA PLANTA DE LÁCTEOS SOPRAB.	87
TABLA 16. CONFIGURACIÓN DE LOS ESTADOS DE INYECCIÓN DEL BANCO DE CONDENSADORES.....	88



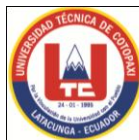
ÍNDICE DE ECUACIONES.

$FP = PS$ ECUACIÓN 1	23
$P = U * I * \cos \phi_1$ ECUACIÓN 2.....	23
$Q = U * I * \sin \phi_1$ ECUACIÓN 3	23
$S = U * I$ ECUACIÓN 4.....	23
$QC \text{ (KVAR)} = P \text{ (KW)} * (\tan \phi_1 - \tan \phi_2)$ ECUACIÓN 5	27
$C = Qc^2 * \pi * f * U^2$ ECUACIÓN 6	28
$\eta = \frac{P_{SALIDA}}{P_{ELECTRICA \text{ ENTRADA}}}$ ECUACIÓN 7	30
$kW_{SALIDA} = \frac{I_{MEDIDA}}{I_{NOMINAL}} \times kW_{NOMINAL}$ ECUACIÓN 8	30
$kW_{SALIDA} = \frac{I_{MEDIDA}}{I_{NOMINAL}} \times \frac{V_{MEDIDO}}{V_{NOMINAL}} \times kW_{NOMINAL}$ ECUACIÓN 9	30
$kW_{ENTRADA} = \frac{V_{PROM} * I_{PROM} * 2 * \cos \phi}{1000}$ ECUACIÓN 10	31
$BFP = (0,92 / FPR) - 1$. ECUACIÓN 11.....	34
ECUACIÓN 12.....	74



ÍNDICE DE ANEXOS

- ANEXO 1. DIAGRAMA DE PLANTA DE INDUSTRIA DE LÁCTEOS SOPRAB.
- ANEXO 2. FOTOGRAFÍAS DEL USO INEFICIENTE DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA EN LA INDUSTRIA DE LÁCTEOS SOPRAB.
- ANEXO 3. REGISTRO DE CONSUMOS HISTÓRICOS DE ENERGÍA ELÉCTRICA DE LA INDUSTRIA DE LÁCTEOS SOPRAB.
- ANEXO 4. CARGA INSTALADA EN LA INDUSTRIA DE LÁCTEOS SOPRAB.
- ANEXO 5. PATRONES DE COMPORTAMIENTO DE LA POTENCIA ACTIVA Y REACTIVA DE LA INDUSTRIA DE LÁCTEOS SOPRAB CC.
- ANEXO 6. PATRONES DE COMPORTAMIENTO DE LA POTENCIA APARENTE Y FACTOR DE POTENCIA DE LA INDUSTRIA DE LÁCTEOS SOPRAB CC.
- ANEXO 7. COMPORTAMIENTO DE LOS VOLTAJES DE LA INDUSTRIA DE LÁCTEOS SOPRAB, SISTEMA SIN COMPENSACIÓN (sC) VS SISTEMA COMPENSADO (cC).
- ANEXO 8. COMPORTAMIENTO DE LAS CORRIENTES DE LÍNEA DE LA INDUSTRIA DE LÁCTEOS SOPRAB, SISTEMA SIN COMPENSACIÓN (sC) VS SISTEMA COMPENSADO (cC).
- ANEXO 9. COMPORTAMIENTO DE LA POTENCIA ACTIVA Y REACTIVA INDUSTRIA DE LÁCTEOS SOPRAB, SISTEMA SIN COMPENSACIÓN (sC) VS SISTEMA COMPENSADO(cC).
- ANEXO 10. COMPORTAMIENTO DE LA POTENCIA APARENTE Y FACTOR DE POTENCIA DE LA INDUSTRIA DE LÁCTEOS SOPRAB, SISTEMA SIN COMPENSACIÓN (sC) VS SISTEMA COMPENSADO (cC).
- ANEXO 11. FACTORES DE MULTIPLICACIÓN (FM) PARA LA CORRECCIÓN DEL FACTOR DE POTENCIA DE UN VALOR ACTUAL A UN VALOR DESEADO.
- ANEXO 12. ORIGEN DE PERTURBACIONES Y SU FRECUENCIA DE APARECIMIENTO.
- ANEXO 13. GENERADORES DE ARMÓNICOS.
- ANEXO 14. EFECTOS DE LOS ARMÓNICOS.
- ANEXO 15. CAPACIDAD DE CONDUCCIÓN DE CORRIENTE DE CONDUCTORES ELÉCTRICOS.
- ANEXO 16. MUESTRA DE PARÁMETROS MEDIDOS POR EL ANALIZADOR DE REDES EN FORMATO ORIGINAL DEL EQUIPO.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
DIRECCIÓN DE POSGRADOS
PROGRAMA DE MAESTRÍA EN GESTIÓN DE ENERGÍAS

TÍTULO: “Evaluación de la Eficiencia Energética del Sistema Eléctrico del Proceso Productivo de la Empresa de Lácteos “Soprab” de la ciudad de Ambato, en el año 2012 - 2013. Diseño de un Plan de Gestión para el Uso Eficiente de la Energía Eléctrica”.

AUTOR: MAYORGA PÉREZ Méntor Fabián.
TUTOR: MARRERO RAMÍREZ Secundino Dr.C.

RESUMEN

El desarrollo actual y prospectivo de la industria y los servicios, en una economía abierta y globalizada, requiere de acciones encaminadas a reducir costos y aumentar la competitividad de una forma amigable con el medio ambiente, generalmente en las pequeñas y medianas industrias, el costo de implementación de nuevas tecnologías hace que arrastre el problema del uso de equipamiento obsoleto y energéticamente ineficiente lo cual conlleva a costos adicionales innecesarios por el insumo energético mal empleado. Dentro de este contexto, se encuentra la industria de lácteos “Soprab” de la ciudad de Ambato, es así, que los costos por concepto de consumo de energía eléctrica han pasado a constituirse en un rubro cada vez más significativo en los costos finales de los productos. El objetivo principal del presente trabajo, fue elaborar un plan de acciones técnicas metodológicamente definidas que conlleven a mejorar el uso de la energía eléctrica identificando todas las oportunidades de reducir los costos por este insumo. La investigación se contextualiza en la búsqueda e identificación de oportunidades de mejorar el uso energético de la industria láctea basada en el período de análisis 2012 – 2013, la investigación in-situ se desarrolló con el respaldo bibliográfico pertinente principalmente enfocado al uso final de la energía eléctrica en lo que implica el factor de potencia, control de la demanda y consumo, factores principales dentro de una planilla eléctrica. La recopilación y el análisis de los datos arrojan el diagnóstico real que permite estructurar un plan de gestión que reduce 8 % al valor facturado del consumo de energía eléctrica con una inversión amortizada en 1.6 años, a partir de ahí se convierte en rédito económico para la empresa, finalmente se describen algunas recomendaciones y sugerencias necesarias.

Descriptor: Factor de potencia, energía eléctrica, eficiencia energética, industria láctea, plan energético.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
DIRECCIÓN DE POSGRADOS
PROGRAMA DE MAESTRÍA EN GESTIÓN DE ENERGÍAS

TITLE: “Evaluation of the energy efficiency of the electrical system of the production process at the dairy company "Soprab" in Ambato, during the year 2012-2013. Design of a management plan for the efficient use of electric energy”

AUTHOR: MAYORGA PÉREZ Méntor Fabián.
TUTOR: MARRERO RAMÍREZ Secundino Dr.C.

ABSTRACT

The current and prospective development of industry and services, in an open and globalized economy, requires actions aimed at reducing costs and increasing competitiveness in a friendly way with the environment, generally in small and medium industries, the cost of implementing new technologies has provoked the problem about the use of obsolete equipment and energetically inefficient which leads to additional costs unnecessary for the energy input misused. Thus, there is the "Soprab" dairy industry in Ambato, so that the costs of electric energy consumption have become an increasingly significant item in the final costs of the products. The main objective of research work, it was to elaborate a methodologically and technical plan of defined actions that lead to improve the use of electric energy, identifying all the opportunities to reduce costs by this input. The research is contextualized in the search and identification of opportunities to improve the energy use of the dairy industry based on the analysis period 2012-2013, the research in.situ was developed with relevant bibliographic support mainly focused on the final use of electric energy in the which involves the power factor, control of demand and consumption, the main factors within an electric payment. The compilation and analysis of the data show the real diagnosis that allow the structuring of a management plan that will reduce 8% the invoiced value of the electric energy consumption with an investment amortized in 1,6 years, from one comes to become an economic resource for the company, finally, some recommendations and suggestions are described.

Descriptors: power factor, electric energy, energy efficiency, dairy industry, energy plan.

Aval de Traducción:

.....
Nombre: Lic. Nelson W. Guagchinga Ch.
C.I.0503246415.



INTRODUCCIÓN.

En el ámbito industrial el concepto de desarrollo sostenible debe traducirse en el compromiso de fijar y lograr metas de funcionamiento que reduzcan el deterioro de los recursos naturales y las emisiones de sustancias nocivas al medio ambiente, así como en el compromiso de optimizar procesos y equipos en busca de un uso racional de energéticos con alta responsabilidad y calidad sobre los productos que fabrican.

Cualquier acción direccionada al uso eficiente de la energía sólo tiene sentido en la medida que permita reducir los costos globales de la producción de las empresas sin interferir en la calidad del producto o servicios prestados. Entre las oportunidades más rentables en los proyectos de ahorro de energía eléctrica en la industria y en otros servicios, están el control o administración de la demanda máxima, factor de potencia y consumo de energía.

En el Ecuador existen un sin número de pequeñas plantas artesanales: de la confección, del calzado, de la construcción, textiles, agro-industriales, etc. Entre ellas las que se dedican al procesamiento de lácteos con una producción de hasta 10 mil litros diarios como es el caso de la industria láctea Soprab de la ciudad de Ambato, para su desarrollo y crecimiento debe orientarse a determinar las formas y métodos más eficientes que permitan hacer un mejor uso de los energéticos.

No significa que en las grandes empresas no se requiera de gestión energética, sino que a diferencia de las anteriores por el capital que se manejan se puede pensar en innovación tecnológica, automatización de procesos etc. que es otra parte del uso eficiente de la energía, que si bien es cierto se lo puede aplicar en las pequeñas pero con una inversión elevada, capacidad económica que muchas de estas empresas no la poseen.

En la planificación para efectuar una administración energética uno de los primeros pasos a dar es realizar un análisis de los consumos energéticos y para



ello resulta fundamental analizar el proceso productivo e identificar las reservas que pueden ser aprovechadas de mejor manera. La investigación se contextualiza en cuatro capítulos estructurados de la siguiente forma:

La parte introductoria localiza geográficamente la situación problemática lo cual permite identificar el problema específico de la industria láctea tomando como referencia el período de análisis 2012 - 2013, se determina el objeto y campo de la investigación, la justificación por el cual se realiza la investigación y se establecen los objetivos: general y específicos.

En el primer capítulo se fundamenta el estado del arte con la investigación bibliográfica pertinente principalmente enfocada al uso final de la energía eléctrica, antecedentes investigativos relacionados con el tema en los que se describen experiencias de industrias similares, además de las conceptualizaciones de parámetros que intervienen en la administración y control del consumo de energía eléctrica como son el control de la demanda y el factor de potencia.

En el segundo capítulo se indica la metodología utilizada para la obtención de los datos: la modalidad, el tipo de investigación, el nivel y las técnicas e instrumentos a utilizar para que los datos sean relevantes y válidos.

En el capítulo tercero se analizan los resultados de los datos obtenidos por los instrumentos y se los interpreta mediante el empleo de tablas y gráficos estadísticos generados a partir de la información recolectada y tabulada.

El capítulo cuarto abarca el planteamiento de la estructura de la propuesta de solución al problema planteado en el primer capítulo además de aquellos encontrados en el desarrollo del trabajo. La propuesta conlleva a relacionar equipos tecnológicamente eficientes, métodos de uso racional enmarcadas en un plan de acciones orientadas a mejorar la producción a través la formación de hábitos en todos los trabajadores incluidos administradores que permitan la disminución de costos en el rubro de la energía eléctrica.



Finalmente se describen las conclusiones a las cuales se llegaron luego de realizada la investigación, indicando las recomendaciones necesarias para su implementación, las bondades y beneficios encontrados por medio de un análisis económico de factibilidad del proyecto para que en cuanto la gerencia general de la planta lo estime conveniente su ejecución.

Problema.

La falta de un asesoramiento profesional - técnico, el inadecuado nivel tecnológico por obsolescencia en unos casos y en otros por ineficiencia del equipamiento actual de la planta frente a los equipos de última generación provocan consumos de energía innecesarios.

Según el gerente – propietario de la empresa de lácteos SOPRAB de la ciudad de Ambato en el transcurso del desarrollo de sus actividades no se ha desarrollado investigación alguna acerca del ámbito energético ni estudios técnicos de implementación y expansión de la planta sino más bien se han realizado investigaciones que mejoren y perfeccionen la calidad del producto terminado.

Conforme la entrevista avanza se determina que desconoce que puede hacer un control de la demanda facturable por coincidencia de procesos, no existe mantenimiento preventivo de los equipos y máquinas sino solo mantenimiento correctivo y no tiene en vigencia ningún plan de uso eficiente de la energía, pero está consciente que existe algún problema desconocido que influye en altos costos de la planilla de energía eléctrica.

El equipamiento de la planta ha ido creciendo conforme los requerimientos de volúmenes de producción lo exigen, mas no por que han sido seleccionados o remplazados con el debido criterio técnico de maximizar el uso del recurso energético por medio de equipos de alta eficiencia, sumado la falta de asesoramiento en campos como el gerenciamiento de la demanda facturable,



utilización de cargas reactivas de compensación energética , automatización de procesos entre otras conllevan a generar costos adicionales en la factura de consumo eléctrico de la empresa de lácteos SOPRAB de la ciudad de Ambato.

De forma rápida mientras se pudo visualizar como puntos de partida: la falta de automatización de procesos, equipos obsoletos e instalaciones eléctricas inseguras y deficientes que seguramente van a relacionarse con otros aspectos que se determinarán por medio del trabajo de campo y los resultados del equipo especializado utilizado para este fin

Planteamiento del problema.

Con el criterio que antecede, al problema se lo puede enunciar como: “falta de un programa o plan de uso eficiente de la energía eléctrica que abarque equipos y procesos que vayan de la mano con la responsabilidad de todos los trabajadores que operativa y administrativamente se desempeñan en Soprab”

Justificación de la investigación.

El desarrollo de la presente investigación responde a la necesidad de determinar técnicamente equipos o condiciones energéticas mal utilizados reflejado en la planilla de consumo eléctrico de la industria láctea Soprab; a través de la evaluación, monitoreo y análisis profundo y detenido del desempeño energético de la planta.

Los resultados de la investigación justifican la aplicación de leyes y técnicas conocidas para la elaboración de un plan de propuestas que conlleven metodológicamente a hacer uso de la energía eléctrica de forma eficiente, asociadas con éstas equipos de última generación, compensación de reactivos, programación de procesos y control de la demanda facturable que constituyen las más importantes opciones para enfrentar los desafíos actuales y futuros de la industria.



Objeto de la investigación.

La energía eléctrica de la planta de procesamiento de lácteos “ Soprab” de la ciudad de Ambato.

Objetivo general.

Determinar un patrón característico del comportamiento de la energía eléctrica en el proceso productivo de la Industria de Lácteos “Soprab” para proponer un plan de medidas energéticas de consumo y uso eficiente de la energía eléctrica que conlleven a la eliminación de recargos adicionales en la planilla mensual de consumo eléctrico.

Entorno de la acción.

Gestión de la Energía eléctrica de la Industria de lácteos Soprab basado en el período de consumo 2012 – 2013.

Problemas no resueltos:

1. Inexistencia de datos energéticos de la Industria de lácteos Soprab de la ciudad de Ambato.
2. Equipos ineficientes y tecnología obsoleta.
3. Desperdicio Energético a lo largo de la cadena productiva
4. Falta de programas de auditoría energética y planes de eficiencia energética.

Hipótesis.

La determinación de parámetros de operación de la planta láctea a través de una auditoría energética al equipamiento e insumos energéticos permitirá encontrar oportunidades de ahorro y mejorar el uso de la energía eléctrica a lo



largo de la cadena productiva, cualquier resultado metodológicamente obtenido y científicamente respaldado se convertirán en la línea base energética para futuros estudios de mejora continua dentro de la industria.

Objetivos específicos.

- Definir el estado del arte relacionando la temática propuesta con las bondades de la tecnología de última generación respecto al uso y administración de la energía eléctrica.
- Diagnosticar el desempeño energético general del sistema y de los equipos eléctricos de la industria identificando los consumidores relevantes y las reservas energéticas de la planta.
- Elaborar un plan de medidas y acciones enfocadas a disminuir el consumo de la energía eléctrica dentro de la planta.
- Evaluar técnica y económicamente la factibilidad de la implantación de la propuesta.

Tareas.

- Revisión de la documentación histórica por concepto de energía eléctrica y sus respectivos componentes.
- Trabajo de campo en el levantamiento de carga instalada de la planta con el fin de determinar la línea base energética de la planta de lácteos.
- Validar los resultados encontrados a través de un software especializado.
- Determinar la eficiencia a la cual se encuentran trabajando los motores de mayor potencia de la procesadora como oportunidad de ahorro de energía.
- Elaboración de una propuesta técnico-económica bajo el criterio costo-beneficio del uso de tecnologías eficientes incluyendo aspectos socio-ambientales.
- Validación de la propuesta mediante software específico y especializado para el fin
- Implementar equipos, instalaciones y/o procedimientos del plan que permitan el mejor desempeño energético de la planta.



CAPÍTULO I. FUNDAMENTO TEÓRICO DE LA INVESTIGACIÓN.

1.1. Antecedentes de la Investigación.

Ante el desarrollo de la tecnología la demanda de energía ha ido incrementándose de una forma tal que en la actualidad nadie duda que la energía se haya convertido en un factor clave en la estrategia económica internacional, en la competitividad de las empresas y en el bienestar de las personas.

El Gobierno del Ecuador, a través del Ministerio de Electricidad y Energía Renovable (MEER), tiene como uno de sus principales objetivos el mejorar el desempeño energético del sector industrial, para lo cual implementó el Proyecto: “Eficiencia Energética para la Industria (EEI)”, con el apoyo del Fondo para el Medio Ambiente Mundial (FMAM) a través de la Organización de Naciones Unidas para el desarrollo Industrial (ONUDI) ⁽³⁾.

La eficiencia energética no solo se puede definir como un aspecto técnico cuando se sustituye una maquina por otra de mejor desempeño, también es una mejora continua en el desempeño energético de toda la cadena de valor que incluye también el proceso de transformación de la materia prima.

En la industria láctea, cada empresa puede llegar a disminuir su consumo de energéticos por unidad de producción con tecnologías de mayor eficiencia, pero al final este consumo no es un indicador visible si se compara con otra empresa similar, esto puede ocurrir debido a una variación en el volumen de la producción de la empresa o si éste consumo se compara con otra de mayor producción intensiva en el consumo de energéticos.

“La industria lechera en Ecuador inició en 1950, así lo relata el libro La Leche del Ecuador, publicado en el 2015 por el Centro de la Industria Láctea CIL, en los últimos 60 años la industria ha evolucionado ta, a tal punto que al cierre del



año 2016, el sector vendió USD 909 millones según datos proporcionados por este gremio que agrupa a Nestlé, Alpina, Reyleche, Floralp y Toni”⁽⁹⁾, que son las empresas consideradas más grandes del país en este campo.

La eficiencia energética es el mantenimiento de la calidad de los servicios y productos con un menor consumo de energía mediante un uso racional, una opción de elevado efecto y bajo costo tiene que ver con la adopción de adecuadas prácticas de operación y mantenimiento de los equipos, las que normalmente constituyen una de las primeras medidas que adoptan las empresas que abordan estrategias de mejoramiento de la eficiencia con que se usa la electricidad.

En este tipo de empresas lácteas según estudios realizados en Centro América la distribución energética es aproximadamente el 80% provista por la combustión de combustibles fósiles para la generación de vapor y el restante 20% la provee la energía eléctrica utilizada en los procesos de bombeo, envasado, sellado, enfriamiento y refrigeración, generación de aire comprimido y para iluminación.

Dentro del flujo de gestión como el que se indica en la figura 1, la auditoría debe establecer todos los detalles energéticos como cantidad, equipos de transformación, ubicación dentro de la planta, cómo y cuándo se usa la energía para definir las oportunidades de mejora.

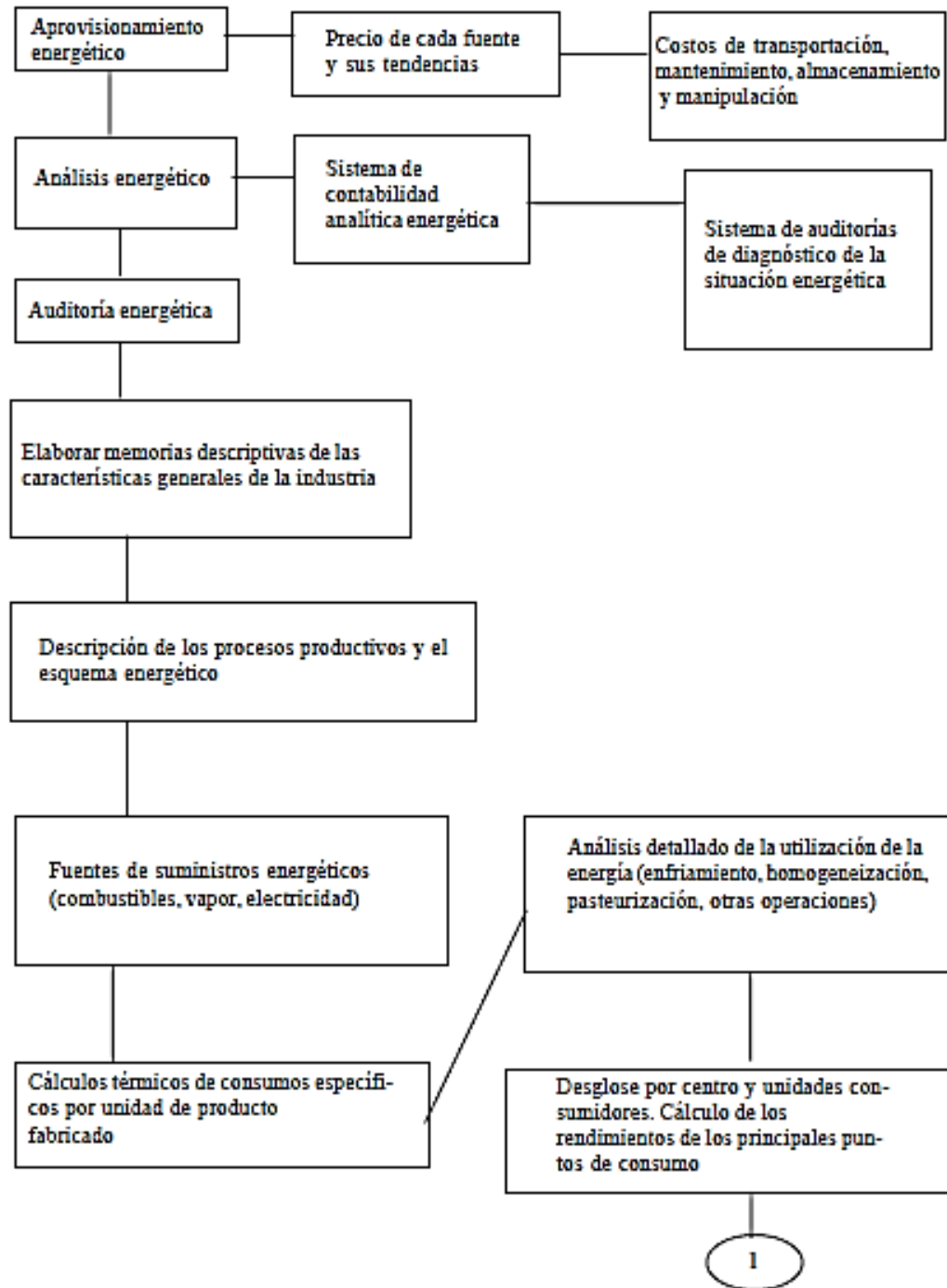


Figura 1. Sistema de Gestión Energética (SGE) para la industria láctea.

Fuente: Tecnología Química Vol XXVII, No. 2, 2007.

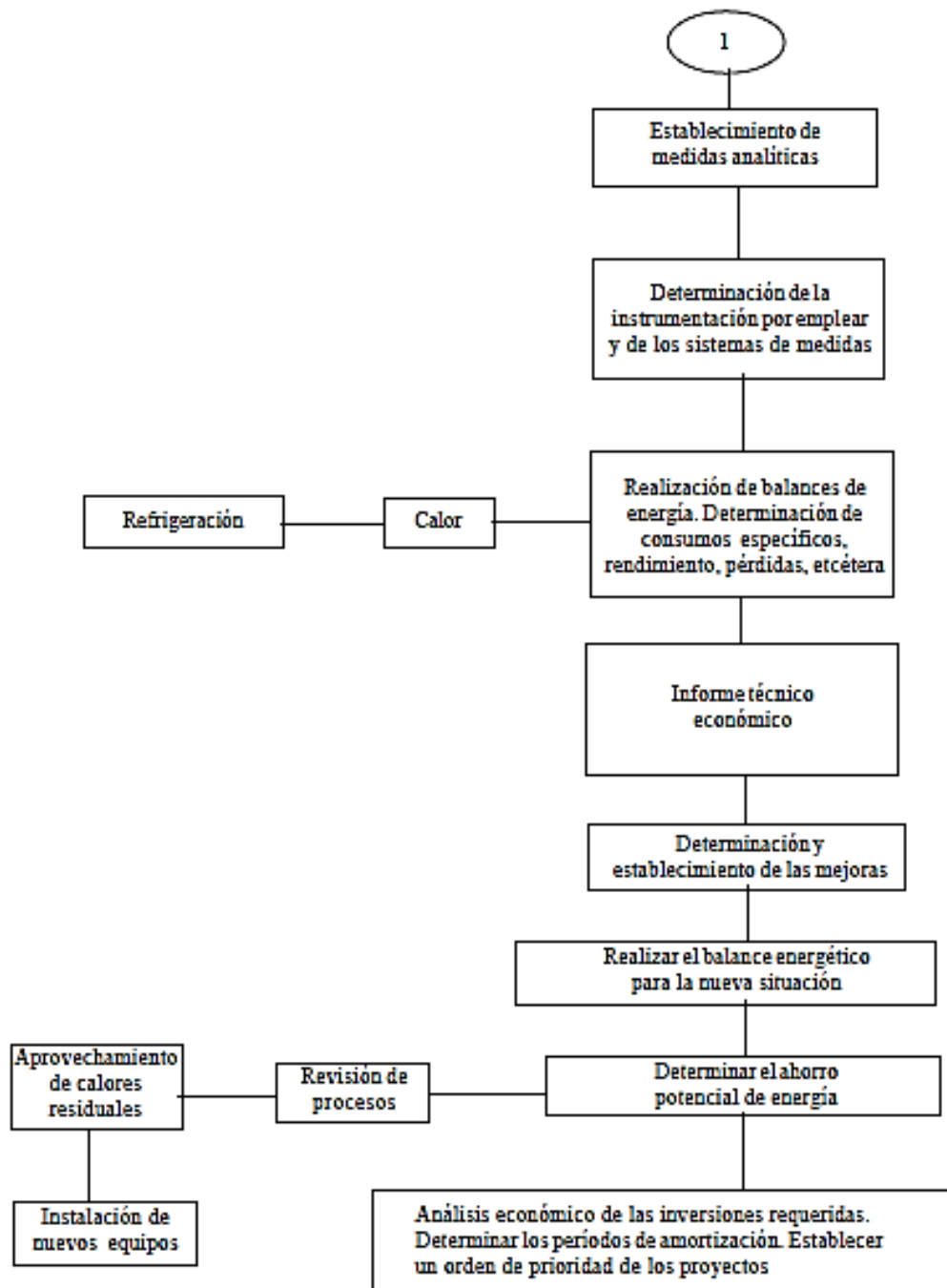


Figura 2. Sistema de Gestión Energética (SGE) para la industria láctea (continuación).

De forma general SILVA, (2009) afirma que: “en la mayoría de las instalaciones eléctricas se derrocha del orden de un 10% o más de la electricidad



que se adquiere a las empresas eléctricas” esto debido a una selección y operación inadecuada de los equipos y sistemas de distribución y control de la electricidad.

La mayor cantidad de energía consumida en un empresa es absorbida por los motores eléctricos, al respecto SILVA, (2009) acota que “un 70% del total de consumo eléctrico es realizado por los motores eléctricos, equipo que constituye uno de los objetivos principales de cualquier programa de eficiencia energética”, no sólo en el caso de los proyectos nuevos sino que además en situaciones de remplazo de equipos existentes.

El bajo factor de potencia de los receptores son causa importante del incremento de pérdidas de energía en la distribución a nivel mundial y según REDONDO, F. “es la única de las influencias perjudiciales que ha merecido un intento generalizado de control por las empresas de distribución de energía eléctrica y por las administraciones de los países desarrollados”.

En el Ecuador dentro de las investigaciones y experiencias de eficiencia energética en industrias similares se tiene un trabajo monográfico 2013 previo la obtención del título de magister en planificación y gestión energética en la universidad de Cuenca denominado “Eficiencia Energética en la Industria de Lácteos San Antonio de la ciudad de Cuenca” presentado por Jorge Delgado Noboa.

En la cual, DELGADO NOBOA, J. (2013) concluye mencionando que: “Las principales fuentes de mejora que se detectaron en el sistema de energía eléctrica son: mejoramiento del bajo factor de potencia por medio de un banco de condensadores, cambio de motores que cumplieron su vida útil por motores eficientes”. Para controlar la demanda facturable como acción de ahorro recomienda programar alternadamente el arranque y parada de máquinas como también equilibrar las cargas monofásicas.



1.2. Fundamento teórico y marco conceptual.

Implica el conocimiento de las leyes que rigen las magnitudes y fenómenos involucrados en el problema sumados a la investigación de nuevas formas o métodos de aplicarlos, la bibliografía específica relacionada con la gestión y el avance tecnológico en relación a la optimización y uso eficiente de la energía en su etapa de conversión y aprovechamiento útil final, contempla diferentes tópicos que abarcan, conceptos generales, estadísticas, tendencias y particularidades de gestión y el control de los recursos energéticos.

Según el “Programa de Estudios e Investigaciones en Energía”, 2003: “La eficiencia energética (o el uso eficiente de la energía, UEE) es una función de las conductas individuales y de la racionalidad con que los consumidores utilizan la energía, de este modo, la eliminación de los consumos innecesarios o la elección de equipos más apropiados para reducir el costo de la energía, contribuye a disminuir el consumo individual sin disminuir la satisfacción personal obtenida de los servicios que ella le presta”(p. 6).

Igualmente, los análisis son distintos si se trata de proyectos nuevos o de optimización de los existentes. En este último caso, debe evaluarse técnica y económicamente la posibilidad de conservar parte de los componentes instalados o remplazarlos por incompatibilidad técnica con los que se incorporan.

Por otra parte, la selección de las opciones de iluminación depende del tipo de instalación y área de uso, siendo el tipo de control una parte primordial para lograr el objetivo de uso eficiente, ya que aun con la utilización de luces de alta eficiencia su control carece de innovación, no se logran los resultados esperados.

En muchos casos la eficiencia energética no es sólo un problema técnico, ya que a veces, resultan más importantes las medidas que apuntan a mejorar la eficiencia de los servicios en que la energía se encuentra involucrada, que las medidas técnicas de eficiencia de un proceso o equipo. Es así como, es más



eficiente en muchos casos hacer un llamado telefónico que hacer la visita física a nuestro interlocutor, utilizar madera en vez de hormigón en las viviendas, etc.

Tal como en los ejemplos anteriores se tienen impactos a nivel microeconómico, desde el punto de vista de este proyecto interesa ver como la mejora de la eficiencia energética está ligada directamente a la eficiencia económica de la industria de Lácteos SOPRAB, lo cual se puede cuantificar por medio de la comparación de parámetros de consumo del estado actual versus los parámetros de un estado proyectado, lo cual se muestra en el capítulo IV con la ayuda del software específico para este fin como lo es el CYMDIST.

BERMEO, A. “Los indicadores son parámetros o una combinación de variables mensurables que permiten describir, de manera sintética, el estado y la estructura de un fenómeno o evento así como su evolución en el tiempo. En este sentido, los indicadores reflejan el estado del sistema en un momento del tiempo, y a su vez permiten transmitir y observar el avance de un parámetro hacia un determinado objetivo, es decir, los indicadores cuantifican y simplifican información” (p. 11)

El establecimiento del estado del arte y sistematización del conocimiento de las magnitudes, variables, parámetros y las necesidades energéticas básicas de desempeño productivo y confort que intervienen en el proceso de elaboración de lácteos son de vital importancia para el desarrollo de la investigación.

A continuación se conceptualizan y se mencionan algunas características energéticas fundamentales que rigen la investigación.

1.2.1. Energía. A la energía se la puede concebir como el nivel de capacidad que tiene un cuerpo en un determinado instante para realizar un trabajo. Una ley fundamental (Ley de la Conservación de la Energía) enuncia que “la energía no se crea ni se destruye, únicamente se transforma”. Esto significa que, la suma de todas las energías sobre una determinada frontera siempre permanece constante.



Energía primaria.- Es la que procede de fuentes naturales y que puede ser utilizada directamente, como es el caso del carbón, petróleo bruto, gas natural, energía hidráulica, solar, nuclear, etc.

Con respecto a las fuentes comerciales de energía, se puede afirmar que a inicio del presente siglo aproximadamente 90 % de las que se utilizan a escala mundial corresponden a combustibles fósiles, 5 % a energía nuclear y el remanente 5 % a energía hidráulica. No se considera la biomasa porque en la mayoría de los casos se utiliza de una forma que no es posible controlar. Tampoco se tienen en cuenta la energía eólica y la energía solar directa.

Energía secundaria.- Es aquella que se obtiene a partir de la transformación de fuentes naturales: gasolina, electricidad, briquetas de carbón, etc.

Energía útil.- Es la energía de uso final, es decir, la que se utiliza: Ventilación, iluminación, calefacción, refrigeración, transporte, procesos, líneas de producción, en forma de luz, calor, energía química en una batería, etc.

1.2.2. Variables y Parámetros que influyen en el consumo de energía eléctrica.

Para poder llevar a cabo estudios sobre ahorro de energía es necesario conocer los detalles de la utilización de la energía, los equipos que la consumen, las especificaciones técnicas de los mismos, los receptores que operan simultáneamente, etc.

Para direccionar la investigación en cierta forma a los equipos que mayor influencia energética tienen en el consumo eléctrico de la planta se aplica el principio de Pareto a los equipos de producción:



“Pareto enunció el principio basándose en el denominado conocimiento empírico. Observó que la gente en su sociedad se dividía naturalmente entre los «pocos de mucho» y los «muchos de poco»; se establecían así dos grupos de proporciones 80-20 tales que el grupo minoritario, formado por un 20% de población, ostentaba el 80% de algo y el grupo mayoritario, formado por un 80% de población, el 20% de ese mismo algo”⁽⁵⁾.

“El diagrama de Pareto, también llamado curva 80-20 o Distribución C-A-B, es una gráfica para organizar datos de forma que estos queden en orden descendente, de izquierda a derecha y separados por barras. Permite, pues, asignar un orden de prioridades. Al diagrama se lo puede interpretar (pocos vitales, muchos triviales), es decir, que hay muchos problemas sin importancia frente a unos pocos graves. Mediante la gráfica colocamos los "pocos vitales" a la izquierda y los "muchos triviales" a la derecha.

Hay que tener en cuenta que tanto la distribución de los efectos como sus posibles causas no es un proceso lineal sino que el 20% de las causas totales hace que sean originados el 80% de los efectos”⁽¹⁰⁾.

Estas cifras son arbitrarias; no son exactas y pueden variar. Su aplicación reside en la descripción de un fenómeno y, como tal, es aproximada y adaptable a cada caso particular.

Como herramientas de trabajo para lograr los fines indicados, se definen una serie de factores o términos que permiten conocer los parámetros característicos de cada carga y del sistema eléctrico, y expresar en forma cuantitativa sus variaciones, sus efectos sobre el sistema y la relación entre las cargas, algunos de los fundamentales se exponen continuación;

a. Demanda máxima.

VIEGO, (2007) indica: “Los valores máximos de potencia representan los mayores valores de las correspondientes magnitudes medias en determinados intervalos de tiempo como se puede observar en la figura 3. Cuanto menor sea el intervalo de tiempo considerado, con mayor precisión aparecerán los detalles de las fluctuaciones registradas y el valor de la demanda máxima podrá tomarse con magnitudes que sólo han estado presentes por espacio de algunos segundos como, por ejemplo, las corrientes de arranque de un motor” (p. 10)

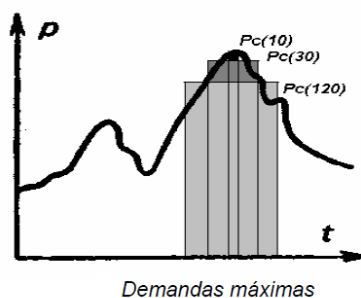


Figura 3. Valores de demanda de potencia en el tiempo.

Fuente: VIEGO, (2007), (p. 10)

La definición del intervalo de tiempo considerado es, entonces, de vital importancia. Se pueden distinguir dos tipos de cargas máximas, tomando en cuenta el intervalo de tiempo:

Demandas máximas prolongadas, de diferentes duraciones (10,15, 30, 60, 120 min.), utilizadas para la selección de los elementos del sistema de suministro eléctrico por calentamiento y para el cálculo de las pérdidas de potencia máximas. En los sistemas industriales, para el pago por el concepto de demanda máxima, el intervalo usualmente empleado en los metros es de 15 min.

Demandas máximas de corta duración (también llamada potencia pico), en un intervalo de 1 – 2 seg. necesarias para la comprobación de las fluctuaciones de



tensión en los circuitos, de las condiciones de arranque de motores, selección de protecciones, para el ajuste de las corrientes de disparo de las protecciones instantáneas, etc.

b. Capacidad instalada.- La capacidad instalada (también carga instalada o potencia nominal) de los receptores de energía eléctrica es una primera magnitud para realizar los estudios que, además, es usualmente conocida. La potencia nominal total de todos los receptores de un grupo, da la posibilidad de realizar una primera pero buena evaluación del límite superior de los valores de la carga.

La potencia nominal de los receptores siempre deberá estar referida a la carga en régimen continuo de trabajo y es la magnitud indicada en la placa o documentación de fábrica.

En el caso de los motores, se entiende por potencia nominal activa la potencia mecánica desarrollada en el eje de este, en condiciones nominales de suministro. En el caso de otros receptores, es la potencia eléctrica consumida (activa o aparente) desde el circuito, en condiciones nominales.

c. Carga promedio.- El valor medio de las magnitudes variables es una característica fundamental. Consecuentemente, los valores medios de las cargas (valor constante) es un parámetro importante de los gráficos de carga variable. El total de la carga media de todos los receptores de un grupo, da la posibilidad de valorar, aproximadamente, el límite inferior de los valores posibles de la carga.

d. Factor de demanda.- El factor de demanda es la relación existente entre la demanda máxima y la capacidad instalada, expresadas en las mismas unidades (en ocasiones, se expresa en %): Aquí por capacidad instalada debe entenderse la suma de las capacidades nominales de todos los equipos existentes en el lugar donde se computa el factor de demanda.



El valor máximo del factor de demanda es la unidad. Sin embargo, los valores usuales están lejos de esa cifra, debido a que, entre otros factores:

- No todas las cargas están a su máxima capacidad al mismo tiempo.
- La selección de la capacidad de los motores se hace con cierto factor de seguridad.
- No resulta necesaria toda la carga de iluminación o acondicionamiento de aire en determinados períodos.

Cada tipo de industria, taller, etc., tiene un factor de demanda específico, en estrecha relación con la forma en que se usa la energía. En forma general, coincide en cierta medida para instalaciones similares, pero no existen reglas que definan con exactitud el comportamiento de los factores de demanda.

Como tendencias, se puede señalar que:

- a) Cuando en una industria el número de motores aumenta, su factor de demanda tiende a disminuir
- b) Aquellos grupos de receptores que cuentan con un equipo de gran consumo y varios más pequeños, presentan un factor de demanda alto.

e. Factor de diversidad y factor de coincidencia.

Como ya se analizó, cada carga, formada por uno o más equipos iguales o diferentes, tiene un factor de demanda distinto y normalmente inferior a la unidad. Además, se presenta el hecho de que al analizar 2 o más cargas, sus demandas máximas pueden o no ocurrir simultáneamente.

Su coincidencia, como es lógico, ocasiona un valor de demanda máxima del conjunto mayor que en aquellos casos en que hay diferencias en el tiempo. La forma de expresar la relación que existe entre la coincidencia de los valores de demanda máxima es por medio del factor de diversidad.



El factor de diversidad entre 2 o más cargas es el cociente que resulta de dividir la suma de las máximas demandas individuales entre la demanda máxima del conjunto. Por la definición efectuada, el factor de diversidad es siempre igual o mayor que la unidad y, cuanto mayor sea, mayor será la diversidad.

El factor de coincidencia es el inverso del factor de diversidad: O sea, que cuanto mayor es el factor de diversidad, menor es el de coincidencia. Estos factores deben ser analizados con sumo cuidado, ya que pueden conducir a conclusiones erróneas. En primer término, debe tenerse presente que el factor de diversidad relaciona, en forma comparativa, al menos dos cargas. En segundo lugar, antes de concluir que un factor de diversidad bajo indica una alta coincidencia entre dos cargas, deben observarse sus magnitudes relativas.

f. Factor de carga.- En una instalación dada, sea una carga local o un sistema completo, se requieren dispositivos y equipos de capacidades adecuadas para hacer frente a la demanda máxima o a la demanda pico y, lógicamente, cuanto mayores sean éstas, mayor será el monto de las inversiones para satisfacer estas necesidades. El hecho de no mantenerse constante la carga, provoca que estas instalaciones permanezcan subutilizadas durante una parte apreciable del día, con las consabidas pérdidas económicas.

Al analizar algunos de los coeficientes típicos de los sistemas, en algunas ocasiones éstos pueden resultar engañosos o contradictorios. Especial cuidado hay que tener cuando se trabaja en instalaciones ya construidas con el propósito de reducir los costos de la electricidad, la demanda en horario pico, etc.

Así, por ejemplo, pudiera suceder que logrando la reducción de la demanda máxima y el consumo de energía al mismo tiempo, uno u otro se haga en mayor o menor porcentaje y entonces, uno de los coeficientes puede aumentar o disminuir en sentido contrario a lo deseado en teoría para una nueva instalación, siendo ambas medidas positivas.



1.2.3. Métodos de control de demanda.

Los cargos por demanda máxima representan un componente apreciable de la factura eléctrica. Dependiendo de la tarifa, del factor de carga, del tipo de planta o instalación, etc., los cargos directos por este concepto pueden representar del 20 % al 40 % de la factura.

Los métodos usuales para el control de demanda son: manuales de monitoreo y de control automático. A continuación estableceremos los métodos manuales más simples que nos ayudan a controlar la demanda máxima.

A) Eliminación de cargas: sistemas de bandas transportadoras, bombas de abanico, a veces contribuyen grandemente a crear picos de carga. Estos elementos muchas veces trabajan ocasionalmente en tiempos críticos de mucha carga; por lo tanto es recomendable apagarlos, siempre y cuando sea posible. La iluminación, también puede ser reducida, ya que aunque no contribuye en alto grado, si afecta.

B) Reprogramar las cargas: las cargas de baterías y otras operaciones similares no rutinarias pueden ser programadas en horas que no afecte las horas pico; por ejemplo, temprano en la mañana o tarde en la noche. Autoclaves y hornos a veces pueden trabajar fuera de turnos de trabajo.

C) Interrumpir temporalmente las cargas: los sistemas de ventilación y aire acondicionado pueden interrumpirse usualmente por varios minutos, sin causar pérdidas en el confort. La calefacción, aunque no tan usada, puede ser otro factor.

D) Programación de arranque; casi todos los motores en un proceso arrancan a un mismo tiempo y crean un gran pico de demanda, sobre todo en motores grandes de lento arranque. También se puede programar el ciclaje de motores o retardar el encendido de los mismos.

E) Variador de velocidad (o variador de frecuencia).



Mediante este método, se logra limitar la corriente de arranque a valores de hasta dos veces la corriente nominal, mientras se obtiene un torque de arranque adecuado para cualquier aplicación. Además, la transición será la más suave posible de todos los métodos. Mecánicamente, es la mejor forma de hacer la operación, además de que permite realizar control de velocidad preciso, gracias a los avances de la electrónica de potencia y control.

El conjunto motor y equipo accionado representa un importante campo como objetivo de la gestión de la demanda eléctrica cuando el equipo accionado trabaja en condiciones de carga variable.

En la Industria, es frecuente encontrarse con procesos que incluyen motores que trabajan en condiciones variables de carga de funcionamiento tales como movimiento de líquidos, gases u otros. En estos casos, la regulación electrónica de la velocidad de los motores en función de las necesidades sustituye a los sistemas tradicionales de controles obsoletos, responsables de importantes pérdidas de energía, con resultados energéticos espectaculares.

Con la utilización de motores de alto rendimiento junto a los equipos de regulación de velocidad en los motores, se consigue una considerable mejora del rendimiento energético de la operación sin menospreciar la mejora de los productos elaborados.

1.2.4. Calidad de la Energía (QEE).

Puede asegurarse hoy en día que no hay instalación eléctrica en donde no se conecte un equipo generador de armónicos, a ello a contribuido la electrónica de potencia (López, J.). Las perturbaciones eléctricas pueden originarse en la red del distribuidor, en la instalación del usuario afectado o en la de un usuario próximo. (Ferracci, P).



Existen muchos tipos de perturbaciones eléctricas, desde la producida por la caída de un rayo o la conexión de un condensador, a la corriente absorbida por un equipo de regulación electrónica de velocidad de un motor de corriente continua entre otros que se muestran en el anexo 12.

Fuentes de Armónicos.

Primeramente cabe hacer una distinción importante entre armónicos importados y exportados. Los primeros provienen de la fuente de tensión; por tanto en general de la propia acometida y se tratará de armónicos de tensión, la magnitud de éstos armónicos no es importante, y si se dispone de un transformador propio, será difícil que en baja tensión aparezcan armónicos de valor apreciable.

En cuanto a los armónicos exportados, que son generalmente los de mayor importancia, éstos corresponden a armónicos de corriente generados principalmente de cargas no lineales cuya característica es absorber una corriente que no tiene la misma forma que la tensión que los alimenta, como se observa en el anexo 13, generan normalmente armónicos impares siendo a partir del 23 despreciables.

Efecto de los Armónicos.

Sus consecuencias dependen del aumento, en tensión o en intensidad, de sus valores de cresta (ruptura dieléctrica) y de sus valores eficaces (calentamiento suplementario) y dependen también de su espectro en frecuencia (vibración y fatiga mecánica). Generalizando, cualquiera que sea la perturbación (anexo 14), sus efectos tienen siempre un impacto económico.

Inserción de filtros L-C en la red

Siempre que se den circunstancias como las descritas habrá que recurrir a filtros L-C. El filtro L-C presentará una impedancia mínima, limitada al valor de la resistencia R, a la frecuencia de sintonización o de resonancia elegida. De esta forma puede absorber las corrientes armónicas correspondientes a esta frecuencia.

1.2.5. Compensación de Energía Reactiva.

El uso de cargas inductivas principalmente motores, hace que por las redes eléctricas deba circular una cantidad de energía reactiva, que puede llegar a ser representativa, limitando en conductores y transformadores, su capacidad de conducir potencia activa.

El factor de potencia (FP) es un indicador del correcto aprovechamiento de la energía eléctrica. Comprendida como la proporción de potencia que se transforma en trabajo útil (P) de la potencia total (S) requerida por la carga, expresada por la relación:

$$FP = P/S \quad \text{Ecuación 1}$$

Donde las potencias activa (P), reactiva(Q) y aparente(S) serán:

$$P = U \cdot I \cdot \cos \varphi \quad \text{Ecuación 2}$$

$$Q = U \cdot I \cdot \sin \varphi \quad \text{Ecuación 3}$$

$$S = U \cdot I \quad \text{Ecuación 4}$$

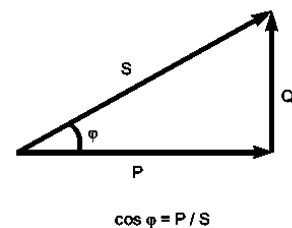


Figura 4. Representación del $\cos \varphi$ por medio del Triángulo de Potencias.

Realizado por: Autor, Méntor Mayorga.



El $\cos \varphi$, indicará por tanto la relación entre la potencia activa (P) y la potencia aparente (S) de la instalación o sea indicará el "rendimiento eléctrico" de una instalación, gráficamente representada en la figura 4.

Para voltajes y corrientes senoidales, el factor de potencia es igual al $\cos \varphi$, siendo φ el ángulo de defasaje entre el voltaje y la corriente, esta misma relación se establece entre las potencias activa y reactiva que caracteriza a la carga.

Tradicionalmente, la compensación reactiva, ha tenido como propósito evitar que por las líneas eléctricas fluya innecesariamente esta potencia y más bien, conserve la capacidad de conducción de las mismas, para maximizar el flujo de la potencia activa, que es útil para el desarrollo de trabajo.

Es así que, desde hace mucho tiempo atrás, se plantea la necesidad de controlar la presencia de estos reactivos inductivos, mediante la inserción de elementos de compensación de reactivos en puntos estratégicos de la red eléctrica o en la misma carga, logrando de esta forma hacer un mejor uso de la energía eléctrica.

Los equipos empleados en la compensación de la potencia reactiva de las cargas son fundamentalmente:

- Bancos de capacitores estáticos.
- Condensadores sincrónicos (motores sincrónicos sobrecitados).
- Compensadores activos (basados en electrónica de potencia: SVC, FACTS, etc.).

De ellos, por su bajo costo, reducido mantenimiento y bajas pérdidas de energía, los bancos de capacitores son los compensadores más empleados en la industria, por medio de su uso se inyecta los reactivos capacitivos necesarios obteniéndose múltiples beneficios como, aumento de la disponibilidad de potencia

activa, mejora de los niveles de voltaje, disminución de las pérdidas eléctricas por efecto Joule, reducción de los cargos por bajo factor de potencia, aumento de la vida útil de los equipos, entre otros.

Al respecto Viego, P. indica que los capacitores tienen las siguientes ventajas:

- Pequeñas pérdidas de potencia activa (0.0025 a 0.005 kW/kVAR)
- Simplicidad de la explotación (por ausencia de las partes rotatorias).
- Simplicidad del montaje (pequeño peso, no requieren bases o cimientos, etc.).
- Para su instalación puede ser utilizado cualquier lugar seco.
- Bajo costo.
- Mantenimiento casi nulo.
- Igual o más alta confiabilidad que los motores sincrónicos, aunque son más sensibles a las fallas de cortocircuito y a tensiones superiores al nominal.

Todo esto hace de los capacitores la forma más práctica y económica para mejorar el factor de potencia.

La norma ANSI/IEEE 18 – 1980, establece los valores límites para el funcionamiento de los capacitores de potencia. Según esta norma, un capacitor de potencia debe cumplir los siguientes requerimientos límites:

1. Soportar el 110% de la tensión nominal rms ($V \leq 1.1 V_N$)
2. Soportar el 120% de la tensión pico nominal ($V_{pico} \leq 1.2 V_N$).
3. Soportar el 180% de la corriente nominal rms ($I \leq 1.8 I_N$).
4. Soportar el 135% del reactivo nominal ($Q \leq 1.35 Q_N$).

Sin embargo, el uso de capacitores y sus beneficios en la compensación reactiva, actualmente están estrechamente ligados a la presencia de cargas no lineales y los niveles de contaminación armónica de las redes, en el tema de

compensación de reactivos se debe de manera obligada realizar un análisis del comportamiento y presencia de éstas señales armónicas.

La instalación de condensadores reduce el consumo de energía reactiva entre la fuente y los receptores además que los condensadores proporcionan la energía reactiva a la instalación descargando desde su punto de conexión aguas arriba, como consecuencia es posible aumentar la potencia disponible en el secundario de un transformador MT/BT, instalando en la parte de baja un equipo de corrección del factor de potencia.

Tabla 1. Aumento de la potencia disponible en % en el secundario de un transformador en función del $\cos \varphi$ de la carga.

Realizado por: Autor, Méntor Mayorga.

Cosφ inicial	Aumento de potencia disponible
1,00	0,0%
0,98	+2,0%
0,95	+5,2%
0,90	+11,1%
0,85	+17,6%
0,80	+25,0%
0,70	+42,8%
0,65	+53,8%
0,50	+100,0%

La tabla 1 muestra el aumento de la potencia activa (kW) que puede suministrar un transformador corrigiendo hasta $\cos \varphi = 1$. La instalación de un equipo de corrección del factor de potencia en una instalación permite reducir la sección de los conductores a nivel de proyecto, ya que para una misma potencia activa la intensidad resultante de la instalación compensada es menor.

Cálculo de la potencia reactiva necesaria para corregir el factor de potencia.

Cuando la carga total de una planta que se va a compensar no presenta variaciones importantes durante la jornada de trabajo, el cálculo de la potencia



reactiva de los capacitores a instalar Q_c (kVAr) puede realizarse a partir de la factura eléctrica, para esto se escoge el mes donde el reporte de energía reactiva sea más elevado y se toman los valores de kW.

Se determina el factor de potencia promedio existente en la instalación, al que se le denominará $\cos \varphi_1$. La potencia reactiva necesaria de los capacitores, para corregirlo a un nuevo valor de $\cos \varphi_2$, se puede calcular aplicando directamente la siguiente expresión derivada de las relaciones del triángulo representativo de la potencia aparente, activa y reactiva:

$$Q_c \text{ (kVAr)} = P \text{ (kW)} * (\tan \varphi_1 - \tan \varphi_2) \text{ Ecuación 5}$$

Con el objetivo de simplificar los cálculos, los fabricantes de capacitores han preparado materiales auxiliares, como el que se presenta en el anexo 11 en la que se puede encontrar rápidamente el valor del multiplicador ($\tan \varphi_1 - \tan \varphi_2$).

El factor de potencia que se desea corregir está mostrado como ordenada y el factor de potencia deseado, como abscisa. La magnitud del multiplicador es leída en la intersección. Por ejemplo, considérese una carga de 243 kW con un factor de potencia de 0.7, que se desea modificar a 0.95. De la Tabla del anexo 11 encontramos que el multiplicador es 0.691; por lo tanto, la potencia de los capacitores es: $Q_c = 243 \times 0.691 = 167.913$ kVAr.

Conocido el valor de la compensación reactiva Q_c en kVAr se procede a determinar el valor del capacitor requerido en faradios según la ecuación 6, el mismo que puede trabajar de forma individual o formar parte de un banco de capacitores conforme la demanda de compensación lo requiera.

$$C = \frac{Q_c}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot U^2} \quad \text{Ecuación 6}$$

Donde:

- C = Capacidad del condensador (F)
 Q_c = Energía reactiva de compensación en VAr.
 π = (2,1416)
 f = Frecuencia de la red (Hz)
 U = Tensión de alimentación al capacitor (V)

Consideraciones para la localización de los capacitores.

Siempre que sea posible, los capacitores deben localizarse lo más cerca posible de la carga en el nivel de baja tensión. La mejoría del factor de potencia, la liberación de capacidad eléctrica, la reducción de las pérdidas de potencia y de las caídas de tensión se hacen efectivas desde el punto de ubicación hacia la fuente de suministro.

Tabla 2. Niveles de compensación.

Realizado por: Autor, Méntor Mayorga.

		Ventajas	Observaciones
Niveles de Compensación	Global	Suprime las penalizaciones por un consumo excesivo de energía reactiva.	La corriente reactiva (I _r) está presente en la instalación desde el nivel 1 hasta los receptores.
		Ajusta la potencia aparente (S en kVA) a la necesidad real de la instalación.	Las pérdidas por efecto Joule en los cables no quedan disminuidas.
		Descarga el centro de transformación (potencia disponible en kW).	
	Parcial	Suprime las penalizaciones por un consumo excesivo de energía reactiva.	La corriente reactiva (I _r) está presente en la instalación desde el nivel 2 hasta los receptores.
		Optimiza una parte de la instalación, la corriente reactiva no se transporta entre los niveles 1 y 2. Descarga el centro de transformación (potencia disponible en kW).	Las pérdidas por efecto Joule en los cables se disminuyen.
	Individual	Suprime las penalizaciones por un consumo excesivo de energía reactiva.	La corriente reactiva no está presente en los cables de la instalación.
Optimiza toda la instalación eléctrica. La corriente reactiva I _r se abastece en el mismo lugar de su consumo.		Las pérdidas por efecto Joule en los cables se suprimen totalmente.	
Descarga el centro de transformación (potencia disponible en kW).			

Los condensadores pueden ser instalados en tres niveles diferentes: compensación global, parcial e individual cada una presentando sus ventajas y algunas observaciones de aspecto tanto técnicas ligadas con económicas, mismas que están indicadas en la tabla 2.

Otra parte importante de la decisión se basa en el tipo de compensación respecto a su accionamiento que puede ser fija o automática de inyección variable que es recomendado este último para procesos donde la demanda de carga es variable en relación al tiempo, se podrá realizar la compensación de la energía reactiva pero en ningún momento la energía absorbida por la red podrá ser capacitiva:

- Se podrá realizar la compensación fija para uno o varios receptores siempre que funcionen por medio de un único interruptor, es decir simultáneamente.
- Para compensar la totalidad de la instalación se deberá instalar un equipo automático.

1.2.6. Métodos y mediciones para la evaluación de la eficiencia de los motores eléctricos.

Existen muchos métodos para determinar la eficiencia, en la práctica industrial los métodos de evaluación toman nombres genéricos y pueden fundamentarse en la combinación de varios métodos básicos. Entre ellos se tiene:

- Método de los datos de placa
- Método del deslizamiento
- Método de la corriente
- Método del circuito equivalente
- Método de segregación de pérdidas
- Métodos estadísticos

En todos los métodos la eficiencia se calcula según la ecuación 7:

$$\eta = \frac{P_{SALIDA}}{P_{ELECTRICA\ ENTRADA}} \quad \text{Ecuación 7}$$

La potencia de salida es la potencia de entrada menos las pérdidas. De la forma en como se determinan las pérdidas depende la exactitud del método aplicado; entre las mediciones necesarias más comunes pueden encontrarse:

- Lectura de la placa
- Medición de la velocidad por medios ópticos
- Medición de la corriente con amperímetros de gancho
- Medición de las tensiones de fase o de línea
- Medición de la potencia de entrada
- Forma de ondas de tensión y la corriente

Método de la corriente

Este método propone que el estado de carga es proporcional a la relación de la corriente medida y la corriente nominal:

$$kW_{SALIDA} = \frac{I_{MEDIDA}}{I_{NOMINAL}} \times kW_{NOMINAL} \quad \text{Ecuación 8}$$

Cuando hay variación en la magnitud de la tensión aplicada en las condiciones de trabajo, se realiza la modificación siguiente:

$$kW_{SALIDA} = \frac{I_{MEDIDA}}{I_{NOMINAL}} \times \frac{V_{MEDIDO}}{V_{NOMINAL}} \times kW_{NOMINAL} \quad \text{Ecuación 9}$$

Esta ecuación 9 es útil para determinar estados de carga entre el 50 % y plena carga, se toma la medición de la potencia de entrada o en su defecto la

tensión, la corriente y el factor de potencia promedio de las fases. Para nuestro caso que tenemos alimentación a dos fases tres hilos se calcula la potencia de entrada según:

$$kW_{ENTRADA} = \frac{V_{PROM} * I_{PROM} * 2 * \cos \varphi}{1000} \quad \text{Ecuación 10}$$

En ocasiones, es difícil determinar la eficiencia de un motor que ha estado en servicio por largo tiempo. No está fuera de lo común que la placa se haya perdido, esté pintada y no se disponga del catálogo. En estos casos, se pueden utilizar estimados de eficiencia de motores de diseño estándar a partir del frame y otros datos. Este estimado es poco preciso, más aún si el motor ha sido rebobinado y probablemente su eficiencia reducida.

1.2.7. Dimensionamiento de disyuntores y Conductores.

El dimensionamiento de un disyuntor consiste en determinar la corriente nominal de disparo del disyuntor I_n , la misma que abre el circuito ante la presencia de alguna anomalía eléctrica protegiendo tanto a la carga como al conductor. Para escoger la intensidad nominal del disyuntor debe cumplirse con la siguiente condición:

$$I_{cond.} > I_n \geq 1.25 I_c.$$

Donde:

I_n = Corriente nominal de disparo del disyuntor (A).

$I_{cond.}$ = Capacidad de conducción de corriente del conductor (A).

I_c = Corriente máxima (nominal) de la carga (A).

La condición anterior indica que: la corriente nominal de disparo del disyuntor es igual o mayor a 1.25 veces la corriente nominal de la carga y a la vez indica también que es menor que la capacidad de conducción de corriente del conductor eléctrico del circuito.



Para el dimensionamiento de los conductores eléctricos, es muy importante considerar la capacidad de conducción de corriente para la que están diseñados y la corriente máxima de la carga que van alimentar. Para una selección correcta se ha desarrollado una tabla de los conductores de cobre más utilizados en las instalaciones interiores, como son: conductor aislado de cobre tipo TW, conductor aislado de cobre tipo TTU y multiconductor tipo sucre anexo 15, en donde se hace referencia a las capacidades nominales de conducción de corriente dependiendo del tipo de servicio, como puede ser: monofásico, bifásico o trifásico

Según OREJUELA LUNA, Víctor (2001): “Para circuitos de iluminación y tomacorrientes la caída de voltaje máxima permisible es de 2.5% para un nivel de voltaje de 120 V. El calibre del conductor del neutro será igual al conductor de las fases.” (p.38). Esto con el propósito de considerar para la calidad del servicio eléctrico.

1.3. FUNDAMENTACIÓN LEGAL.

1.3.1. Sistema de Gestión Energética ISO 50001

“El objetivo principal del estándar es mejorar el desempeño energético y de eficiencia energética de manera continua, y adicionalmente identificar oportunidades de reducción de utilización energética”⁽⁴⁾. Fue desarrollado como el estándar internacional futuro para la gestión energética por la Organización Internacional de Normalización (ISO por sus siglas en inglés) en el 2008, fue publicado el 15 de junio de 2011.

Tanto ISO 50001:2011 como BS EN 16001:2009 combinan los beneficios de una herramienta de gestión empresarial, vinculando la gestión energética y los procesos comerciales con la habilidad de cumplir con las demandas en aumento de los clientes en todo el mundo para la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, implementar una política energética, establecer objetivos, metas y



programas que tengan en cuenta requisitos legales e información acerca del uso significativo de la energía.

1.3.2.- Líneas de Investigación del Instituto Nacional de Eficiencia Energética y Energías renovables (INER).

El Plan Nacional del Buen Vivir 2009 – 2013, publicado en el Suplemento del Registro Oficial No. 144 de 5 de marzo de 2010, señala en las Políticas: 2.6 Promover la investigación y el conocimiento científico, la revalorización de conocimientos y saberes ancestrales, y la innovación tecnológica y 4.3 Diversificar la Matriz Energética Nacional, promoviendo la eficiencia y una mayor participación de energías renovables sostenibles.

El Instituto Nacional de Eficiencia Energética y Energías renovables (INER) ha definido sus líneas de investigación en el ámbito de sus facultades y atribuciones. Por ello, se ha seleccionado las áreas de estudio que, de mejor manera, se identifican con los objetivos nacionales y mundiales sobre el buen uso de la energía, su permanente disponibilidad, acceso universal y la mayor participación de fuentes renovables en la oferta energética ⁽⁶⁾.

Los ejes fundamentales que definen el punto de creación del INER se conjugan en la Constitución de la República y en el Decreto Ejecutivo No. 1048, que en resumen señalan:

- Promover la generación y producción del conocimiento,
- Fomentar la investigación científica y tecnológica,
- Promover la innovación y formación científica,
- Promover la eficiencia energética,
- La diversificación de la matriz energética nacional,
- Promover la eficiencia energética, una mayor participación de energías renovables sostenibles, el desarrollo y uso de prácticas tecnológicas diversificadas no contaminantes de bajo impacto y que no pongan en



riesgo la soberanía alimentaria, el equilibrio ecológico de los ecosistemas ni el derecho al agua.

1.3.3.- Ley de Régimen del Sector Eléctrico (LRSE).

En nuestro país El Consejo Nacional de Electrificación CONELEC en el Reglamento de Tarifas (RT) y en el Reglamento del Suministro del Servicio de Electricidad (RSSE) ha establecido la existencia del factor de potencia (FP), reglamentos que son parte de la Ley de Régimen del Sector Eléctrico (LRSE).

El factor de potencia (FP) está definido en el RSSE como un parámetro para evaluar la eficiencia del consumo de la energía, en cambio, en el RT y en el pliego tarifario (PT), se establece la penalización por bajo factor de potencia, menor a 0.92.

La penalización por bajo factor de potencia será igual a la facturación mensual correspondiente a: consumo de energía, pérdidas en transformadores y comercialización, multiplicada por el siguiente factor:

$$\mathbf{Bfp = (0,92 / fpr) - 1. \quad Ecuación 11}$$

donde:

Bfp = Factor de penalización por bajo factor de potencia.

fpr = Factor de potencia registrado.

El art. 27 del RT, establece los cargos por bajo factor de potencia, ya que dice: “Para aquellos consumidores a los cuales el sistema de medición fijado por el CONELEC, considere la medición de energía reactiva, el distribuidor registrará mensualmente el FP. Aquellos clientes que registren un FP medio mensual inferior a 0.92, la facturación total mensual será recargada en un factor igual a la relación por cociente entre 0.92 y el factor de potencia registrado.

Cualquiera sea el tipo de consumidor, cuando el valor medido del FP fuese inferior a 0.60, el distribuidor, previa notificación, podrá suspender el servicio eléctrico hasta tanto el consumidor adecue sus instalaciones, a fin de superar dicho valor límite.”⁽⁷⁾.



1.3.4.- Reglamento de Buenas Prácticas de Manufactura BPM

La inocuidad de los alimentos es un punto de referencia para ser competitivos en los mercados mundiales que demandan productos de consumo humano, es así que en el Ecuador el gobierno está impulsando a que todas las empresas procesadoras de alimentos deben certificarse de forma progresiva de acuerdo con lo establecido en el Reglamento de Buenas Prácticas de Manufactura BPM (Decreto Ejecutivo No. 3253 publicado en el R.O No. 696 de 4 de Noviembre del 2002).

Con la finalidad de que éste proceso se realice de manera ordenada y a tiempo, el Ministerio de Salud Pública con la participación del Comité de la Calidad emitió el Acuerdo Ministerial de Plazos de Cumplimiento Buenas Prácticas de Manufactura de Alimentos (Registro Oficial 839 del 27 de Noviembre del 2012).

Dentro de este reglamento de BPM se consideran aspectos energéticos como conducción de vapor, estado e identificación de tuberías de agua potable y de desecho, tendidos y conexiones eléctricas, líneas de flujo de combustibles y aire comprimido, iluminación, control de temperatura y humedad entre otras.



1.4. Conclusiones del Capítulo

- ✓ Científicamente se respaldó alternativas del uso eficiente de la energía eléctrica en la industria láctea Soprab, estableciendo los parámetros más sobresalientes a considerar para la toma de datos.
- ✓ Se sustenta de manera técnica y económica recalcando ventajas y desventajas de cada una de las alternativas para la elaboración de un plan estratégico y metódico para mejor uso y aprovechamiento de la energía eléctrica.



CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.

2.1. Modalidad de la investigación.

El trabajo que se presenta es un proyecto factible, tiene características de tipo cuali-cuantitativo ya que para su desarrollo se hizo necesaria la ayuda de datos de los registros de manufactura de los equipos como también de lecturas tomadas a través de instrumentos de medida cuando se desarrolla el procesamiento de los lácteos. Inductivo-deductivo: porque se aplica una metodología sistémica y controlada para diagnosticar el estado de la gestión de los recursos energéticos, así como para el diseño del procedimiento propuesto para solucionar el problema abordado.

Investigación bibliográfica: Se considera como punto de partida del proyecto investigativo, aquí se desarrolla todo un estudio teórico-científico específico conceptualizando criterios básicos generales analizando los trabajos precedentes sobre el tema, la situación actual de éste y lo que falta por indagar para el alcance de los objetivos propuestos, siendo necesaria la utilización de herramientas estadísticas y matemáticas para caracterizar y pronosticar el consumo de energía eléctrica.

El nivel de profundidad es de carácter descriptivo y explicativo ya que se profundiza el conocimiento energético en el proceso de la elaboración de los lácteos para entender todos los fenómenos que en él se producen y entonces elaborar una descripción y explicación de los aspectos más importantes a que se refiere el problema de investigación.

Método No Experimental: Se realizó un diagnóstico completo del Sistema Energético actual de la procesadora de lácteos identificando oportunidades de



ahorro energético que conllevan al mejor uso de la energía eléctrica, elaborando un plan estratégico de acciones técnicas y conductuales que de forma metódica avanza hacia la solución del problema concluyendo con una serie de conclusiones y recomendando acciones que dependerán de la gerencia general su implementación.

La investigación también es en parte de carácter documental porque se necesitó la información de los registros de construcción de las máquinas y equipos de producción, historial de planillas de consumo eléctrico, catálogos y documentos en general que relacionan directamente a la energía eléctrica.

La investigación de campo fue la otra parte fundamental para el desarrollo del trabajo, ya que a través de ella y con ayuda de técnicas de observación, lecturas y medidas se obtuvieron datos para que encaminen la investigación, permitió describir el comportamiento típico de la energía eléctrica relacionando horarios de trabajo con requerimientos energéticos del proceso y su interrelación de forma sistémica con la planificación, uso y administración de la energía eléctrica.

La modelación y simulación de los datos encontrados en todos los escenarios de producción dan confiabilidad a la propuesta validando efectivamente los futuros escenarios para afrontar y corregir el problema planteado,

En conclusión, este trabajo contempla la investigación de campo y la investigación bibliográfica lo cual confluye en la propuesta de solución a la problematización planteada.



2.2. Métodos y técnicas utilizados en la recolección de datos en el desarrollo de la investigación.

2.2.1. La Entrevista.- Sin cuestionario estructurado sino más bien un conversatorio abierto, por su intermedio se logró detectar hechos y acciones del diario vivir con los que opera la planta que dan las pautas para profundizar en su teoría de una forma metodológica y científica, se lo realiza tanto operativa como administrativamente.

A nivel gerencial arrojan datos generales de aspectos históricos de gastos por consumos de energía eléctrica, diesel, agua, el criterio aplicado para la expansión de la planta y la adquisición de equipos, además determina los horarios de trabajo de la planta y la posibilidad de variabilidad de los mismos según arrojen los resultados de la investigación.

El conversatorio a nivel operativo es más detallado en función a los parámetros del proceso mismo, conlleva a datos representativos como tiempos de funcionamiento, problemas típicos con algún equipo, mecanismos de control de temperaturas, horarios de operación de equipos, elementos de maniobra y control en cada una de las máquinas, etc.

Como resultado de la entrevista encontramos que existe el desconocimiento de aspectos técnicos innovadores que promueven el uso racional de los energéticos para mejorar su aprovechamiento y además la industria no cuenta con asesoramiento a tiempo completo de personal calificado

2.2.2. La Observación Directa.- Métodos empírico con conocimiento de causa destinado a la observación científica para el diagnóstico de la gestión de los recursos energéticos y para la obtención de información directa dentro del desarrollo de los proceso respecto de los portadores energéticos de la planta.



Los principales portadores energéticos de la planta de producción son el diesel y la energía eléctrica, el diesel es utilizado en los calderos para la generación de vapor empleado en los procesos de calentamiento, pasteurización, evaporación y secado, este energético es proveído por una empresa de hidrocarburos particular.

La energía eléctrica utilizada en los procesos de bombeo, envasado, sellado, enfriamiento, refrigeración, generación de aire comprimido y para iluminación, actualmente es suministrada por la Empresa Eléctrica Ambato Regional Centro Norte S.A a niveles de 120/240 V monofásicos 3 hilos.

En nuestro país el agua no es considerada como portador de energía pero tiene una significativa importancia dentro del proceso de producción de toda industria alimenticia ya que es uno de los recursos mas utilizados para la limpieza de la planta y para garantizar los estándares higiénicos y de inocuidad del producto. Los volúmenes de consumo en el caso de Soprab tiene un promedio de 90 m³ registrados en un contador principal, es suministrada por La Empresa Pública - Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Ambato (Ep. EMAPA).

Mediante esta técnica, en una visita a la planta se tomaron los primeros detalles visuales y oportunidades de gestión de uso eficiente de los energéticos que consume la planta, de los cuales, por afinidad la atención se centra en el sistema eléctrico.

Específicamente dentro del ámbito eléctrico presenta una variada gama de oportunidades de mejorar su uso, en el anexo 2 se muestra fotografías donde se miran aspectos tales como los siguientes:

- Deterioro físico de equipos convertidores de energía.
- Deterioro de cables conductores y puntos de conexión por recalentamiento.
- Motores obsoletos e ineficientes.



- Luminarias de baja eficiencia encendidas innecesariamente.
- Estaciones de trabajo móviles alimentadas con extensiones eléctricas inadecuadas.
- Tableros individuales de control con elementos deteriorados y sumidos en humedad.
- Falta de automatización en procesos
- Cables conductores energizados sueltos.
- Elementos de protección obsoletos y en mal estado físico.
- Cables conductores de potencia llevados fuera de canaletas, entre otros

Instalaciones y equipos que se desempeñan de una forma anti-técnica que conlleva a un permanente entorno de despilfarro energético además de un latente riesgo a la integridad de los trabajadores.

Un punto importante a tomarse en consideración es el ambiente en el cual se desenvuelven las actividades de la empresa, ya que este ambiente húmedo presente inclusive en los tableros puede provocar la oxidación de los elementos de contacto que impidan una buena transferencia de energía por lo que es importante mantener determinada periodicidad en los trabajos de mantenimiento preventivo.

2.2.3. Documentación y registros.-

Como un primer acercamiento al desempeño de la planta en el ámbito eléctrico se partió de los datos históricos de consumo de energía eléctrica en los últimos años considerando especialmente el período de análisis para profundizar en detalles (anexo 3).

Con la ayuda de estos registros se verifican el crecimiento de consumo y demanda, además de valores de bajo factor de potencia y costos de penalización parámetros que muestran el mal uso que se está haciendo del energético además es el dato más importante que sustenta la hipótesis de reducir el costo en la planilla mensual de energía.



En los procesos de ampliación o de renovación de Soprab , no se ha tenido en cuenta las alternativas más eficientes desde el punto de vista energético, ni se han cuantificado los incrementos que se producen. No existen registros de parámetros de funcionamiento anteriores ni actuales de los equipos que nos permitan comparar la degradación energética de algún equipo.

Desde el inicio no se cuenta con diagramas de distribución de los circuitos eléctricos en la planta, llega el suministro desde el transformador a un tablero principal, el cual tiene acoplado a sus barras 6 protecciones térmicas para los circuitos que de las secciones que están etiquetadas.

Adentrándose un poco mas con el desempeño energético de la planta, las cargas que lo utilizan y la forma de conversión en las distintas máquinas se realizó el levantamiento de carga de los equipos y elementos que se encuentran en la planta y que intervienen en los diferentes estados del procesamiento de la leche, dependiendo del estado físico de las máquinas algunos valores fueron tomados de las placas características de los equipos y otros valores medidos a plena carga.

En el anexo 4 se detallan los equipos con sus respectivas potencias individuales, lo cual establece que la carga actual total instalada es de alrededor de 50 KW. Dentro de listado se pueden identificar los equipos de mayor relevancia respecto al consumo en la planta, mismos que se consideran más profundamente para un análisis detallado.

2.2.4. Lecturas de campo.- Censo de carga por medio de la medición con equipos especializados.

Un procedimiento esencial para iniciar el trabajo investigativo de campo es la calibración de los equipos e instrumentos utilizados a patrones internacionales de medida, sus lecturas deben ser tan precisas ya que errores de medición nos pueden llevar a tomar una decisión equivocada del proyecto.

Estos equipos especializados para este propósito nos ayudan a cuantificar los parámetros en tiempo real de consumo de energía en condiciones operativas típicas de la planta, es decir, en condiciones normales a las que está acostumbrada a trabajar que servirán para determinar patrones de comportamiento de la energía eléctrica dentro del proceso de operación que conlleve a plantear las acciones necesarias más acertadas y pertinentes para su mejor desempeño,

Acorde la necesidad de tomar el valor de un parámetro específico se utilizan equipos como los que se mencionan: analizador de redes, multímetro, pinza amperimétrica, megger.

Para el levantamiento de datos a tiempo real del sistema eléctrico se instala el Analizador de redes marca AEMC INSTRUMENTS modelo: 3945, serie: 295412, el analizador de redes es montado en la acometida principal del sistema eléctrico de la planta Soprab de la forma que se indica en la figura 5.



Figura 5. Instalación y programación del analizador de redes.



Los datos que se obtienen el analizador de redes entre los principales son: voltajes entre líneas, voltajes entre fase y neutro, corrientes en cada una de las líneas, potencias activa, reactiva y aparente en cada una de las fases y de forma totalizada, voltajes armónicos, corrientes armónicas, etc.

Para la investigación se consideran la determinación de parámetros para dos escenarios diferentes de operación de la planta:

A. **(cC: Con compensación)**. El primer registro de datos se lo realiza de forma continua por un lapso de 9 días con el capacitor fijo existente de 5,5 kVAR acoplado al sistema eléctrico de la planta, al equipo se lo programa a intervalos entre lecturas de 10 minutos como lo establece la regulación CONELEC 004/01 (mínimo 7 días continuos).

Para este escenario nos brindará una base de datos de 9 días, es decir, una semana laborable completa incluida el fin semana, datos de voltajes, corrientes, distorsión armónica, flicker, potencias (activa, reactiva, aparente), factor de potencia entre los parámetros más importantes que al procesarlos arrojarán las curvas características de los parámetros eléctricos caracterizando un patrón de uso de la energía eléctrica de la planta procesadora en esta primera condición.

B. **(sC: Sin compensación)**. El segundo registro de datos se lo realiza desconectando el capacitor de compensación del sistema eléctrico de la planta apenas por un día y una noche, de igual forma al equipo de medición se lo programa con un rango entre lecturas de 10 minutos lo cual nos brindará una base de datos de un día laborable completo (Viernes), mismos que al procesarlos arrojarán las curvas características de los parámetros eléctricos en esta segunda condición de operación del sistema eléctrico.

2.3. Operacionalización de las variables.

2.3.1. Variable Independiente:

Uso de la energía eléctrica.

Evaluar energéticamente el aprovechamiento de la energía eléctrica utilizada para procesamiento de lácteos marca Kazú en la industria láctea Soprab de la ciudad de Ambato.

Tabla 3. Variable Independiente. Uso de la energía eléctrica.

Concepto	Categoría	Indicadores	Ítem	Técnicas	Instrumentos
Plan de uso eficiente de la energía eléctrica aprovechado para el movimiento mecánico de los motores, la iluminación, los compresores de refrigeración y aire comprimido en el proceso de elaboración de lácteos.	Consumidores de la energía eléctrica.	Consumo promedio de Energía eléctrica.	kWh	Medición	Contador
		Horarios de consumo de la energía eléctrica.	kWh	Medición	Contador
		Patrón de consumo de energía eléctrica de la planta.	kWh - kVArh	Medición	Analizador de redes
	Carga Instalada en la planta	Cargas relevante de mayor consumo	kW	Medición	Analizador de redes
		Eficiencia de operación	%	Cálculos	Ecuaciones
	Reservas energéticas.	Factor de potencia.		Medición	Analizador de redes

2.3.2. Variable Dependiente:

Valor de la planilla por concepto del servicio eléctrico.

Plantear un plan estratégico de uso eficiente del insumo eléctrico con el fin de eliminar recargos adicionales en la planilla de facturación por servicio de energía eléctrica.

Tabla 4. Variable Dependiente. Valor de la planilla por concepto del servicio eléctrico.

Concepto	Categoría	Indicadores	Item	Técnicas	Instrumentos
Relación existente entre la cantidad de energía eléctrica que se consume en el proceso tomando en cuenta pérdidas e ineficiencia en su uso Determinación de los valores componentes del costo de la planilla por concepto	Cargabilidad del Transformador principal	Valor de la planilla eléctrica por demandada	\$	Medicion	Contador
	Uso de la energía eléctrica.	La energía eléctrica consumida por máquinas y equipos de la industria de Lácteos Soprab.	kWh	Medicion	Analizador de redes
	Penalización por bajo factor de potencia	Valor de penalización	\$	Cálculos	Ecuaciones

2.4. Validación de datos.

Los datos encontrados son validados con un software específico para ello, es decir, aquellos datos encontrados son modelados y simulados para confrontar si el resultado de esa simulación es semejante a la situación actual de la planta. Este procedimiento nos proporciona confiabilidad que los datos fueron tomados de una forma correcta y que el software es el idóneo para este caso y a través de esta herramienta se puede garantizar con un buen grado de certeza la simulación de escenarios de un banco de compensación apropiado que da solución al problema del bajo factor de potencia..

Se utilizó el software CYMDIST de CYME INTERNATIONAL T&D. El programa permite estudiar y simular el comportamiento de las redes de distribución bajo distintas condiciones y escenarios. El programa ejecuta varias funciones necesarias para el planeamiento, explotación y análisis de las redes de distribución. Las funciones de análisis de Flujo de carga, Cortocircuito, mejoramiento de la configuración eléctrica, etc., Otras de sus funciones y módulos complementarios como la ubicación óptima de condensadores, el balance de carga y el mejoramiento de la configuración del sistema eléctrico, sugieren maneras de



minimizar las pérdidas. Es muy útil para la coordinación de dispositivos de protección.

Con el levantamiento del diagrama eléctrico unifilar y toda la información de las instalaciones eléctricas de los equipos y elementos que forman parte del sistema eléctrico de la Industria Láctea Soprab, haciendo uso del software CYMDIST, con la aplicación de la función de análisis de Flujo de Carga en donde se puede ubicar los equipos y elementos que conforman sistema eléctrico de una forma simplificada con los datos correspondientes a cada sección se realizó la modelación del sistema eléctrico de Soprab tanto para las condiciones actuales como también para la propuesta.

Se suman como elementos validos los registros históricos que dispone la EEASA en su base de datos tomados mensualmente de los sistemas de medición que dispone la Industria de Lácteos Soprab.



2.5. Conclusiones del capítulo

- Se definió la ruta a seguir y con ello se diseñó la secuencia de parámetros que deben ser recopilados para su análisis posterior y validación de los mismos.
- Se determinaron técnicas y equipos para la recolección de datos que nos llevarán en su momento a tomar la mejor decisión para mejorar la eficiencia energética de Soprab.
- Importantes visitas previas mostraron los posibles equipos a considerar para un análisis más profundo que de la mano con conversaciones de campo con los trabajadores y gerencia sustentarán de mejor manera la finalidad de este trabajo.
- Basándose en registros existentes de algunas máquinas y lecturas previas de algunos parámetros se visualizaron oportunidades de la aplicación del plan energético.
- Se levantó el diagrama unifilar de los circuitos existentes en la planta en general y se definieron las cargas en cada uno de ellos, que servirá para determinar los posibles centros de mayor atención en la elaboración del plan energético.



CAPÍTULO III.

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

El desarrollo del presente capítulo, en su primera parte se basa en la identificación y diagnóstico energético de la planta procesadora de lácteos Soprab de la ciudad de Ambato con el fin de caracterizar el comportamiento de la energía en la planta. Analizaremos los portadores energéticos de la planta, por afinidad se tomará especial atención en el consumo de la electricidad.

En la segunda parte del capítulo se analizan los resultados del censo de carga, de los registros históricos y de las lecturas de campo efectuadas en el sistema eléctrico de la planta. Con el apoyo de herramientas estadísticas se desarrolla un análisis profundo con tablas, gráficas de control de la energía además de las proyecciones en base a los datos recopilados y en la parte final del capítulo se hacen las respectivas conclusiones y recomendaciones acerca de las novedades encontradas.

3.1. Datos Generales de la Industria.

La procesadora de lácteos SOPRAB, está ubicada en la Ciudad de Ambato, Provincia de Tungurahua, apareció en el año 1999 con el nombre de KAZÚ y es hasta el 2005 que cambia su razón social, cumpliendo con todos los requisitos exigidos para su normal funcionamiento. Sus instalaciones se encuentran distribuidas en un área aproximada de 1200 m². (Anexo 1)

Su mercado se encuentra localizado a lo largo de la Provincia de Tungurahua y en las ciudades de: Guayaquil, Durán, Quevedo, Ventanas, Puyo entre las principales.

La gerencia la ejerce el propietario de la industria, el Ing. Marcelo Procel y los demás departamentos están consolidados de la forma que muestra la figura 6,

el número total de empleados es de 13 personas, lo cual la clasifica como pequeña empresa “el número de trabajadores no excede de 49 personas”

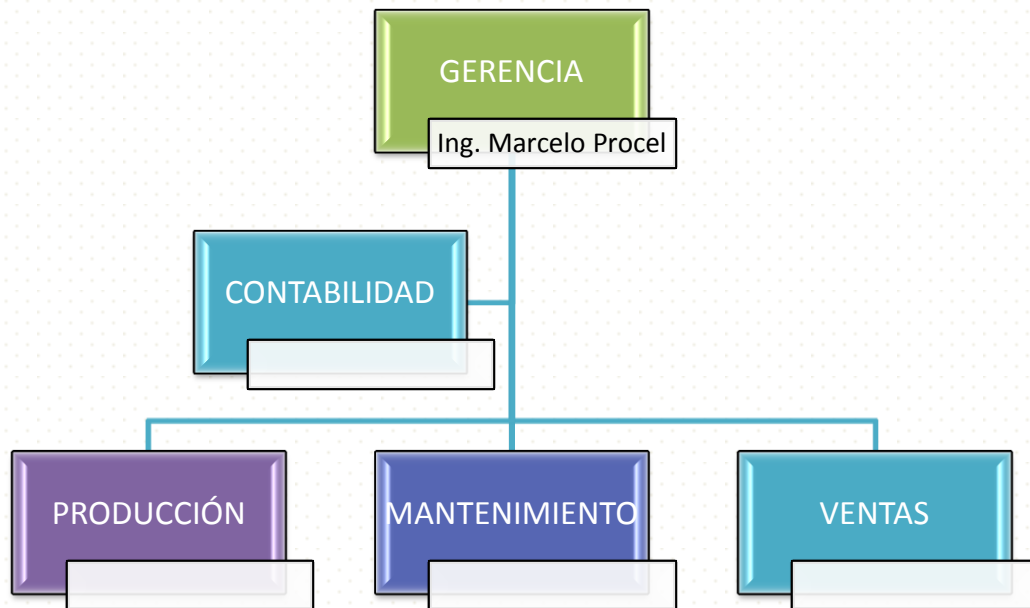


Figura 6. Organigrama funcional.

Realizado por: Autor, Méntor Mayorga.

Producción de la Industria.

La planta cuenta con equipos que cumplen los requerimientos de calidad, que exigen cada uno de sus procesos, la actividad de la industria se basa en la elaboración de lácteos de marca KAZÚ tales como manjar de leche, yogurt, queso, naranjada, gelatina y se proyecta a otros como la leche condensada y mermeladas.

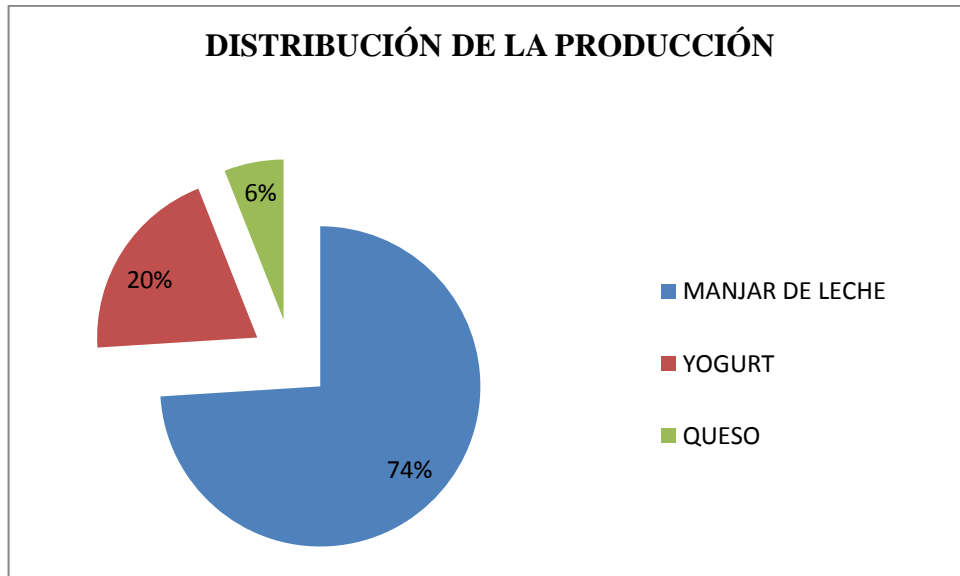


Figura 7. Distribución de la producción láctea de Soprab.

Realizado por: Autor, Méntor Mayorga.

En la actualidad la planta en promedio procesa 85000 litros de leche mensuales distribuidos tal como lo muestra la figura 7, la naranjada y la gelatina no son mencionadas en la figura por cuanto no utilizan la leche como materia prima para su elaboración.

Flujo de Proceso.

El proceso de producción para el manjar de leche, yogurt y queso inicia con la recepción de la leche previa un análisis de calidad en el laboratorio de la planta, la mayoría de las pruebas son con respecto a la cantidad de agua que posee la leche y el nivel de impurezas acumuladas en la misma.

El aspecto de la calidad del producto es primordial para Soprab, es por eso que dentro del proceso cada uno de los clientes internos evalúa el producto recibido, sin embargo, dentro del flujo de proceso de la figura 8 se indican puntos específicos de control.



Figura 8. Flujo de procesos.

Realizado por: Autor, Méntor Mayorga.

3.2. Comportamiento Energético actual de la Procesadora de Lácteos Soprab.

Según un enunciado en el marco teórico en este tipo de empresas la distribución energética es aproximadamente el 80% provista por la combustión de combustibles fósiles y el restante 20% es suministrado por la energía eléctrica. La planta de lácteos Soprab no es la excepción ya que mediante la recolección de datos y la aplicación de relaciones matemáticas y estadísticas referidas al tema se elabora la tabla 5 que no se aleja de lo mencionado.

Tabla 5. Históricos de consumo de portadores energéticos en el 2012.

Realizado por: Autor, Méntor Mayorga.

PORTADORES ENERGÉTICOS 2012		
Mes	kWh	Diesel(gl)
Enero	2723	1560
Febrero	3222	1472
marzo	2462	1527
Abril	3538	1615
mayo	3320	1726
Junio	3424	1780
Julio	2990	1854
Agosto	3317	1732
Septiembre	3036	1759
Octubre	3274	1595
Noviembre	4042	1721
Diciembre	3162	1725
suman	38510	20066

De los datos anteriores elaboramos la tabla 6. en donde convertimos las unidades de consumo de la planta de diesel y electricidad a unidades universales como son las Toneladas de Combustible Convencional (TCC) que nos permiten determinar el aporte porcentual de cada una de ellas en el proceso y esto a su vez se visualiza de forma gráfica en la figura 9.

Tabla 6. Tasa porcentual de portadores energéticos en la planta de lácteos Soprab en el 2012.

Realizado por: Autor, Méntor Mayorga.

PORTADOR	CANTIDAD	Factor Conversión	TCC	%
Diesel	66,84 Tn	1,0534	70,4	82,7
Electricidad	38,51 MWh	0,3817	14,7	17,3
SUMAN			85,1	100

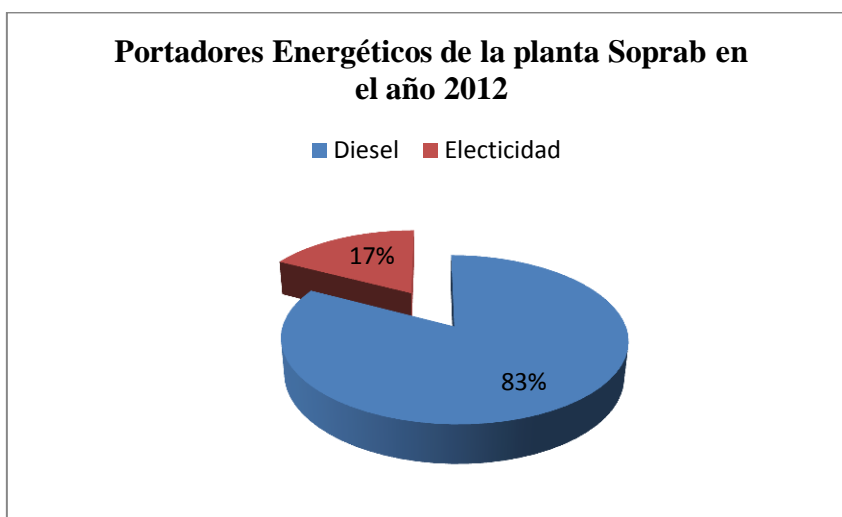


Figura 9. Tasa porcentual de portadores energéticos de la planta de lácteos en el 2012

Realizado por: Autor, Méntor Mayorga.

De los portadores energéticos de la planta láctea, como se mencionó anteriormente por afinidad se toma especial atención en el consumo de la electricidad.

Sistema eléctrico general de la planta.

La empresa de lácteos Soprab está registrada dentro de los consumidores de la Empresa Eléctrica Ambato con el Código único Eléctrico Nacional (CUENTA) número 0100126965, su consumo lo registra un contador bifásico



ELSTER tipo A1R+ CL200, 120 a 480V, 60 Hz, Kh 7.2, P/R 24, TA 30A que a su vez está alimentado de un transformador aéreo monofásico 3 hilos identificado con el número 9139 de 25 kVA auto protegido conexión estrella – delta, Vp 7967V Vs 120/240V , Ip/Is 3.13/104

Se ejecuta el levantamiento de un circuito general unifilar de la planta como se muestra en la figura 10, La planta cuenta con un sistema bifásico 3 hilos 120V / 240V, alimentando a un tablero principal los mismos que de forma centralizada controlan los tableros individuales de las marmitas, cuartos fríos, sala de máquinas (calderos y compresor), recepción e iluminación.

Al sistema se encuentra conectado un capacitor fijo de las siguientes características de placa: Epcos 3x100uf , 220V/5,5 kVar, 230V/6,0kVar controlado por una protección térmica individual tal como lo indica la figura 10.

En la industria láctea no existen instrumentos para la realización de mediciones técnicas. El control de la demanda de la electricidad se realiza a partir del metrocontador incorporado en el registrador de energía provisto por la empresa suministradora. No se miden ni registran variables que inciden en el comportamiento energético tales como la temperatura ambiente y la humedad relativa, no se cuenta con instrumentación de campo como analizadores de redes eléctricas, equipos de termografía , luxómetros etc. que permita la evaluación de los sistemas.

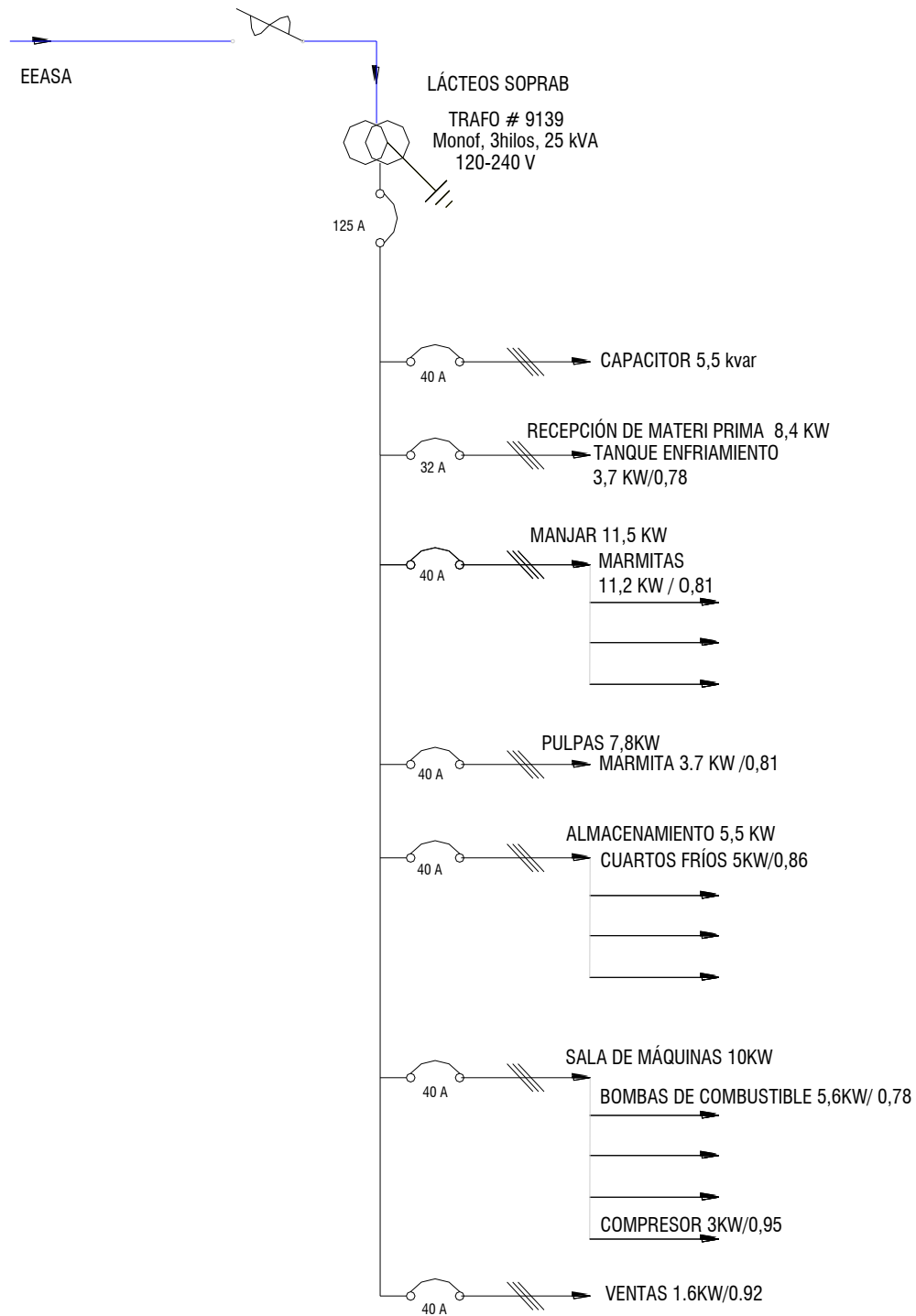


Figura 10. Diagrama unifilar general del sistema de alimentación y distribución de la energía eléctrica.

Realizado por: Autor, Méntor Mayorga.

Como dato de interés se considera la evolución del consumo de la energía eléctrica en la planta con el afán de justificar el crecimiento de la demanda de energía versus el incremento de equipamiento o a la vez considerar el incremento del consumo frente a una depreciación energética de los equipos, tomamos como referencia los datos históricos de consumo obtenidos de la Empresa Eléctrica Ambato Anexo 3, los mismos que arrojan como resultado la figura 11.

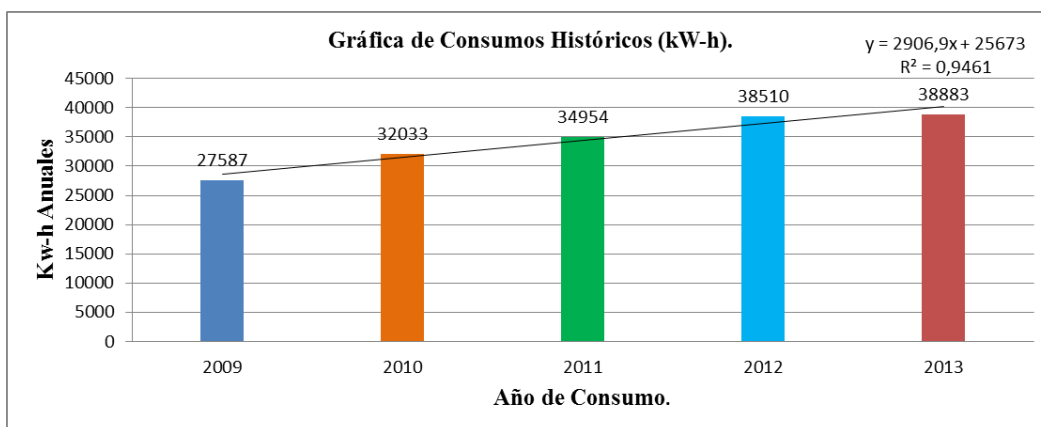


Figura 11. Consumos históricos de la energía eléctrica durante el periodo 2009 - 2012.

Realizado por: Autor, Méntor Mayorga.

Con los mismos datos obtenidos de los registros históricos de consumo de las planillas mensuales de la industria Soprab se elaboró la figura 12 con el fin de señalar gráficamente los valores pagados por penalización en el período de análisis 2012 – 2013.



Figura 12. Valores (\$) mensuales por penalización.

Realizado por: Autor, Méntor Mayorga.

De los datos históricos que se utilizaron para la elaboración de la figura 12 se desprende que actualmente la penalización representa entre el 6% al 8% del valor total de la planilla, mismo que conforme se vaya incrementado procesos y por ende la demanda puede también incrementarse drásticamente si no se toman medidas correctivas inmediatas.

3.3. Resultados de las Mediciones de Campo y Caracterización de la Energía Eléctrica.

Como anteriormente se mencionó en la etapa de recolección de datos, para la investigación se consideran la determinación de parámetros para dos modos de operación de la planta: **a)** Cuando el sistema trabaja con el capacitor de compensación existente conectado a la red y **b)** Cuando el sistema trabaja con el capacitor de compensación existente desconectado de la red; por lo tanto los resultados se analizarán y caracterizarán para para cada uno de los casos.

3.3.1. Análisis y Caracterización de la Energía Eléctrica cuando el sistema trabaja con el Capacitor de compensación existente Activado (cC).

Para este escenario considerado normal en el desarrollo funcional de la planta tenemos una base de datos de 9 días obtenidos por el analizador de redes instalado en la red de bajo voltaje del transformador que la industria dispone, esto es en el tablero principal de ingreso de energía.

El archivo de datos que arroja el equipo está en formato editable con el programa Excel, configurado en 51 columnas que, en cada una de ellas existen datos a intervalos de 10 minutos, es decir, por cada día de recolección de información arroja 15653 datos, de los cuales para nuestro estudio se procesan los que consideramos de interés de análisis, una muestra simplificada de algunas horas de un día cualquiera se muestra en el anexo 16.

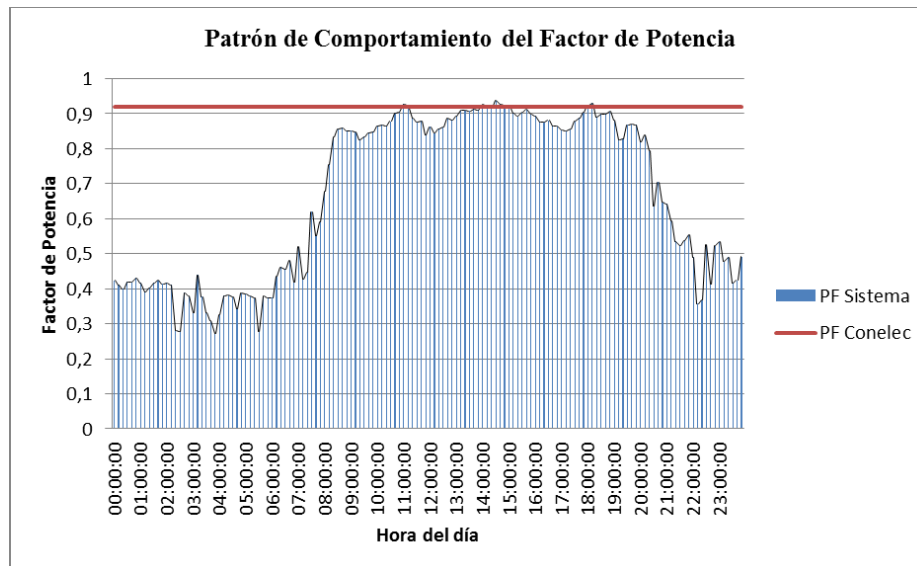


Figura 13. Patrón de Comportamiento del Factor de Potencia cC.

Realizado por: Autor, Méntor Mayorga.

De esta figura 13 se deduce afirmativamente que el sistema eléctrico de la industria de lácteos Soprab posee oportunidades de mejora en su uso, ya que este

factor de potencia es un indicador del rendimiento y uso que tiene la energía eléctrica dentro de las instalaciones de la planta.

Esta figura patrón del comportamiento del factor de potencia indica que el sistema alcanza el estándar solicitado por el CONELEC(0.92) apenas unos picos diarios los que representan según los datos el 6% en total, lo cual indica que el 94% del tiempo total la energía eléctrica consumida por la planta no es utilizada de forma eficiente.

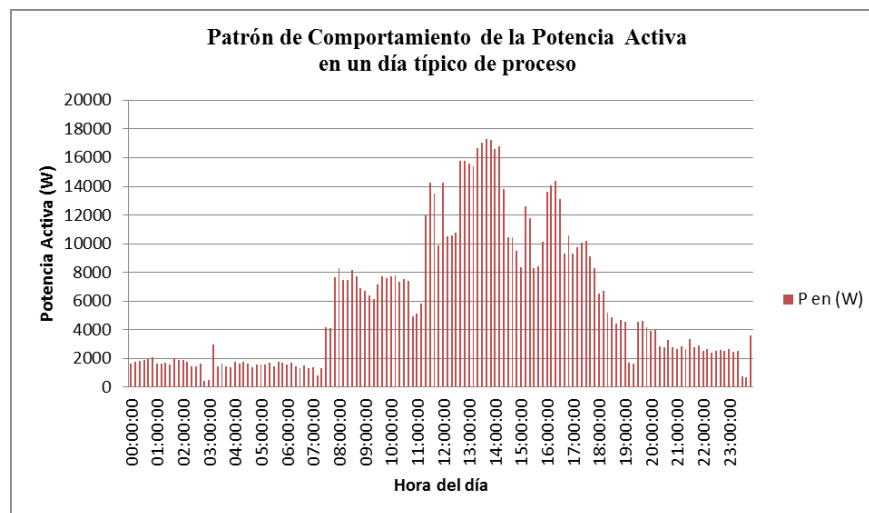


Figura 14. Patrón de comportamiento de la Potencia Activa cC.

Realizado por: Autor, Méntor Mayorga.

La figura del comportamiento de la potencia activa nos indica valles y crestas que en su máxima demanda llega aproximadamente a los 17 kW.

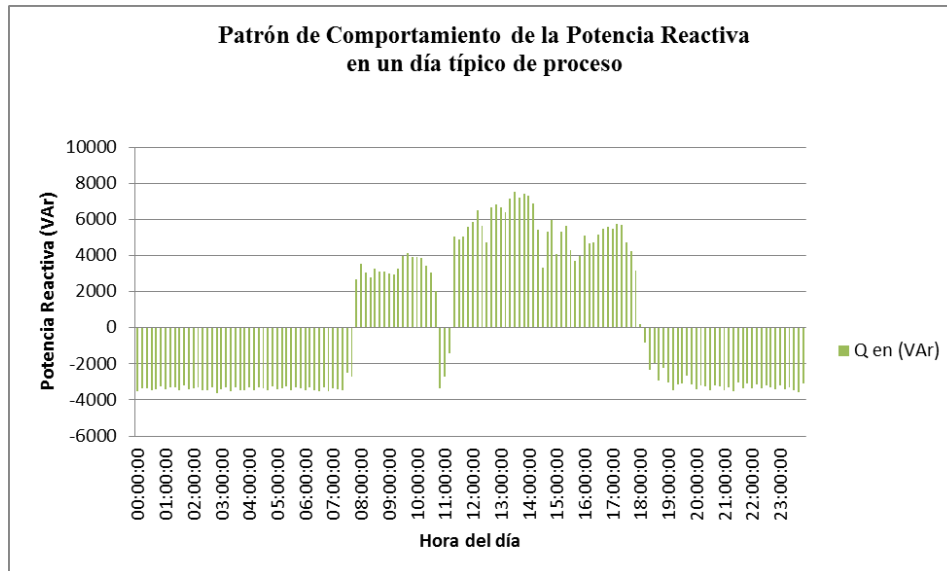


Figura 15. Patrón de comportamiento de la Potencia Reactiva cC.

Realizado por: Autor, Méntor Mayorga.

Se puede verificar en esta figura 15 que en el horario donde no hay cargas inductivas de consideración esto es aproximadamente entre las 18h30 y 8h00 lo cual representa el 50% del tiempo diario, el sistema de compensación inyecta reactivos a la red de distribución, mismos que a parte de generar un consumo innecesario de energía pueden provocar deterioro o disminución de la vida útil en los equipos conectados dentro de la planta que no se pueden apagar y desconectar como es el caso de los equipos de refrigeración y así también en los equipos de las viviendas aledañas a la misma por la elevación de voltajes que sufre el sistema.

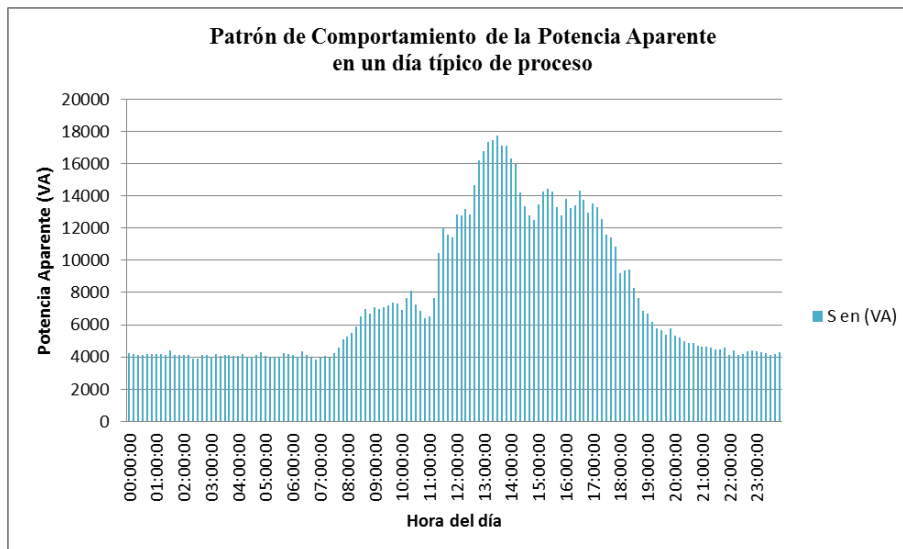


Figura 16. Patrón de comportamiento de la Potencia Aparente cC.

Realizado por: Autor, Méntor Mayorga.

Esta figura 16 muestra que aun cuando el consumo de potencia activa útil no llega a los 2 kW (figura 14), el transformador suministra una potencia superior a los 4 kVAR, lo cual comprueba que entre otros factores el bajo factor de potencia (figura 13) y el consumo de energía para la generación de reactivos (figura 15) inciden en cargas innecesarias para el transformador.

Resultados de la validación de datos cC.

Para correr el flujo de carga en el simulador, es necesario ingresar los parámetros de cada uno de los elementos del circuito en un diagrama eléctrico simplificado de la planta como el que se muestra en la figura 17, se señalan voltajes y corrientes de cortocircuito del alimentador de la Empresa Eléctrica Ambato (suministro de servicio eléctrico); conductores de medio y bajo voltaje (secciones y distancias); centro de transformación (datos de la placa de características); carga instalada en el tablero principal de distribución (sumatoria de la potencia de las máquinas y equipos); compensación de energía reactiva (banco de condensadores), entre los más destacados.

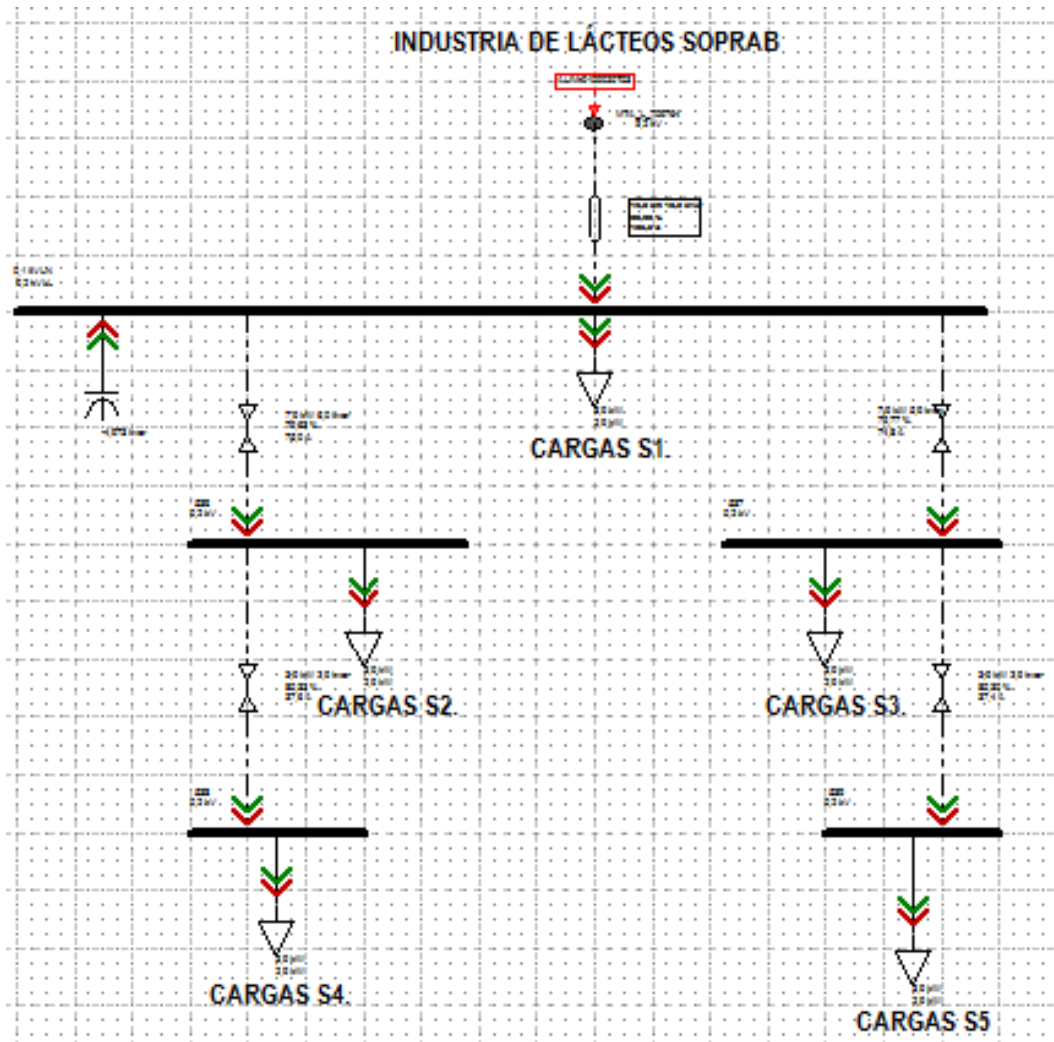


Figura 17. Sistema eléctrico de Soprab en CYMDIST

Realizado por: Autor, Méntor Mayorga.

Ingresados los datos señalados en cada uno de los elementos del circuito, se procedió a correr la simulación considerando las condiciones actuales del sistema eléctrico de la planta de producción según lo muestra la figura 18, se registra los resultados de los siguientes parámetros: factor de potencia; pérdidas de potencia; potencias activa, reactiva y aparente que coinciden con los patrones de carga elaborados de los datos obtenidos por analizador de redes.

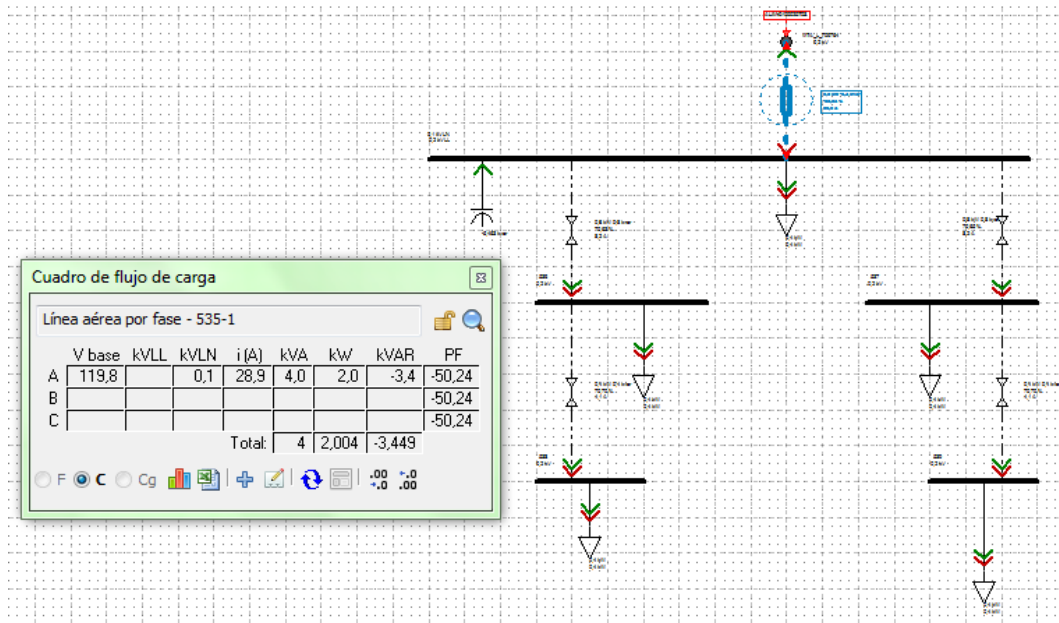


Figura 18. Parámetros del sistema actual con carga mínima y compensación de 5,5 kVAR.

Realizado por: Autor, Méntor Mayorga.

3.3.2. Análisis y Caracterización de la Energía Eléctrica cuando el sistema trabaja con el Capacitor de compensación existente Desactivado (sC).

Este registro de datos se lo realiza en un día normal de producción sin mover la ubicación del analizador de redes sino únicamente desconectando el capacitor de compensación del sistema eléctrico de la planta por un día y una noche (Viernes).

Al procesar los datos arrojan las curvas características de los parámetros eléctricos en esta segunda condición de operación del sistema eléctrico, que de cierta forma determinará la cantidad real de reactivos que necesitan ser compensados en el sistema para cumplir con el requerimiento de factor de potencia exigido por el ente regulador, CONELEC.

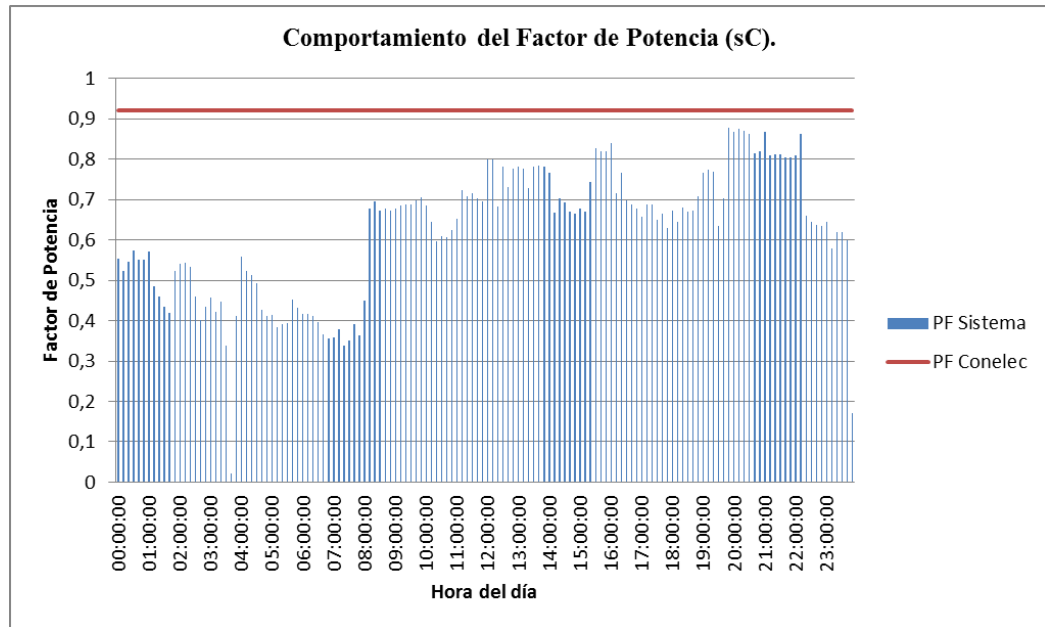


Figura 19. Comportamiento del Factor de Potencia sC.

Realizado por: Autor, Méntor Mayorga.

En la figura 19 se observa que para este escenario el 100% del tiempo el sistema trabaja por debajo de las condiciones exigidas por el CONELEC, siendo este el parámetro necesario a considerar para el cálculo del nuevo sistema de compensación que supere el problema.

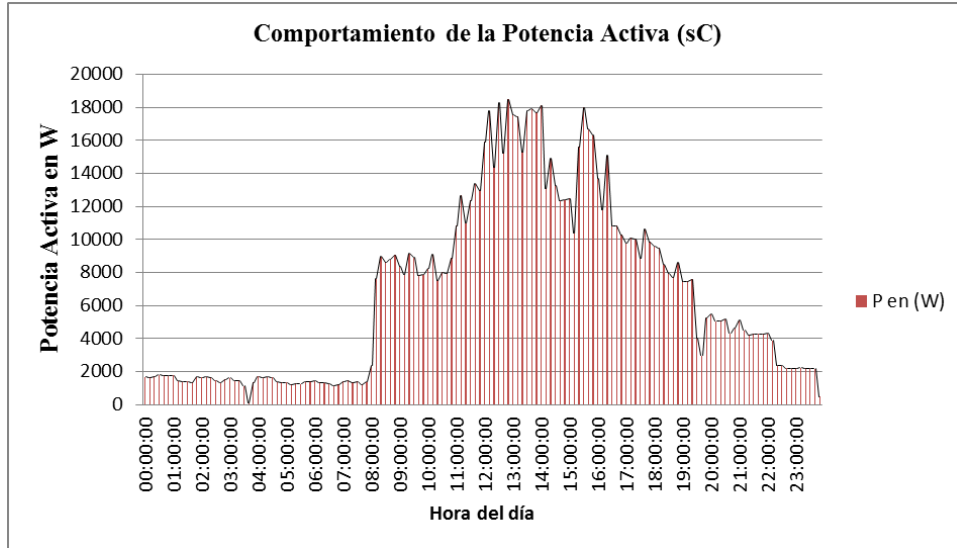


Figura 20. Comportamiento de la Potencia Activa sC.

Realizado por: Autor, Méntor Mayorga.

En esta figura 20 la demanda de potencia activa por parte de la planta es de aproximadamente 18 kW, lo cual no significa mayor diferencia comparada con el escenario compensado.

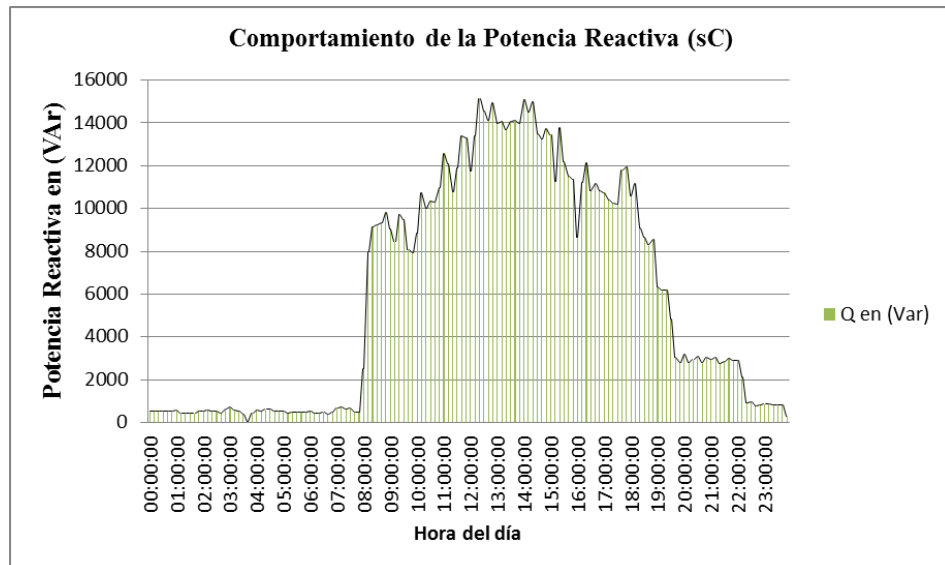


Figura 21. Comportamiento de la Potencia Reactiva sC.

Realizado por: Autor, Méntor Mayorga.

En este día típico de operación los datos del analizador de redes indican en horas valle que el sistema absorbe una pequeña cantidad de reactivos de la red a diferencia que cuando el condensador esta conectado, una gran parte de tiempo existe consumo innecesario de energía utilizada para inyectar reactivos a la red.

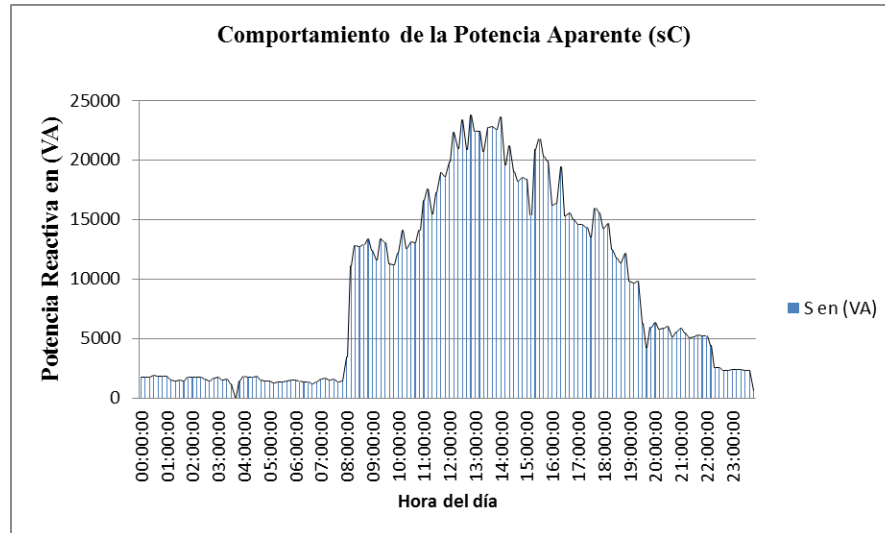


Figura 22. Comportamiento de la potencia aparente según la demanda variable a diferentes horas del día.

Realizado por: Autor, Méntor Mayorga.

En la figura 22 existe una demanda energética de cerca de 24 kVA, lo cual comprueba la tesis que ante un menor factor de potencia con respecto al escenario anterior la carga del transformador aumenta sin ser aprovechada de ninguna forma.

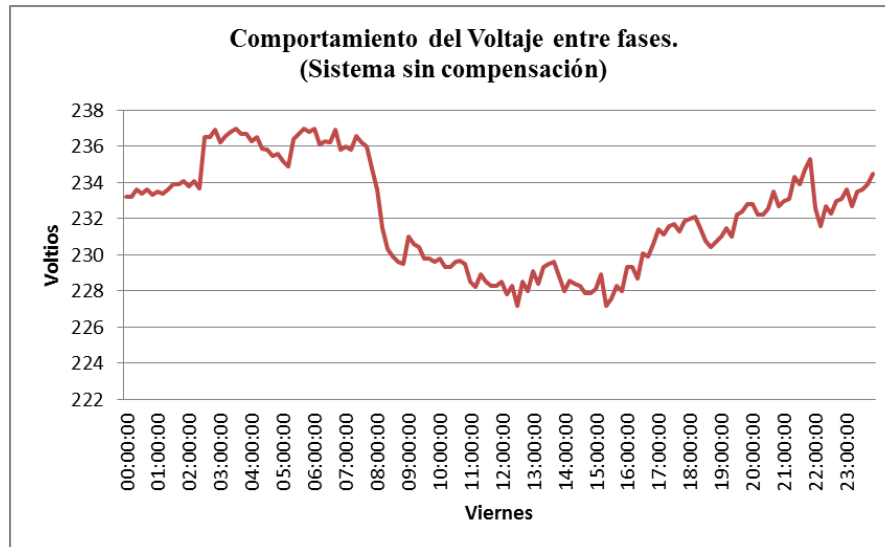


Figura 23. Comportamiento del voltaje entre fases sC.

Realizado por: Autor, Méntor Mayorga.

El dato que arroja esta figura 23 de voltaje entre fases, se utiliza para calcular la compensación en kVAr que tiene un capacitor de una capacidad nominal, el cual considerando el promedio es de 233V.

Resultados de la validación de datos sC

Al igual que en el escenario anterior, para correr el flujo de carga en el simulador se ingresa los parámetros de cada uno de los elementos del circuito en un diagrama eléctrico simplificado de la planta que se muestra en la figura 17, señalando voltajes, corrientes, sumatoria de la potencia de las máquinas y equipos pero en este caso sin ningún valor de compensación de energía reactiva.

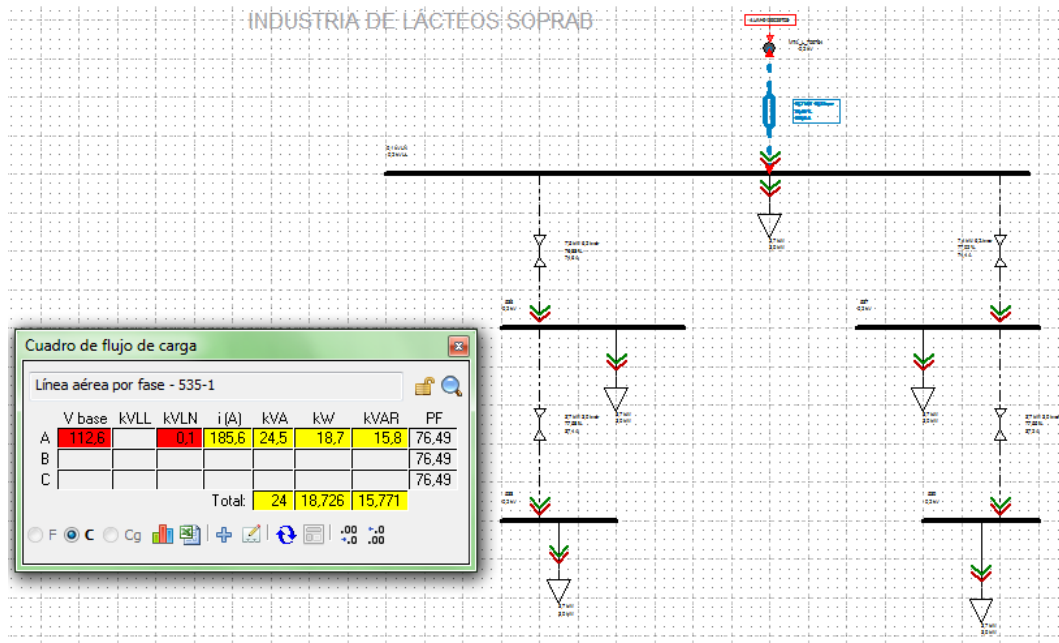


Figura 24. Parámetros del sistema actual con carga máxima sin compensación.

Realizado por: Autor, Méntor Mayorga.

En el cuadro de resultados de la figura 24 se puede observar que al correr la simulación en otro escenario y otro estado de carga; los resultados arrojados concuerdan con aquellos que se tomaron con el analizador de redes, por lo tanto, se puede afirmar la efectividad del software utilizado.

3.4. Evaluación de la eficiencia de los motores más representativos energéticamente de la planta de lácteos Soprab.

Realizadas las mediciones correspondientes, con los datos de placa y mediante la aplicación de las ecuaciones 8, 9 y 10 aplicando el método de la corriente se evalúa la eficiencia de operación de los motores más representativos en el consumo de la energía eléctrica de la planta de lácteos que son los motores de las marmitas para la elaboración del manjar que representan el 50% de la carga instalada total de la planta, los datos procesados permiten la elaboración de la tabla 7 donde se encuentra definida las eficiencia de operación de dichos motores.

Tabla 7. Valores de eficiencia de los motores más representativos de la industria láctea Soprab.

Realizado por: Autor, Méntor Mayorga.

Equipo	VALORES MEDIDOS		VALORES DE PLACA				VALORES CALCULADOS		
	I prom	V prom	I nom	V nom	kW nom	Cos φ	kW salida	kW entrad	Efic %
Marmita 3	8,15	228,8	14	220	3,7	0,81	2,24	3,02	74,15
Marmita 4	11,6	228,8	14	220	3,7	0,85	3,19	4,51	70,66
Marmita 5	9,75	228,6	14	220	3,7	0,81	2,68	3,61	74,15
Marmita 6	10,83	228,6	14	220	3,7	0,90	2,97	4,46	66,74
Tanque de Enfriamiento (Refrigeración)	10,75	227,9	13,2	220	3,7	0,92	3,12	4,51	69,24
Compresor de aire	6	227,9	11,5	220	3	0,88	1,62	2,39	67,76
Marmita 7	9	228,4	8,7	220	2,25	0,88	2,42	3,60	67,17
Cuarto frío 3	4,9	227,9	8,7	220	2	0,88	1,17	1,95	59,71
				SUMAN	25,75			PROMEDIO	68,70

La tabla 7 indica otro punto importante dentro del uso ineficiente de la energía eléctrica ya que los motores más representativos en consumo de la planta láctea que suman 25.75 kW nominales de potencia trabajan a una eficiencia promedio de 68% que relativamente es baja y puede mejorarse con el uso de motores de alta eficiencia

3.5. Consumo de Energía Eléctrica y Producción.

En el registro de la demanda facturable, debido al horario de trabajo hasta las 17h30, si se beneficia de la tarifa horaria, ya que aplicando el pliego tarifario vigente Resolución ARCONEL No. 051/16 (5 de octubre 2016) la EEASA, calcula la demanda facturable con un factor de corrección igual a 0.5, lo que hace que la industria cancele solo el 50% de la demanda máxima registrada



Tabla 8. Tarifa Horaria.

Realizado por: Autor, Méntor Mayorga.

Fuente: Resolución No. 051/16 ARCONEL

REGISTRO DE ENERGIA MEDIDOR HORARIO	
TARIFA	DENOMINACION
A	REGISTRO kWh (8h00 a 18h00) de lunes a viernes
B	REGISTRO kWh (18h00 a 22h00) de lunes a viernes
C	REGISTRO kWh (22h00 a 8h00) de lunes a viernes + kWh de (22h00 a 18h00) (S,D Y Feriados)
D	REGISTRO kWh (18h00 a 22h00) (S,D Y Feriados)

Según la tabla 8 en el registro de la energía, no existe mayor beneficio de la tarifa horaria C que cuenta con el descuento del 20%, registro de 22h00 a 08h00, debido a que el porcentaje de consumo es mínimo respecto al consumo presentado en la tarifa horaria A.

En la planta no existe una programación técnica del uso de la energía eléctrica en los procesos de producción, se ejecutan en función de los volúmenes de pedidos y producto a entregar entre las 8h00 hasta las 17h30, para cubrir los requerimientos se realiza ajustes en los horarios de operación de las máquinas y equipos dentro de este horario sin importar la demanda o coincidencia que puede generar, más no se reprograman en función de los horarios de los obreros ya que aquello conllevaría a costos adicionales por horas extras o por recargo reglamentario de horas nocturnas.

3.6. Proyección Energética de Industrias de Lácteos Soprab

En las figuras 16 y 22 se puede observar la diferencia que provoca la compensación en el consumo de potencia aparente del sistema eléctrico de la planta, lo cual es un indicativo que un sistema eléctrico compensado adecuadamente brinda la opción de reducción del costo de la planilla por reducción de consumo y demanda, dejando libre un cierto porcentaje de cargabilidad el transformador.

La demanda actual se encuentra alrededor del 98% de la capacidad nominal del transformador, si no se toman las medidas correctivas pertinentes el transformador puede saturarse por mal uso de la energía debiendo considerarse el cambio de transformador por uno de mayor capacidad con los elevados costos que conlleva, lo cual no elimina el problema del mal uso de la energía sino más bien lo prolonga y agranda.

Con el propósito de proyectar el desarrollo de la planta, con los datos de los dos años obtenidos para el análisis (2012 – 2013) se elabora la gráfica del incremento progresivo de la demanda en la planta de lácteos Soprab y el costo creciente de la planilla mensual como se indica en las figuras 25 y 26.

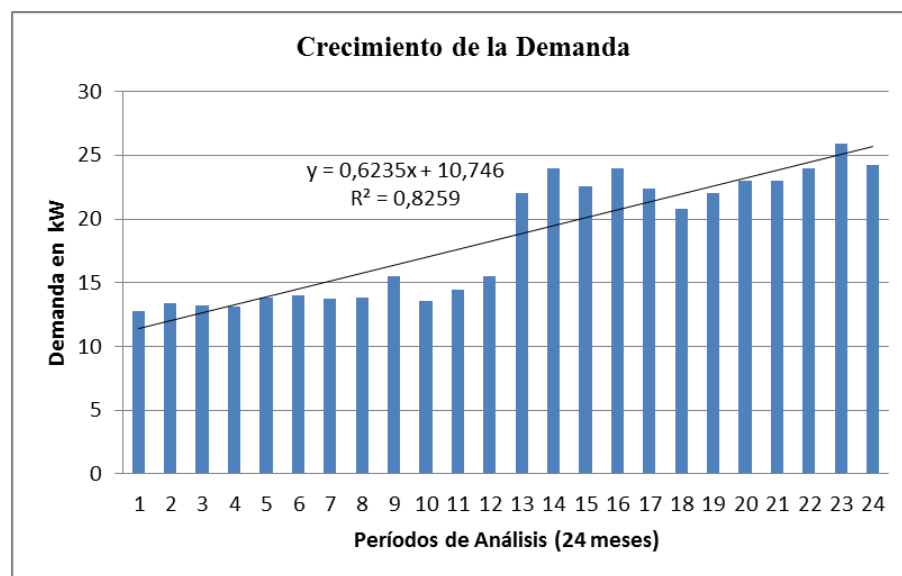


Figura 25. Comportamiento de la demanda

Realizado por: Autor, Méntor Mayorga.

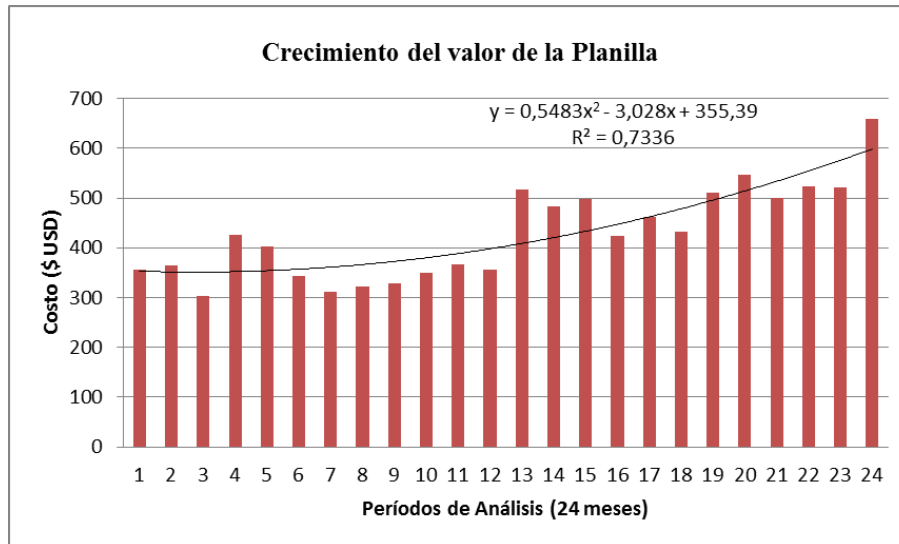


Figura 26. Comportamiento del valor dela planilla eléctrica.

Realizado por: Autor, Méntor Mayorga.

Mediante el uso del programa computacional Excel se determina las ecuaciones de tendencia de estas dos variables en el transcurso del tiempo, lo cual nos permite proyectar a futuro el aumento progresivo de la demanda con la ecuación $y = 0,6235x + 10,746$ y los costos de la planilla de consumo por medio de la ecuación $y = 0,5483x^2 - 3,028x + 355,39$ conservando la tasa promedio actual de penalización del 8%, valores con los cuales se elabora la tabla 9.

Tabla 9. Proyección de Demanda y Penalización por bajo factor de potencia de la Planta de Lácteos Soprab.

Realizado por: Autor, Méntor Mayorga.

PROYECCIÓN DE PLANTA SOPRAB			
Mes	Demanda (kW)	V. Panilla (\$)	8% Penalización
25	26,33	622,38	49,79
26	26,96	647,31	51,79
27	27,58	673,34	53,87
28	28,20	700,47	56,04
29	28,83	728,70	58,30
30	29,45	758,02	60,64
31	30,07	788,44	63,08
32	30,70	819,95	65,60
33	31,32	852,56	68,21
34	31,95	886,27	70,90
35	32,57	921,08	73,69



De la tabla 9 se deduce que: si la demanda va creciendo de la forma que lo ha hecho en estos dos últimos años de análisis, aproximadamente un año más tarde el transformador habrá llegado a brindar el 100% de su capacidad máxima cargable que representa el 1.3 de su capacidad nominal (32,5 kVA), entonces la penalización mensual aproximadamente será de \$ 73.69 conllevando a ser un valor anual de \$884.23. Valores que encarecen el costo final del producto terminado sin haberlos aprovechado en valor agregado alguno.

Tomamos de los datos históricos dentro del período de análisis el factor de potencia promedio 0.75 para la aplicación de la ecuación 12 de los valores de penalización teóricos que se enuncia así:

Ecuación 12

$$\text{\$ Penalización} = \{[(0.92 / \text{Cos } \phi) - 1] * (\text{\$ Consumo KWh} + \text{\$ Demanda kW})\}$$

Dónde:

\$ Penalización = Valor de penalización por bajo factor de potencia en dólares

0.92 = Factor de potencia medio exigido por CONELEC.

cos ϕ = Factor de potencia medio del cliente

\$ Consumo kWh = Valor de la energía activa en dólares

\$ Demanda kW = Valor de la demanda facturable en dólares

$(0.92 / \text{Cos } \phi) - 1$ = (BPF) Factor multiplicador de penalización por bajo factor de potencia.

Para el caso de Soprab tenemos que:

$$\text{BPF} = ((0.92 / 0.75) - 1)$$

$$\text{BPF} = 0.22$$

El factor multiplicador por bajo factor de potencia indica que se deberá cancelar un 22% adicional al valor facturado por consumo y demanda en la planilla eléctrica. Se puede observar que el valor real por penalización cancelado



en las planillas es de un promedio del 8% y el valor calculado con la ecuación 12 representa el 22%, esta desviación se produce en razón que existen períodos de demanda variable según la producción.

3.7. Resultado de la comparación de los métodos para la corrección del factor de potencia.

Previamente en el marco teórico se mencionó que los equipos empleados en la compensación de la potencia reactiva de las cargas son fundamentalmente:

- Bancos de capacitores estáticos.
- Condensadores sincrónicos (motores sincrónicos sobrecitados).
- Compensadores activos (basados en electrónica de potencia: SVC, FACTS, etc.).

Así mismo se mencionó sus bondades y desventajas, por lo que en este caso de análisis por el tamaño de las cargas y por el costo de su implementación y mantenimiento se opta por la implementación de un banco de capacitores estáticos para mejorar el factor de potencia de la Industria de Lácteos Soprab.

Como las cargas no son constantes, el capacitor fijo de 5,5 kVAr instalado en la actualidad, un 94% diario no compensa los reactivos necesarios para alcanzar el factor de potencia mínimo reglamentado por el CONELEC (0,92). Un 50% diario, la carga inductiva de los motores es baja por lo que el capacitor inyecta reactivos al sistema eléctrico interconectado pudiéndose afectar los equipos que están funcionando en ese horario dentro de la misma planta como también los equipos de las viviendas vecinas más cercanas por el aumento del nivel de voltaje en la línea.

Entonces, ante la presencia de valores variables de demanda energética de la planta, significa que la compensación también debe ser variable en función del requerimiento de los equipos considerando valores mínimos, medios y máximos,



apuntando a un sistema automático de inyección de reactivos sin perder la visión que existe un valor de compensación fija mínima.

3.8. Comprobación de la Hipótesis.

¿Si se identifican las causas que originan el mal uso de la energía eléctrica en la INDUSTRIA LÁCTEA SOPRAB del cantón Ambato, periodo 2012-2013, es posible plantear un plan de uso eficiente de la energía eléctrica para reducir el valor de la planilla mensual por concepto del servicio eléctrico?

Los consumos históricos y los datos medidos con el analizador de redes en la Industria Láctea SOPRAB señalan que el factor de potencia oscila entre 0.73 a 0,78 los mismos que se encuentran bajo el límite de 0.92 exigido por la Agencia de Regulación y Control de Electricidad ARCONEL, generando el pago de valores adicionales por penalización en las planillas mensuales por servicio eléctrico, equivalente al 8% del valor de la planilla facturada por servicio eléctrico en el periodo 2012-2013.

Simulando los posibles resultados, se ha identificado una causa de uso ineficiente de la energía eléctrica, la misma, que se convierte en una opción preponderante del plan de uso eficiente de la energía eléctrica, que permitirá reducir el valor de la planilla mensual por concepto del servicio eléctrico.

Por lo expuesto se comprueba la hipótesis.

3.9. Conclusiones del Capítulo.

- Las características de utilización del suministro eléctrico de la planta láctea y el comportamiento energético de sus principales cargas indican que se pueden definir acciones técnicas que conlleven consigo una inversión económica pero que aportan de manera sustantiva al uso más eficiente de la electricidad.
- En la planta los mayores consumidores de la energía eléctrica se encuentran en la elaboración del manjar de leche y en la sección de recepción y conservación de producto.
- La adecuada metodología de las herramientas de la Gestión Energética permitió definir las tendencias del consumo energético los cuales marcan una regularidad que identifican un patrón de uso de la energía particular de la planta.
- Definidas las curvas características de energía de la planta se verificó que el 94% diario el sistema trabaja con un bajo factor de potencia y además que el 50% diario inyecta reactivos al sistema, lo cual genera picos elevados de voltaje que puede dañar a equipos electrónicos conectados.
- Los datos encontrados nos permiten identificar una fuente principal del mal uso de la energía eléctrica como es el bajo factor de potencia e identificar y pre-seleccionar los elementos compensatorios para corregir este inconveniente que genera un valor adicional en la planilla eléctrica mensual de la planta.
- De la observación y datos de placa de algunos equipos de producción de la planta se puede concluir que son parte importante dentro del plan a proponerse ya que su estado físico y valores nominales de rendimiento no son buenos.
- Evaluada la eficiencia de los motores de potencia acoplados a las marmitas de manjar principalmente, pueden ser remplazados por motores asíncronos de alta eficiencia, acoplados con variadores de velocidad, de manera que se ajusten a la velocidad que requieren los volúmenes de producción.
- Los tableros de control individuales se encuentran dentro del ambiente húmedo de producción de la planta razón por la que ha provocado el deterioro del aislamiento de ajuste de los elementos de control y protección instalados en su interior, provocando el recalentamiento de sus partes.



- Se requiere realizar el mantenimiento de los tableros de control y si fuera el caso su remplazo con el propósito de evitar pérdidas de energía por contacto o calentamiento.
- El tablero de distribución principal se encuentra saturado debido a que están ubicados disyuntores, conductores, la botella de compensación reactiva de forma desordenada. Se requiere realizar un rediseño en la distribución de los disyuntores y separar el sistema de reactivos a uno adecuado para ello de acuerdo al estudio y análisis efectuado.
- Visualizado las condiciones actuales de los conductores que salen desde el centro general de distribución hacia los tableros de control, máquinas y equipos, se puede señalar que existen conductores que perdieron su aislamiento y si llegan a entrar en contacto con las estructuras metálicas o la humedad del medio se convierten en un punto de carga constante (fuga a tierra), que genera elevados consumos de energía eléctrica.
- Existen conductores que llegan hacia los equipos sin el cuidado necesario, es decir, sin la adecuada forma de conducirse a través de una canaleta, tubería, manguera y además en varios equipos existen empalmes flojos entre conductores que generan un punto caliente, provocando pérdidas de energía permanente en el sistema eléctrico de la planta.
- Dentro de la planta se tiene todavía algunos bombillos incandescentes, lo cual genera consumos adicionales por su bajo rendimiento.



CAPÍTULO IV

PROPUESTA DE SOLUCIÓN.

En el presente capítulo se desarrolla la propuesta correctiva que permite concentrar los esfuerzos de todo el personal técnico, administrativo y operativo de manera metódica y ordenada para lograr el uso eficiente de la energía eléctrica aplicada a deficiencias técnicas y operativas en los equipos e instalaciones de planta láctea Soprab encontradas en la investigación.

Las características específicas de las medidas técnicas propuestas garantizan un mejor uso de la energía eléctrica consecuentemente la disminución del valor de la planilla eléctrica, constituyen una muestra de los puntos principales en los que se puede incidir de manera sistémica para lograr el mejoramiento energético de forma sustentada.

4.1. Título de la propuesta.

Plan de Gestión para el uso eficiente de la Energía Eléctrica de la Planta de Lácteos Soprab de la ciudad de Ambato, con el fin de disminuir costos de producción a través de la reducción del pago por insumo eléctrico en la planilla mensual de consumo.

4.2. Justificación de la propuesta.

La propuesta de implementación de un plan de gestión para el uso eficiente de la energía eléctrica a parte de ser una necesidad propia de las empresas en desarrollo, en este caso particular se torna indispensable ante los datos encontrados en el transcurso de la investigación del período 2012 – 2013 en la Industria de Lácteos SOPRAB de la ciudad de Ambato,

Por medio de la implementación de este plan se estima conseguir un sistema energético competitivo que sea generador de ahorro económico en un



contexto de desarrollo de la empresa y que sea compatible con el medio ambiente a través de la reducción del consumo de energía, implantación de nuevas tecnologías y la disminución de las emisiones atmosféricas.

De los datos recolectados se realizó el análisis e interpretación de los mismos identificando las causas específicas del uso ineficiente de la energía eléctrica en la planta de producción láctea como es: la utilización de motores eléctricos de baja eficiencia generan un bajo factor de potencia, el mismo, que provoca el pago de valores adicionales por penalización en la planilla mensual de servicio eléctrico que representa aproximadamente el 8 % del valor de la planilla.

Es importante anotar que este trabajo investigativo es el primero de este tipo dentro de la empresa Soprab que servirá como un registro base del comportamiento de la energía eléctrica de la planta que está en un vertiginoso crecimiento.

4.3. Objetivo de la propuesta.

El objetivo general de esta propuesta es la reducción del valor de la planilla mensual de energía eléctrica de la Industria de Lácteos SOPRAB de la ciudad de Ambato por medio del análisis de los registros y datos tomados del período 2012 – 2013, eliminando los valores adicionales de penalización por mal uso de la energía eléctrica.

4.4. Estructura de la propuesta.

La estructura de la propuesta de uso eficiente de la energía eléctrica en la Industria de Lácteos SOPRAB de la ciudad de Ambato se basa en la elaboración de un documento que contenga procedimientos, cálculos y análisis factibles técnico – económicos sustentados en observaciones y mediciones de parámetros que determinaron oportunidades de mejora en el sistema eléctrico y los equipos de la planta.



Entre las oportunidades de mejorar el uso de la energía eléctrica arrojadas por las inspecciones visuales, registros históricos y datos de campo recopilados a lo largo del período de investigación se considera que la acción técnica correctiva inmediata a implantarse dentro del plan es el mejoramiento del factor de potencia.

4.5 Desarrollo de la propuesta.

Con conocimiento de la causa que origina el pago adicional por servicio eléctrico resulta indispensable el desarrollo del presente documento que sustenta técnica y científicamente la necesidad de implantar un sistema de compensación de reactivos para mejorar el factor de potencia de la Industria de Lácteos Soprab de la ciudad de Ambato que actualmente promedia entre 0,73 a 0,78 considerándose alcanzar un factor de potencia promedio de 0,96..

4.5.1. Sistema de Compensación de reactivos de inyección variable al sistema eléctrico de la planta de lácteos Soprab.

Los resultados obtenidos de la investigación muestran un foco importante de uso ineficiente de la energía eléctrica como es el bajo factor de potencia. Para el análisis de compensación se toma específicamente los datos obtenidos por el analizador de redes cuando el sistema trabaja en un día típico sin compensación (sC), ya que estos muestran la verdadera magnitud del parámetro a ser corregido. Se tabulan los datos de potencia activa y de factor de potencia promedios a diferentes horas del día tal como se indica en la tabla 10.

Tabla 10. Valores de compensación instantáneos a diferentes horas del día según la demanda de potencia activa y el factor de potencia.

Realizado por: Autor, Méntor Mayorga.

HORA	PF	kW	Fm	Qc (kVarc)
0:00 - 8:00	0,44	1,45	1,75	2,54
8:00 - 11:00	0,72	8,4	0,67	5,63
11:00 - 12:00	0,72	12,2	0,67	8,17
12:00 - 14:30	0,72	16,7	0,67	11,19
14:30 - 18:00	0,72	12,1	0,67	8,11
18:00 - 20:30	0,72	6,3	0,67	4,22
20:30 - 0:00	0,72	3,2	0,67	2,14

Aplicando la ecuación 5: $kVAr_c = kW * (\tan \varphi_1 - \tan \varphi_2)$

y con la ayuda del anexo 11 se reduce a: $kVAr_c = kW * F_m$

Con la ayuda de la tabla (anexo 11) determinamos el factor multiplicador (Fm) de la potencia activa para conocer los valores de los reactivos de compensación que sustentan el diseño del presente sistema de inyección variable, valores que se presentaron (Qc en kVAr) en la tabla 10.

Conocidas las potencias de compensación requeridas, del gráfico de voltajes entre líneas sin compensación de la figura 23 se estima el valor de voltaje promedio de 233V entre fases y aplicando la ecuación 6 determinamos la capacidad del condensador fijo que compensará los reactivos mínimos permanentes.

$$C = \frac{2140}{2 * 3.1416 * 60 * (233)^2} = 104 \mu F$$

Este valor es muy importante, ya que fijándose en la tabla 10 corresponde al paso de inyección de reactivos para los diferentes estados de carga, es decir 2,4,8,12 kVAr.

Se cotiza los capacitores acorde la existencia en el mercado de valores nominales lo más próximos al valor calculado para las diferentes opciones de instalación, como puede ser bancos automáticos, semiautomáticos o fijos. Esto con el propósito de determinar el costo aproximado de cada kVAr., que nos permita proyectar el valor de los condensadores para superar el problema energético presentado.

Tabla 11. Cotización banco de condensadores fijos

Realizado por: Autor, Méntor Mayorga.

DENOMINACION	COMPENSACIÓN REACTIVA		
	1.8 kVAr	3.6 VAr	7.2 kVAr
SUBTOTAL (dólares)	40	80	160
ARMADA TABLERO (dólares)	40	60	80
TOTAL MATERIALES (dólares)	80	140	240
IVA 12% (dólares)	10	17	29
TOTAL PROFORMA (dólares)	90	157	269
COSTO \$/kVAr (dólares)	36	32	27

Tabla 12. Cotización banco de condensadores semi – automáticos.

Realizado por: Autor, Méntor Mayorga.

DENOMINACION	COMPENSACIÓN REACTIVA		
	5 kVAr	10 kVAr	15 kVAr
SUBTOTAL (dólares)	273	325	594
ARMADA TABLERO (dólares)	40	40	80
TOTAL MATERIALES (dólares)	313	365	674
IVA 12% (dólares)	38	44	81
TOTAL PROFORMA (dólares)	351	409	755
COSTO \$/kVAr (dólares)	70	41	50

Tabla 13. Cotización banco de condensadores automáticos

Realizado por: Autor, Méntor Mayorga.

DENOMINACION	COMPENSACIÓN REACTIVA		
	9 kVAr	12,6 kVAr	16,2 kVAr
SUBTOTAL (dólares)	890	985	1350
ARMADA TABLERO (dólares)	120	120	120
TOTAL MATERIALES (dólares)	1010	1105	1470
IVA 12% (dólares)	121	133	177
TOTAL PROFORMA	1131	1238	1647
COSTO \$/kVAr (dólares)	126	100	102

4.5.2. Selección del sistema de compensación de inyección variable a implementar.

De acuerdo al valor de compensación comercial encontrado en el mercado para cubrir las condiciones mínima, media y máxima de operación de la planta se determina el uso de compensación fija de 1.8 kVAr a un costo de 90 \$USD y un banco de compensación automática de 12.6 kVAr a un costo de 1238 \$USD lo cual conjuntamente requiere de una inversión inicial de 1328 \$USD dólares americanos.

4.6. Análisis económico de la compensación de energía reactiva.

La implementación del sistema de compensación compuesto por un capacitor fijo de 1,8 kVAr más un banco de capacitores de inyección automática variable de reactivos de 12,6 kVAr le representa una inversión de 1328 \$USD, que de acuerdo al análisis económico basado en el ahorro de planilla eléctrica por penalización de bajo factor de potencia sustenta un ahorro anual de \$884,40 USD a un tiempo de retorno de 1,83 años, así lo indica la tabla 14.

Tabla 14. Tiempo de Recuperación de la Inversión

Realizado por: Autor, Méntor Mayorga.

DATOS GENERALES DE COMPENSACIÓN		
DENOMINACIÓN	BANCO AUTOMÁTICO + FIJO	
CUENTA	126965	
RAZÓN SOCIAL	INDUSTRIA DE LÁCTEOS SOPRAB	
TIEMPO DE RETORNO	PENALIZACIÓN MENSUAL (\$)	INVERSIÓN INICIAL (\$)
	73,7	1328
MESES	RECUPERACIÓN	
	(\$)	
1	1328	
2	1254,3	
3	1180,6	
4	1106,9	
5	1033,2	
6	959,5	
7	885,8	
8	812,1	
9	738,4	
10	664,7	
11	591	
12	517,3	
13	443,6	
14	369,9	
15	296,2	
16	222,5	
17	148,8	
18	75,1	
19	1,4	
20	-72,3	

Con la ayuda de herramientas estadístico – económicas de Excel encontramos los índices económicos como son la tasa interna de retorno (TIR) y el valor presente neto (VAN) que nos permitirá determinar si el proyecto es factible o no es factible económicamente.



Figura 27. Análisis económico TIR a distintas tasas de descuento.

Realizado por: Autor, Méntor Mayorga.

De la gráfica de la figura 27 se interpreta que cualquier valor inferior al 60% de tasa de descuento se considera un proyecto económicamente factible ya que el VAN es positivo, para el desarrollo específico del presente caso adoptamos un valor de 15% como tasa de descuento lo cual arroja los datos que se presentan en la tabla 15.

Tabla 15. Análisis económico del sistema de compensación del factor de potencia para la planta de lácteos Soprab.

Realizado por: Autor, Mentor Mayorga.

ANÁLISIS ECONÓMICO		
DENOMINACIÓN	BANCO AUTOMÁTICO + FIJO	
CUENTA	126965	
RAZÓN SOCIAL	INDUSTRIA DE LÁCTEOS SOPRAB	
PENALIZACIÓN MENSUAL (\$)		73,7
INVERSIÓN INICIAL (\$)		1328
AÑOS	MÉTODO DE ANÁLISIS ECONÓMICO	
0	INVERSIÓN INICIAL (\$)	-1328
1	AHORRO ANUAL (\$)	884,4
2	AHORRO ANUAL (\$)	884,4
3	AHORRO ANUAL (\$)	884,4
4	AHORRO ANUAL (\$)	884,4
5	AHORRO ANUAL (\$)	884,4
TASA INTERNA DE RETORNO.	(TIR) %	60%
VALOR ACTUAL NETO	(VAN) \$	\$ 1.423,17
TIEMPO DE RECUPERACIÓN DE LA INVERSIÓN (PRS)	AÑOS	1,66
	Tasa de descuento =	15%

4.7. Validación Técnica de la propuesta.

Luego, se procedió a correr flujos de carga con conductores dimensionados de acuerdo a la potencia de la carga que alimentan con bancos de condensadores fijo de 1,8 kVAr más el banco de condensadores automático de 12.6 kVAr, con pasos 1 - 2 - 4; (1.8 – 3.6 – 7.2 kVAr), en el tablero general de distribución, combinándose para suplir las opciones de carga de acuerdo a la tabla 16:

Tabla 16. Configuración de los estados de inyección del banco de condensadores.

Realizado por: Autor, Méntor Mayorga.

BANCO DE COMPENSACIÓN				
ESTADO	AUTOMÁTICO		FIJO	SUMAN (kVAr)
	PASO	VALOR (kVAr)	VALOR (kVAr)	
0	0	0	0	0
1	0	0	1,8	1,8
2	1	1,8	1,8	3,6
3	2	3,6	1,8	5,4
4	1+2	5,4	1,8	7,2
5	4	7,2	1,8	9
6	4+1	9	1,8	10,8
7	4+2	10,8	1,8	12,6
8	4+1+2	12,6	1,8	14,4

Compensación de reactivos a carga máxima: La figura 28 muestra el resultado de la simulación de acuerdo como vayan entrando en funcionamiento las máquinas y equipos en la planta de producción y para esta condición de carga trabaja en el estado 7 de la tabla 16, es decir es necesario inyectar 12,6 kVAr para obtener los resultados presentados.

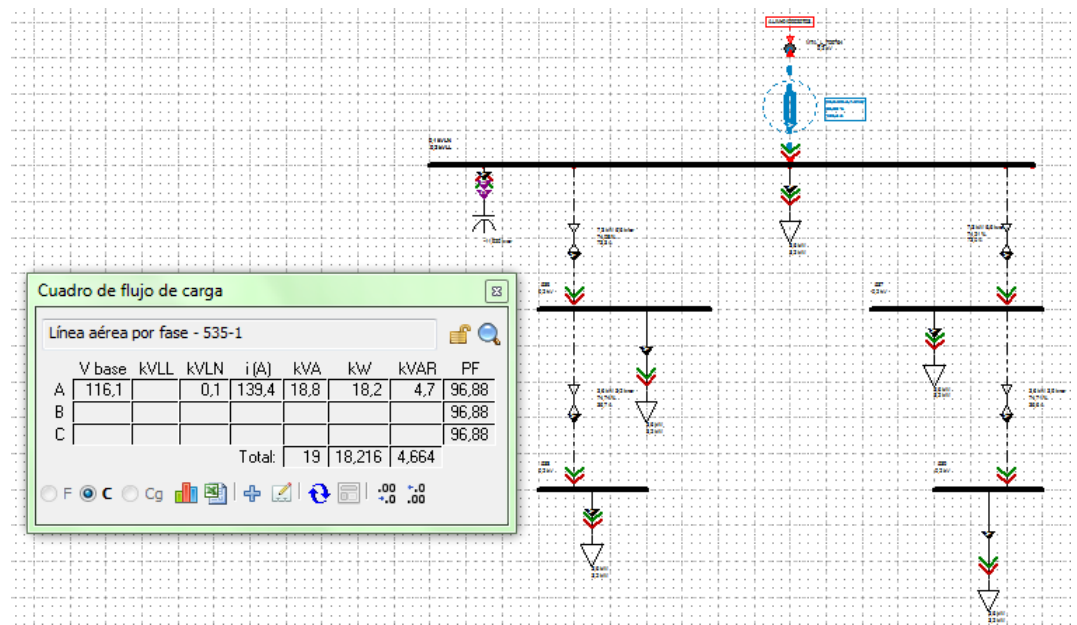


Figura 28. Compensación de reactivos a carga máxima.

Realizado por: Autor, Méntor Mayorga.

Compensación de reactivos a carga media: En la figura 29 se muestra los resultados de esta condición de carga entre las 9:00h a las 10:00h, para obtener los resultados presentados el banco de compensación trabaja en el estado 4 de inyección de la tabla 16, es decir está compensando 7,2 kVAr.

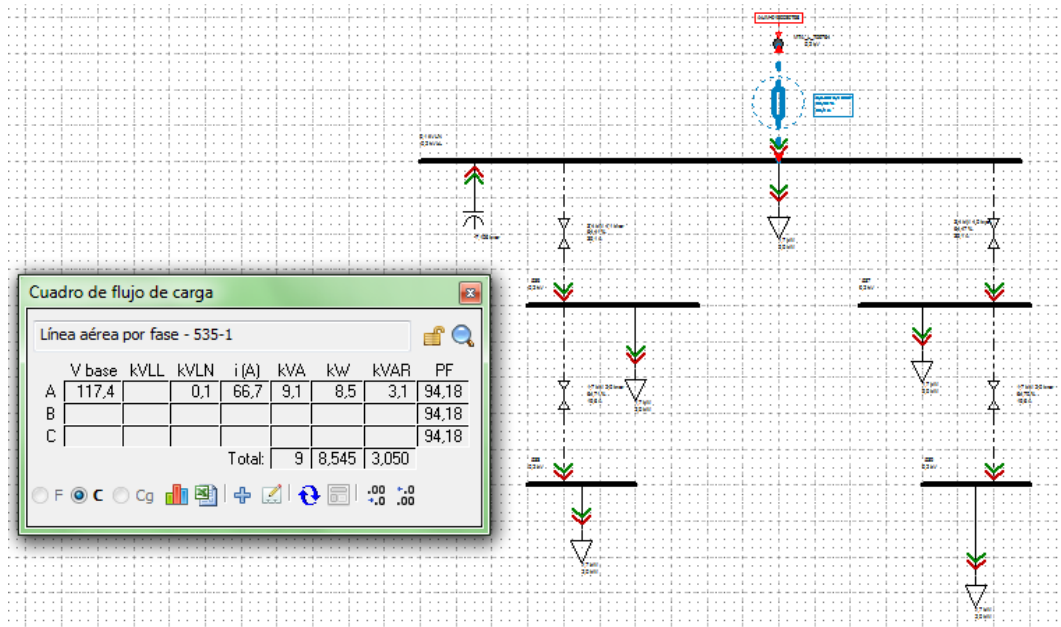


Figura 29. Compensación de reactivos a carga media.

Realizado por: Autor, Méntor Mayorga Pérez.

Compensación de reactivos a carga mínima: La figura 30 muestra los resultados de esta condición crítica señalada por los patrones de comportamiento de cargas con un 50% diario de inyección de reactivos al sistema cuando operaba con el capacitor de 5,5 kVAr. Para obtener los resultados presentados el sistema trabaja en la condición 1 de inyección, es decir únicamente trabaja el capacitor fijo de 1,8 kVAr.

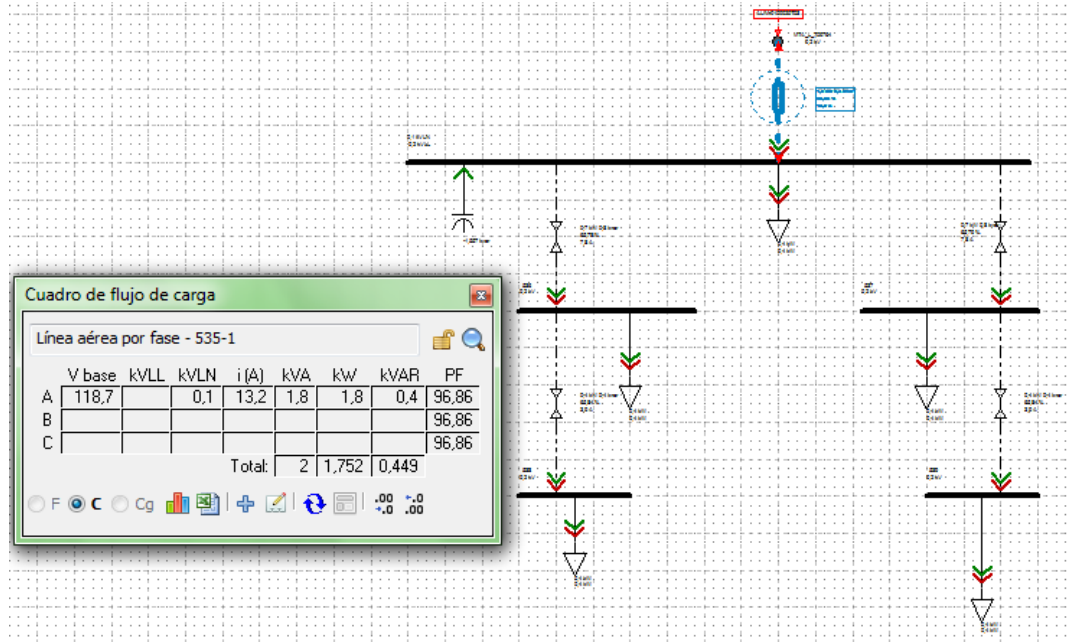


Figura 30. Compensación de reactivos a carga mínima.

Realizado por: Autor, Mentor Mayorga Pérez.

Por medio de un análisis previo de la información de la instalación se concreta el plan de acción que incluye la asistencia tecnológica más adecuada y luego a través del análisis de las mediciones de los equipos y sistemas se efectúan los cálculos energéticos correspondientes para la determinación de medidas de ahorro.

La propuesta de implementación de este sistema de compensación combinado: banco automático de 12.6 kVAR más capacitor fijo de 1.8 kVAR contribuye al aspecto económico de la empresa porque en sus planillas no se reflejarán penalizaciones económicas por este concepto y además se contribuye el aspecto medio ambiental ya que se utilizarán menos recursos naturales para brindar la misma calidad de servicio a usuarios con mejor cultura de uso de este energético pudiéndose extender el servicio a otros usuarios que prescinden de él.

Los beneficios de la presente propuesta se mencionan entre los principales a los siguientes:



- Inyectar al sistema eléctrico de forma automática los reactivos necesarios para alcanzar el factor de potencia mínimo requerido por el ente regulador.
- Eliminar el consumo generado por la inyección de reactivos al sistema nacional interconectado.
- Disminuir los costos de planilla eléctrica por penalización de bajo factor de potencia.
- Mejorar el rendimiento de los equipos de la planta de lácteos Soprab de la ciudad de Ambato a través de la corrección del factor de potencia.

4.8. Resultados de la implementación del banco combinado de compensación de reactivos (fijo más automático de inyección variable).

El presente trabajo de investigación sirvió como herramienta para que el propietario de la Industria de Lácteos Soprab de la ciudad de Ambato, tome la decisión de la implementación del plan de uso eficiente de la energía eléctrica en su principal parámetro de mal uso como es el mejorar el factor de potencia.

Por pedido del gerente propietario de la Industria de Lácteos Soprab Ing. Marcelo Procel se procede a instalar el sistema de compensación de reactivos en el mes de mayo de 2014, así lo certifica en el anexo 17.

El desempeño del banco está configurado como se muestra en la figura 31, donde de acuerdo al requerimiento de la planta se cumplirán los estados inyección de reactivos para cubrir dicha necesidad, el capacitor fijo inyecta 1,8 kVAr constantemente en tanto que el automático en pasos 1 – 2 – 4 inyecta (1,8 – 3,6 – 7,2 (kVAr)) combinándolos según la necesidad de reactivos.

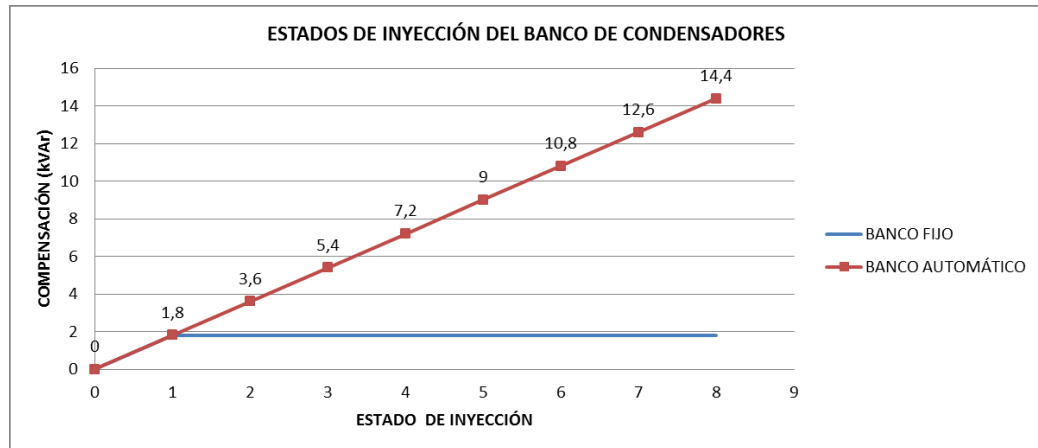


Figura 31. Configuración de los estados de inyección del banco de condensadores.

Realizado por: Autor, Méntor Mayorga Pérez.

Posterior a la implementación del sistema de compensación de reactivos se acude a los históricos de consumo de la planta registrados en la empresa suministradora EEASA (anexo 3), pudiendo verificar los resultados representados en las figuras 32, 33 y 34 que muestran el comportamiento del factor de potencia de la planta a) Sin compensación, b) Con el sistema de compensación existente de 5,5 kVAr y c) con el sistema de compensación de inyección variable implementado a partir de mayo de 2014.

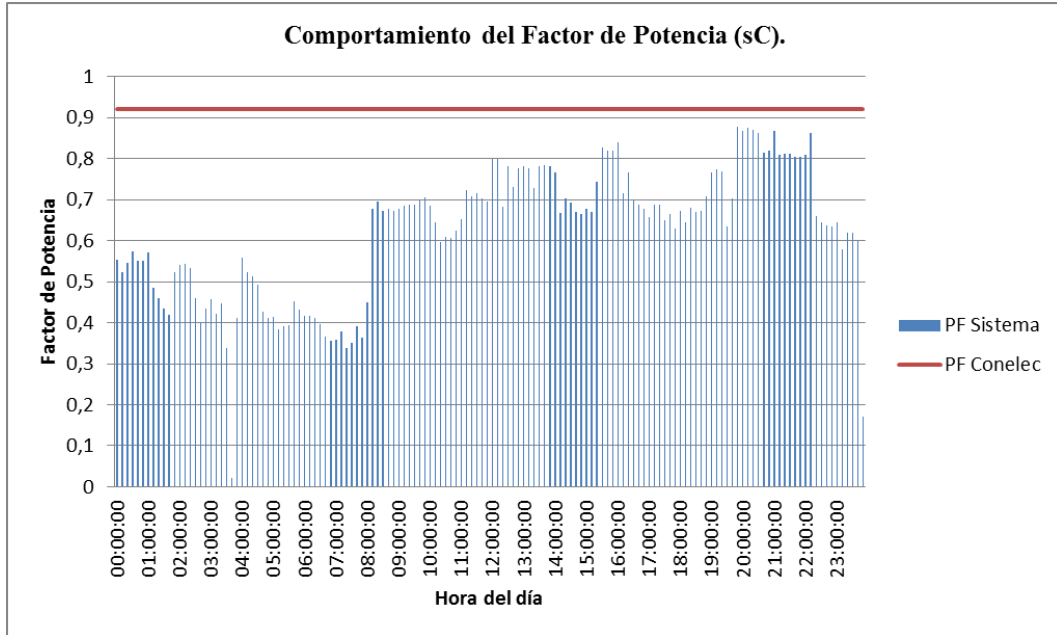


Figura 32. Comportamiento del Factor de Potencia sC.

Realizado por: Autor, Méntor Mayorga.

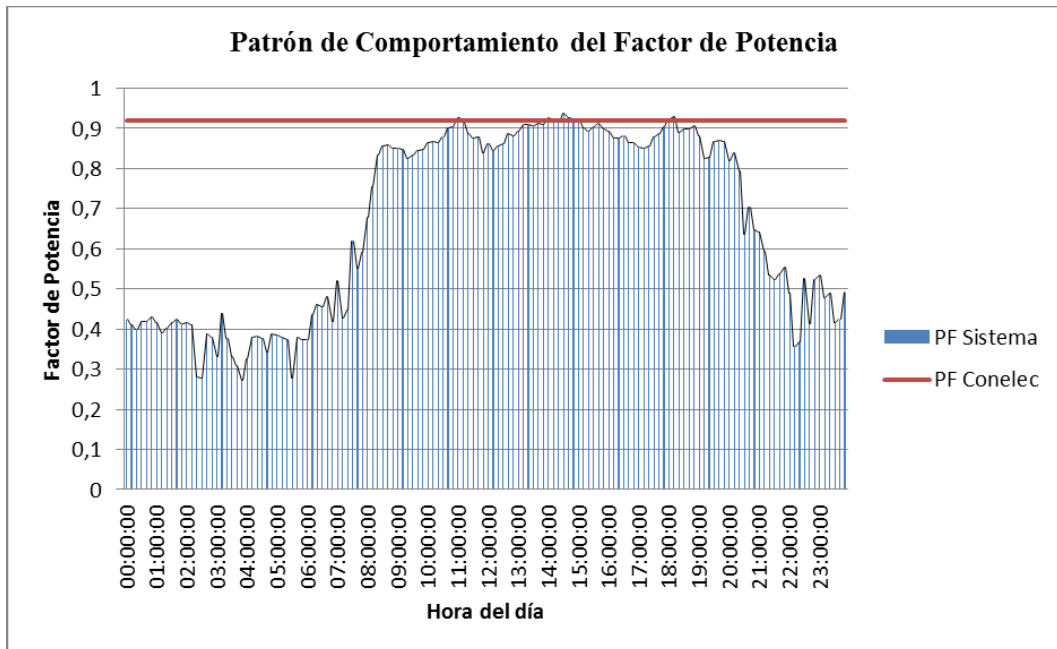


Figura 33. Comportamiento del Factor de Potencia cC. de 5,5kVar

Realizado por: Autor, Méntor Mayorga.

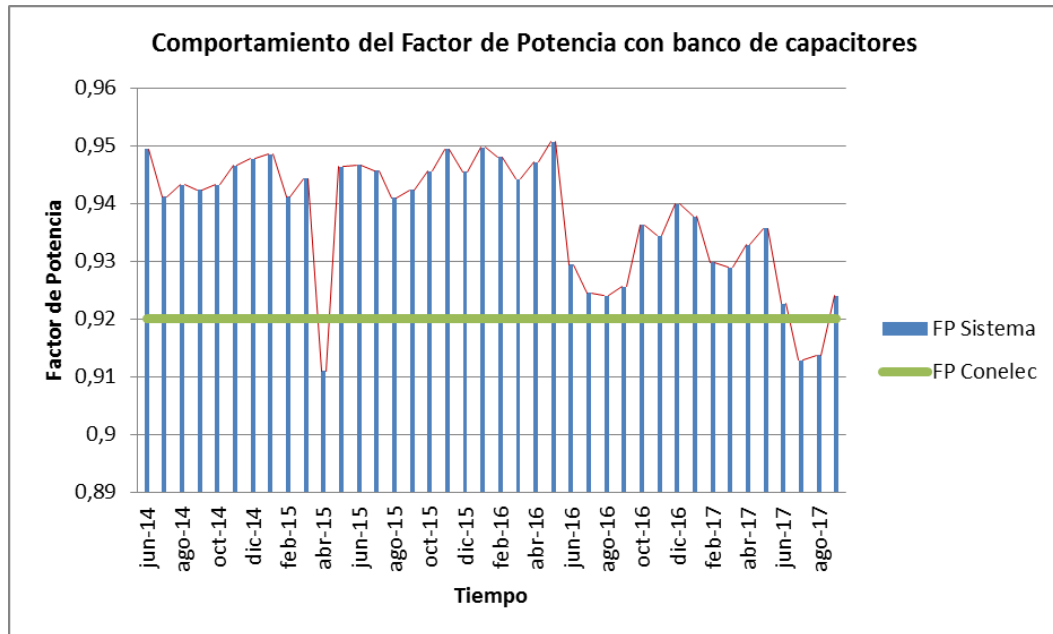


Figura 34. Comportamiento del Factor de Potencia con el tablero de compensación implementado.

Realizado por: Autor, Méntor Mayorga Pérez.

Por desconocidas razones vemos en la figura 34 que se penaliza en 3 valles inferiores a 0,92 en 39 meses de registro, lo cual indica un 93% de eficacia del desempeño del tablero de compensación implementado, encontrándose el sistema con un factor de potencia promedio de 0,94 que supera al exigido por el CONELEC.

En las figuras 35 y 36 se muestra la configuración eléctrica del tablero de compensación físicamente y de forma unifilar para finalmente en la figura 37 mostrar el circuito unifilar de la planta luego de la implementación del tablero de compensación.



Figura 35. Configuración física del tablero de Compensación

Realizado por: Autor, Méntor Mayorga Pérez.

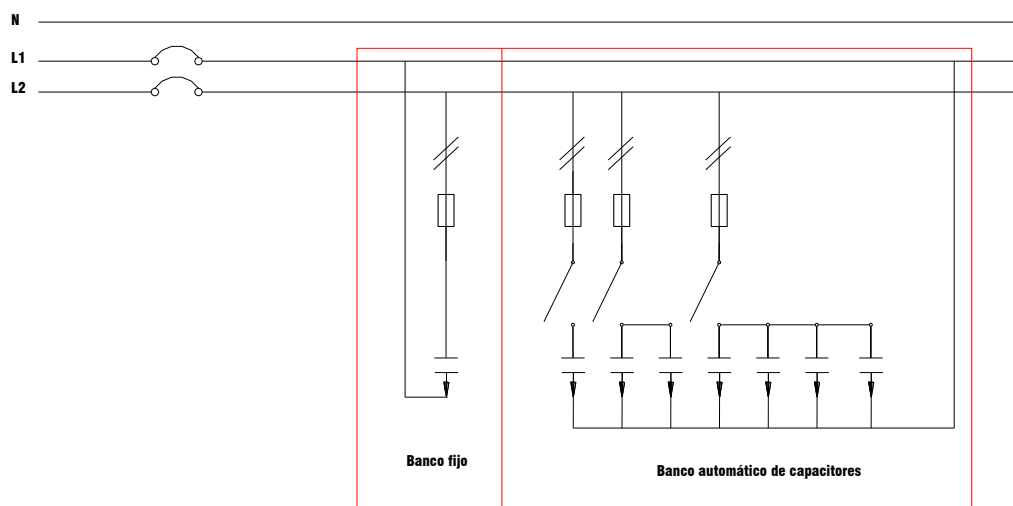


Figura 36. Diagrama unifilar del tablero de Compensación

Realizado por: Autor, Méntor Mayorga Pérez.

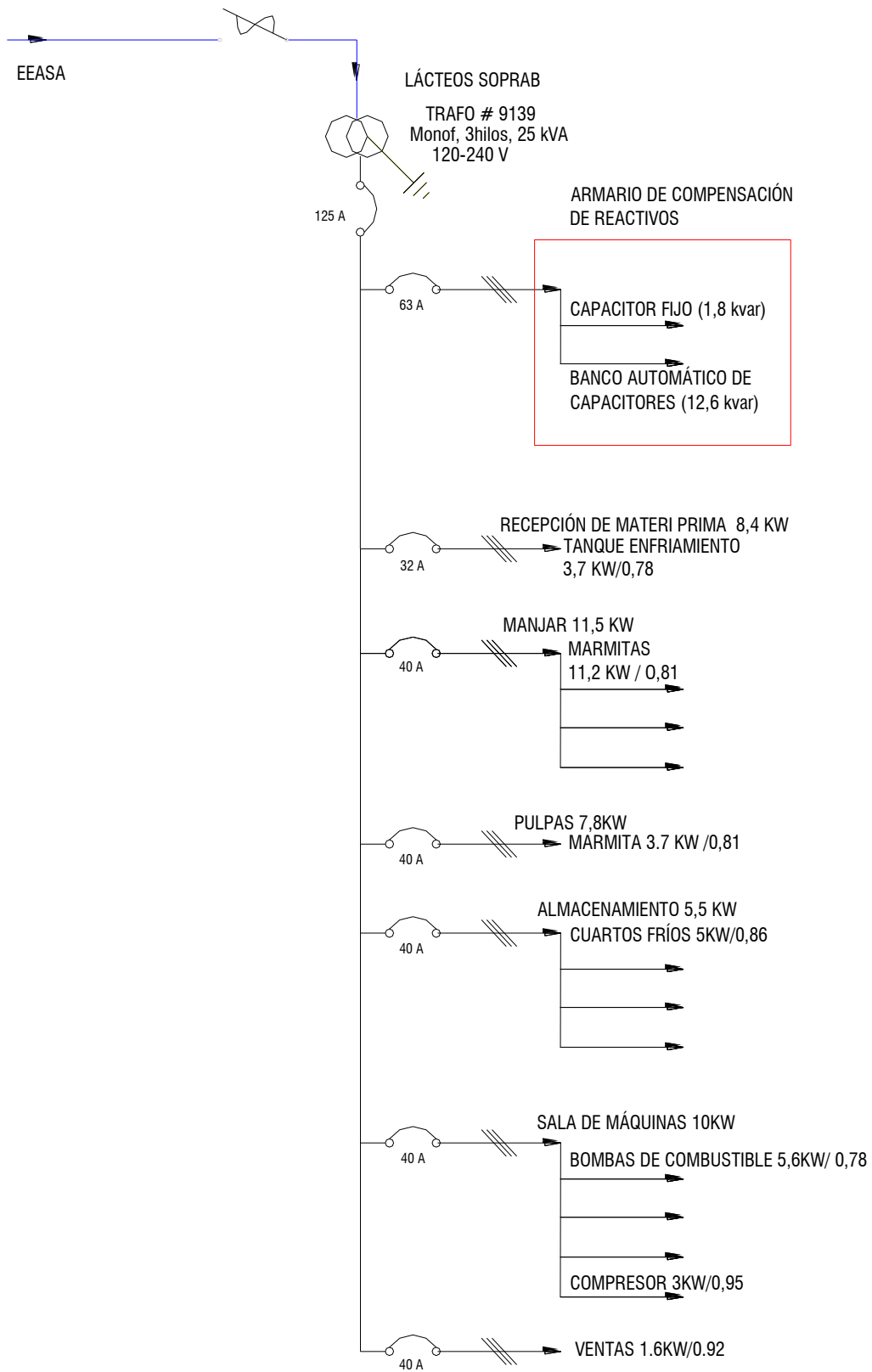


Figura 37. Diagrama unifilar modificado del Sistema Eléctrico de Soprab.

Realizado por: Autor, Méntor Mayorga.

CONCLUSIONES GENERALES.

- Se determinó un patrón general de comportamiento de la energía eléctrica en la planta el cual permitió verificar el mal uso de la energía por bajo factor de potencia: 94% del tiempo no llega al factor mínimo requerido de 0,92 y el 50% diario el capacitor existente inyecta reactivos a la red, siendo este indicador el principal detalle para tomar acción inmediata e implementar el sistema de compensación que permiten un ahorro mensual promedio del 8% del costo mensual de la planilla eléctrica.
- El presente trabajo investigativo constituye un beneficio para la Industria de Lácteos Soprab, ya que este servirá de línea base para futuros estudios energéticos que podrán ampliarse al análisis individual de cada uno de los equipos que se encuentran en la industria y mantener un plan de mejora continua.
- Se manejó literatura actualizada para presentar opciones innovadoras de solución al problema energético de la industria láctea Soprab que por sus características variables de carga la opción más segura y económica resultó ser la implementación de un banco de capacitores de inyección variable el mismo que mejora el factor de potencia promedio desde 0,75 hasta 0,94.
- El software de simulación CYMDIST arrojó los resultados que sustentaron la propuesta de la implementación del banco de condensadores para solucionar el mayor problema de despilfarro energético por bajo factor de potencia de la planta.
- Al mejorar el factor de potencia del nivel actual 0,75 hasta 0,94 la disponibilidad de carga del transformador aumentó en un 25% aproximadamente (según tabla 1), lo que quiere decir que reducen consumos de corrientes y por ende tendremos un menor consumo de energía y demanda facturable.
- El análisis económico determinó que es rentable la implementación de un banco de capacitores automático ya que en un tiempo de retorno de 1,7 años aproximadamente la empresa habrá recuperado su inversión y en adelante todo



será beneficio para su crecimiento, además de la prolongación de vida útil de los equipos al trabajar en condiciones operacionales aptas.

- El portador energético “Electricidad” al ser evaluado ha presentado oportunidades de ahorro rentables lo cual hace pensar que puede ser tomado como punto de referencia para evaluaciones similares en el campo del combustible hidrocarburo (diesel) que es el mayor portador energético de la planta.



RECOMENDACIONES GENERALES.

La redacción de estas recomendaciones conllevarán al mejoramiento continuo del uso racional de la energía eléctrica en la Industria Láctea SOPRAB de la ciudad de Ambato, se mencionan un plan de acciones energéticas que metodológicamente encaminadas conllevan al mejor desempeño de equipos en la planta de lácteos, el cual depende de la administración de la planta su implementación parcial o integral.

- Se encontró que Lácteos Soprab de la ciudad de Ambato no cuenta con registros de los diferentes equipos, ni de desempeño de estos, a partir de esta investigación se recomienda mantener la información actualizada, planos y diagramas de las instalaciones de la empresa lo cual permitirá seguir optimizando recursos a través del desarrollo y mejora de propuestas.
- Llevar un historial de funcionamiento y mantenimiento periódico de los equipos de la empresa permite programar mantenimientos preventivos tanto en los equipos como en las instalaciones evitando paralización de la producción, además con el historial de costos de un equipo se determina si éste ya cumplió el período de vida útil y necesita ser remplazado.
- Ante la creciente demanda de energía de la industria láctea Soprab se debe considerar de forma especial la distribución de las cargas, ya que un desbalance entre las fases puede provocar un consumo innecesario de corrientes que generan calor y deterioro de conductores y equipos mismos.
- Equipar el tablero de distribución principal con equipos de medición de voltajes y verificar constantemente que los niveles sean los adecuados 240/120V ya que los datos arrojan voltajes de valle de hasta 227/113V en el período de trabajo de las máquinas lo cual provoca un aumento de corriente innecesaria, y si el caso lo amerita, realizar la regulación del tab correspondiente del transformador para optimizar el desempeño de los equipos.
- Considerar programadamente el remplazo de los actuales motores eléctricos por motores de alta eficiencia. Existen este tipo de falencias en la mayoría

de las áreas ya que se disponen de motores de baja eficiencia, alguno de los cuales incluso han sido rebobinados, considerándose que un rebobinado hace que un motor pierda en uno o dos puntos su eficiencia.

- Insertar arrancadores suaves o variadores de velocidad a aquellos motores de mayor potencia con el fin evitar picos de corriente que deterioren el aislamiento de los conductores por calentamiento.
- Mantener en buen estado y siempre cerrados los tableros de control expuestos a la humedad del proceso ya que es un agente corrosivo que puede afectar los puntos de contacto entre el elemento de control y la carga generándose un punto caliente por conducción eléctrica deficiente.
- Programar ciclos periódicos de mantenimiento preventivo de equipos de potencia, control y las instalaciones eléctricas en general: reajuste de contactos, revisión de empalmes, limpieza de tableros, identificación de ruidos extraños y presencia de olores inusuales en los motores y equipos entre las principales. Estas acciones garantizan la operatividad de los equipos además de la preservación del medio ambiente y la seguridad del personal
- Reemplazar técnicamente los conductores en mal estado a fin de evitar pérdidas por calentamiento y caídas de voltaje que inciden en el incremento del consumo. Se debe considerar las corrientes que van circular, la demanda de corriente de las cargas que van a alimentar, el tipo de ambiente y temperatura en el cual van a desempeñarse para seleccionar el conductor más apropiado que brinde confiabilidad y seguridad a las instalaciones.
- Efectuar el tendido de los cables conductores en tramos continuos (sin empalmes), su recorrido debe ser por canaletas o tuberías, de manera de no provocar el deterioro del aislamiento y evitar posibles contactos con las estructuras metálicas, que ocasionan perdidas por fugas a tierra.
- Establecer estaciones fijas de trabajo para los puestos operativos que requiera suministro de energía eléctrica con el fin de dotar de instalaciones eléctricas fijas y eliminar extensiones eléctricas con sección diferente del cable conductor y contactos defectuosos, evitando pérdidas por calentamiento.



- Reemplazar luminarias incandescentes por luminarias led o ahorradores ya que estos utilizan menor energía para brindar el mismo o mejor desempeño lumínico.
- Automatizar el control de luminarias a través de sensores de movimiento en la parte interna y foto sensores en la parte externa considerando que las luminarias estén interconectadas de forma alternada, de manera de poder utilizar el total o un parcial de ellas, según el requerimiento de iluminación, con el fin de eliminar el despilfarro energético que genera una luminaria encendida sin que esto sea necesario.
- Programar los procesos de producción para evitar coincidencias de arranque y operación de equipos de gran potencia que eleve la planilla mensual por demanda de energía ya que debido a las condiciones operativas de la planta no se puede aprovechar la energía eléctrica en el periodo C (22h00 hasta las 8h00), para obtener una rebaja del 20% con respecto al valor de la energía eléctrica en el periodo normal de uso.
- Reemplazar el tablero de distribución principal por otro que disponga de espacio adecuado para cableado y montaje ordenado de disyuntores, etiquetar cada uno de los elementos del tablero.
- Dentro del programa de mejoramiento continuo energético considerar el monitoreo de la calidad de la energía, ya que la implantación del sistema de compensación a través de los capacitores podrían alterar la actual calidad de la energía.

COMPROMISO DE LA ALTA GERENCIA. Es de gran importancia que desde la gerencia exista un compromiso de apoyo con la gestión energética, los ítems enunciados han sido considerados de las inspecciones y datos arrojados del período de análisis de la investigación, cada uno lleva consigo el propósito de sumar detalles para superar el problema planteado además de asegurar técnicamente las instalaciones eléctricas de la planta.

Su cumplimiento depende de todos aquellos que están dentro de la industria ya que sus miradas y sus voces dirigirán a la acción pertinente en tiempo



oportuno además de crear un hábito de compromiso permanente para el cuidado energético de su sitio de trabajo.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- Viego, P y otros. (2007). Eficiencia Energética en Sistemas de Suministro Eléctrico. Cienfuegos, Cuba: Editorial Universo Sur.
- WEG. Selección y Aplicación de motores eléctricos.
- Bolaños Bolaños, C. “Optimización de variables energéticas en función de la productividad y competitividad de la industria láctea y caracterización energética y tecnológica del sector”. Tesis de Maestría en Ingeniería Eléctrica, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá D.C., Colombia 2014.
- Neita Sierra, D. Quitian Garzón, J. “Gestión energética para el proceso industrial de producción de leche de consumo” Universidad de La Salle Facultad De Ingeniería Programa Ingeniería Eléctrica, Bogota D.C, Colombia 2014.
- Bernal Neira, W. “Evaluación y Mejora de la Eficiencia Energética en la Producción de Queso Fresco en la Planta de Cungapite (Cañar)”. Tesis previa a la obtención del título de Magíster en Planificación y Gestión Energética. Universidad estatal de Cuenca. Ecuador 2017.
- Telégrafo, E. (2014). La producción lechera en Ecuador genera \$ 1.600 millones en ventas anuales. El Telégrafo.
- Sernández, C. (2014). SKV Solo Kilovatios Verdes. Recuperado el 2 de febrero de 2016, de <http://blog.gesternova.com/energia-reactiva-en-la-factura-de-la-luz-de-tuempresa-algunos-consejos-y-como-calcularla/>
- SEMPLADES. (2012). Transformación de la Matriz Productiva. Quito: ediecuatorial.
- Revista Líderes. (16 de 2 de 2015). revistalideres.ec. Recuperado el 8 de 7 de 2016 Revista Líderes. (s.f.). revistalideres.ec. Obtenido de <http://www.revistalideres.ec/lideres/salinerito-ejemplo-economia-solidaria.html>.
- Caminos. (2012). Mejora de la Eficiencia Energética en una Industria Láctea.



- Carpio, C., & Coviello, M. (2013). Eficiencia Energética en América Latina y el Caribe: Avances y Desafíos del Último Quinquenio. Santiago de Chile: Naciones Unidas.
- ARCONEL. (2015). Tarifario para Empresas Eléctricas.
- Bermeo Noboa, A. Desarrollo Sustentable en la República del Ecuador.
- Carretero Peña, A. (2012). Gestión de la eficiencia energética: cálculo del consumo, indicadores y mejora. España: AENOR.
- Castrillón, R. Definición de indicadores, como requisito para aplicar la norma ISO 50001. Grupo de Investigación en Energías, GIEN Universidad Autónoma de Occidente rcastrillon@uao.edu.co
- Delgado Noboa, J. (2013). Eficiencia Energética en la Industria de Lácteos San Antonio de la Ciudad de Cuenca. Tesis en opción al título de Magíster en Planificación y Gestión Energética, Universidad de Cuenca, Cuenca 2013.
- Departamento de Medio Ambiente de la Diputación General de Aragón. Convenio Marco de Colaboración 2003. Guía de Buenas Prácticas Medioambientales “Hacia un compromiso verde”
- F. Redondo Quintela, J.M. García Arévalo y N. Redondo Melchor. Desequilibrio y pérdidas en las instalaciones eléctricas. Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial. Universidad de Salamanca. www.energuia.com.
- Ferracci, P. (2004) La Calidad de la Energía Eléctrica. Cuaderno Técnico n° 199, Schneider Electric. <http://www.schneiderelectric.es>.
- Flechas, J. Indicadores energéticos del Sistema de Gestión Integral de la Energía GIE.
- Huang, Eric G.T. (2011). Entendiendo los requisitos de la Certificación de Sistemas de Gestión de la Energía, Una discusión acerca de los desafíos, efectos y oportunidades de la eficiencia energética. Gerente global de producto para energía y sostenibilidad de SGS.
- López Labañino, M. Gestión Energética en el Hotel Playa Pesquero. Tesis en opción al título de Master en Eficiencia Energética. ISMM, Moa, 2011.



- López Melendo, J. (1998). Las perturbaciones armónicas y los niveles de CEM en relación a la corrección del factor de potencia. www.energuia.com.
- Manual de buenas Practicas Operativas de Producción más Limpia para la Industria Láctea, Centro de Producción más limpia de Nicaragua.
- Ogata, K. (1997). Ingeniería de Control Moderna. (3ra. Ed). Traducc. Martínez Sarmiento, M. México: PRENTICE-HALL HISPANOAMERICANA, S.A. (p. 1)
- Pérez García, O, González Gómez, S y Martínez, Y: “La gestión energética en el contexto empresarial cubano” en Revista Caribeña de Ciencias Sociales, febrero 2013, en <http://caribeña.eumed.net/gestion-energetica-contexto-empresarial-cubano/>
- Programas de Estudios e Investigaciones en Energía. 2003. Estudio de las Relaciones entre la Eficiencia Energética y el Desarrollo Económico. GTZ. Santiago, julio 2003.
- Reymond Alamo, A. Gestión e Innovación Tecnológica en la industria Láctea. Tecnología Química Vol. XXVII, No. 2, Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas. 2007.
- Salazar Bermúdez, N. Vera Villamar C. Análisis de la producción y comercialización de los productos lácteos de Indulac s.a. y su Participación en las ventas del cantón Portoviejo. Periodo 2004-2008.
- Silva, R. (2009). Uso racional y eficiente de la energía eléctrica. Puerto Ordaz, Junio 2009. <http://www.slideshare.net/iupsmpzo/uso-eficiente-y-racional-de-la-energa-elctrica>
- Turrini, E. (1999). El Camino del Sol. Traducc La Vía del Sole. 1990. Cubasolar. 1999.
- Uso Eficiente de la Energía Eléctrica. Procobre.

NETGRAFÍA

- ✓ http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_Economicas/DirectorioEmpresas/Empresas_2014/Principales_Resultados_DIEE_2014.pdf
- ✓ La industria láctea en Ecuador, 2007, última edición Octubre 2013, (27-10-2013).
- ✓ <http://www.industriaalimenticia.com/articulos/la-industria-lactea-en-ecuador>.
- ✓ <http://www.energia.gob.ec/eficiencia-energetica-sector-industrial/#> (2014-06-05).
- ✓ [https://es.wikipedia.org/wiki/ISO_50001\(2017-09-01\)](https://es.wikipedia.org/wiki/ISO_50001(2017-09-01))
- ✓ http://es.wikipedia.org/wiki/Principio_de_Pareto.
- ✓ <http://www.iner.gob.ec/lineas-de-investigacion/>
- ✓ <http://www.regulacionelectrica.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2017/01/Pliego-y-Cargos-Tarifarios-SPEE-2017.pdf>.
- ✓ [http://www.salud.gob.ec/tag/decreto-ejecutivo-3253/\(2013-03-26\)](http://www.salud.gob.ec/tag/decreto-ejecutivo-3253/(2013-03-26))
- ✓ <http://www.revistalideres.ec/lideres/crecimiento-produccion-disminucion-ventas-ecuador.html>.
- ✓ http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Diagrama_de_Pareto&oldid=65038584.
- ✓ <http://www.monografias.com/trabajos21/clasificacion-empresas/clasificacion-empresas.shtml#tama%C3%B1o#ixzz2jAsE7gPL>
- ✓ <http://www.fao.org/ag/againfo/projects/en/pplpi/docarc/wp30.pdf>
- ✓ http://es.wikipedia.org/wiki/Principio_de_Pareto
- ✓ http://es.wikipedia.org/wiki/Ciclo_combinado.
- ✓ <http://www.emagister.com/curso-energia/energia-definicion-ciclo>
- ✓ <http://www.mty.itesm.mx/etie/deptos/ie/profesores/jabaez/clases/e242/introduccion.pdf>
- ✓ <http://www.voltairenet.org/Porque-es-tan-costosa-la-energia>



- ✓ <http://www.afinidadelectrica.com/articulo.php?IdArticulo=29>.
- ✓ <http://www.slideshare.net/iupsmpzo/uso-eficiente-y-racional-de-la-energía-eléctrica>
- ✓ <http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Redelectrica2.png?uselang=es>
Instituto Nacional de la Leche (INALE), 2011, Situación actual de la industria láctea a nivel internacional.
- ✓ http://www.inale.org/innovaportal/v/1144/1/innova.front/situacion_actual_de_la_industria_lactea_a_nivel_internacional.html
- ✓ González Cáceres, M. Mundo Pecuario, VIII, N° 1, 16-32, 2012. Aspectos medio ambientales asociados a los procesos de la industria láctea.
- ✓ <http://www.saber.ula.ve/bitstream/123456789/34620/1/articulo2.pdf>

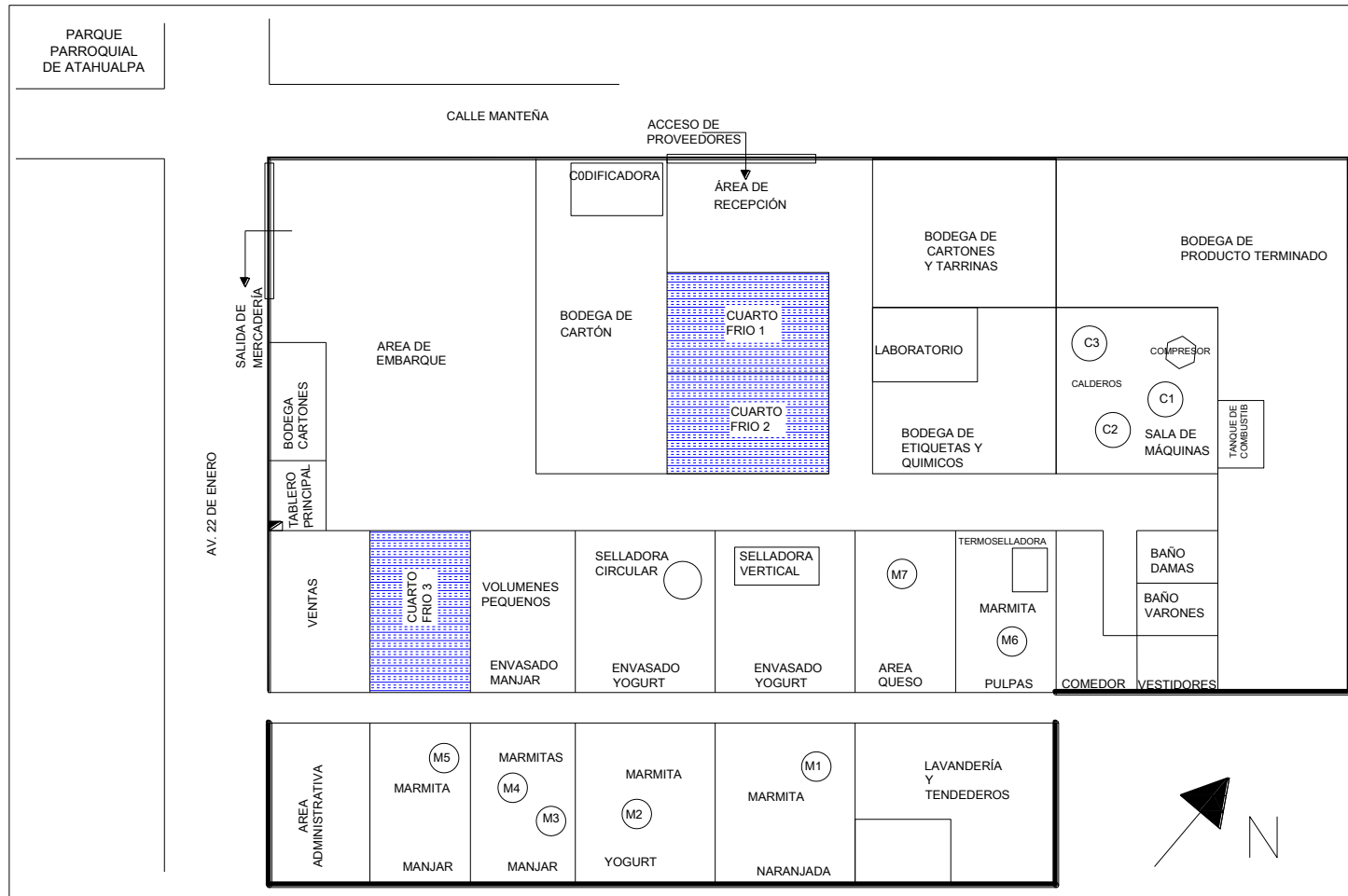


Universidad
Técnica de
Cotopaxi

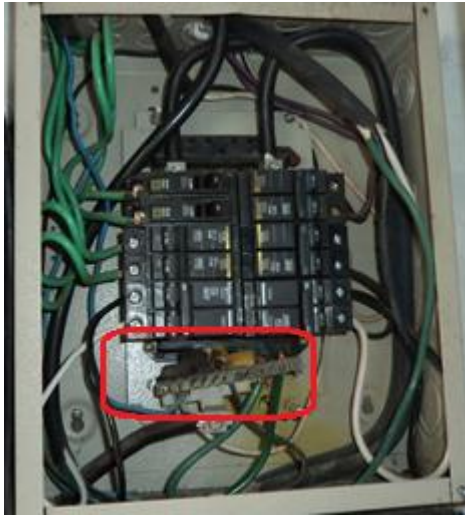
ANEXOS



Anexo 1. Diagrama de Planta de Industria de Lácteos Soprab.



Anexo 2. Fotografías del uso ineficiente de la energía eléctrica en la Industria de Lácteos Soprab.



1. Tablero de control con elementos en mal estado (barra de neutros desprendida).
2. Mal estado de conductores eléctricos.

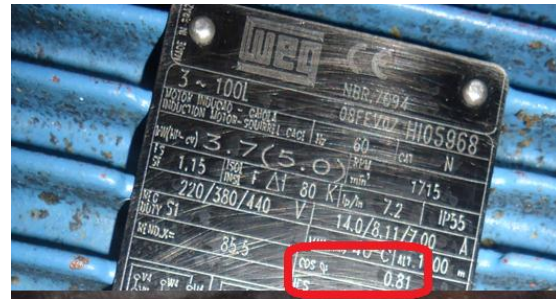
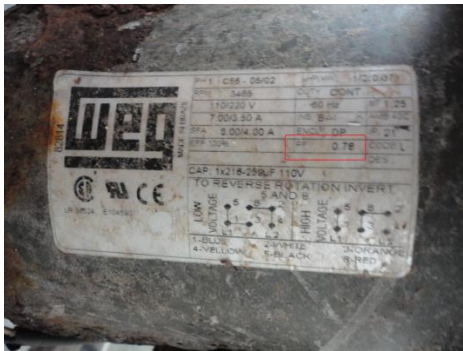


3. Conexiones flojas (puntos Calientes) generan constante pérdida de energía, conductores recalentados.
4. Desorden y presencia de humedad en tableros de control individuales.

Anexo 2. Fotografías del uso ineficiente de la energía eléctrica en la Industria de Lácteos Soprab (Continuación).



5. Equipos convertidores de energía en mal estado.



6. Motores eléctricos ineficientes.



7. Motores eléctricos de mediana potencia con elementos de transmisión mecánica de baja eficiencia.

8. Elemento de regulación y control de aire comprimido en mal estado, cables eléctricos inadecuados en superficies húmedas.

Anexo 2. Fotografías del uso ineficiente de la energía eléctrica en la Industria de Lácteos Soprab (Continuación).



9. Elementos de iluminación de gran consumo y baja eficiencia.

10. Conductores energizados sueltos



11. Elementos de protección obsoletos e instalaciones eléctricas anti-técnicas.



12. Conexiones eléctricas técnicamente deficientes e inseguras



**Anexo 3. Registro de consumos históricos de energía eléctrica de la
industria de lácteos Soprab.**

**EMPRESA ELÉCTRICA AMBATO REGIONAL CENTRO NORTE S.A.
LECTURAS Y CONSUMOS HISTÓRICOS. INDUSTRIA LÁCTEA SOPRAB**

No. Cuenta: 126965

No. Medidor: 11481118

MES	DEMANDA	FACT POTENC	kW-h	\$ PLANILLA
200901	22,84	0	2400	574,45
200902	22,84	0	2400	366,45
200903	22,84	0	2230	350,2
200904	22,84	0	2246	351,75
200905	22,84	0	2281	355,05
200906	22,84	0	2311	357,95
200907	22,84	0	2311	357,95
200908	22,84	0	2253	255,4
200909	22,84	0	2304	260,9
200910	22,84	0	2210	250,75
200911	22,84	0	2338	254,95
200912	12	0	2303	322,25
201001	12	0	2445	302,3
201002	12	0	2561	314,55
201003	12	0	2394	289,15
201004	12	0	2375	310,4
201005	12	0	2743	370
201006	12	0	2902	386,8
201007	16	0,859243566	3282	470,15
201008	16	0,839163873	2606	402,1
201009	16	0,910038953	4000	528,15
201010	12,47	0,932656535	2157	369,4
201011	9,98	0,968817887	1703	303,9
201012	10,89	0,958168022	2865	395,3
201101	12,12	0,964429847	2605	325,1
201102	12,97	0,958666022	2739	333,2
201103	12,66	0,954779579	2722	329
201104	14,48	0,96013782	2950	354,33
201105	12,95	0,957014309	2679	330,43
201106	13,82	0,956460607	2273	293,74
201107	13,32	0,948665669	3552	422,01
201108	12,75	0,947402249	2488	317,57
201109	11,3	0,947990485	2968	358,7
201110	12,46	0,90696967	2796	354,85
201111	12,86	0,929386244	3611	422,35
201112	13,03	0,905330178	3568	428,57



**Anexo 3. Registro de consumos históricos de energía eléctrica de la
industria de lácteos Soprab (Continuación).**

**EMPRESA ELÉCTRICA AMBATO REGIONAL CENTRO NORTE S.A.
LECTURAS Y CONSUMOS HISTÓRICOS. INDUSTRIA LÁCTEA SOPRAB**

No. Cuenta: 126965

No. Medidor: 11481118

MES	DEMANDA	FACT POTENC	kW-h	\$ PLANILLA
201201	12,81	0,890362528	2723	356,49
201202	13,42	0,921534237	3222	363,8
201203	13,25	0,890984807	2462	303,19
201204	13,12	0,892081178	3538	426,32
201205	13,8	0,918116329	3320	402,17
201206	14,05	0,88889832	3424	343,14
201207	13,73	0,871562459	2990	310,98
201208	13,79	0,876622925	3317	322,72
201209	15,53	0,847395619	3036	329,44
201210	13,55	0,843495106	3274	348,95
201211	14,48	0,883688664	4042	366,93
201212	15,47	0,890253579	3162	356,62
201301	22,05	0,892554073	5340	516,36
201302	24	0,915984495	4853	482,94
201303	22,58	0,908119863	5066	497,78
201304	23,97	0,932784838	4374	424,31
201305	22,37	0,920794404	4917	461,69
201306	20,82	0,920806504	4496	431,36
201307	21,99	0,897128001	5050	511,65
201308	23,02	0,911696864	4787	546,39
201309	22,97	0,909270306	5045	500,46
201310	23,99	0,91561885	5661	523,8
201311	25,95	0,923552951	5289	520,53
201312	24,26	0,903922954	6118	659,76
201401	24,09	0,910076759	5566	547,97
201402	23,37	0,907553975	5112	524,5
201403	23,05	0,899866013	5947	574,98
201404	25,48	0,904820586	6314	614,91
201405	27,09	0,95966974	6633	788,07
201406	28,93	0,949424724	6449	738,63
201407	27,92	0,941176795	6895	810,98
201408	26,7	0,943178174	6769	793,31
201409	27,42	0,942372923	6450	766,68
201410	29,7	0,943223571	7554	877,71
201411	28,61	0,946585473	7339	859,35
201412	27,17	0,947826694	7048	832,9



**Anexo 3. Registro de consumos históricos de energía eléctrica de la
industria de lácteos Soprab (Continuación).**

**EMPRESA ELÉCTRICA AMBATO REGIONAL CENTRO NORTE S.A.
LECTURAS Y CONSUMOS HISTÓRICOS. INDUSTRIA LÁCTEA SOPRAB**

No. Cuenta: 126965

No. Medidor: 11481118

MES	DEMANDA	FACT POTENC	kW-h	\$ PLANILLA
201501	26,81	0,94845884	6362	818,92
201502	26,97	0,947239454	6086	696,5
201503	27,01	0,944282528	6596	765,6
201504	28,13	0,910971951	6738	805,15
201505	27,95	0,946418132	7479	928,7
201506	28,56	0,946706419	5918	719,4
201507	27,84	0,945693299	6021	694,05
201508	27,39	0,941035205	6449	744,24
201509	28,99	0,942389553	6724	783,51
201510	28,82	0,945571494	7217	839,85
201511	28,75	0,949417584	6834	805,76
201512	30,15	0,945514224	7438	855,13
201601	28,35	0,949719454	6160	771,78
201602	27,58	0,948106832	5782	718,22
201603	27,85	0,944161751	6483	847,67
201604	29,35	0,947167071	7205	943,4
201605	28,73	0,950659286	7317	949,97
201606	29,47	0,929396424	6732	851,08
201607	30,39	0,924499392	7236	1015,22
201608	30,97	0,924010476	7651	990,39
201609	30,79	0,925613645	7374	953,94
201610	32,04	0,93629864	8166	1051,88
201611	30,47	0,934403449	8190	1037,16
201612	30,94	0,939914638	7902	1008,81
201701	30,82	0,93781295	7305	953,38
201702	28,03	0,929845966	6158	786,49
201703	31,06	0,92889859	6808	861,17
201704	29,42	0,932822595	6736	867,5
201705	31,37	0,935710554	8030	1018,62
201706	29,86	0,922554992	7438	928,08
201707	28,6	0,912814193	7501	966,08
201708	28,63	0,913651146	7797	1000,05
201709	31,38	0,924001209	7998	988,47
201710	29,81	0,921508098	7924	954,05



Anexo 3. Registro de consumos históricos de energía eléctrica de la industria de lácteos Soprab (Continuación).

EMPRESA ELÉCTRICA AMBATO REGIONAL CENTRO NORTE S.A.
LECTURAS Y CONSUMOS HISTÓRICOS. INDUSTRIA LÁCTEA SOPRAB

No. Cuenta: 126965

No. Medidor: 11481118

Tipo: A1RLCQ+

No	Mes Consumo	FP	Demanda (kW)	Planilla (\$)	Consumo E. Activa (kWh)	Consumo E. Reactiva kVArh	V. Penalización (\$)
1	ene-12	0,79	12,81	356,49	2,723	1,392	8,36
2	feb-12	0,82	13,42	363,8	3,222	1,359	7,42
3	mar-12	0,79	13,25	303,19	2,462	1,255	6,18
4	abr-12	0,79	13,12	426,32	3,538	1,792	8,5
5	may-12	0,81	13,8	402,17	3,32	1,433	8,32
6	jun-12	0,78	14,05	343,14	3,424	1,765	8,41
7	jul-12	0,77	13,73	310,98	2,99	1,682	11,86
8	ago-12	0,77	13,79	322,72	3,317	1,821	11,03
9	sep-12	0,74	15,53	329,44	3,036	1,902	19,01
10	oct-12	0,74	13,55	348,95	3,274	2,085	21,31
11	nov-12	0,78	14,48	366,93	4,042	2,141	11,57
12	dic-12	0,79	15,47	356,62	3,162	1,618	7,54
13	ene-13	0,79	22,05	516,36	5,34	2,698	33,96
14	feb-13	0,81	24	482,94	4,853	2,126	27,51
15	mar-13	0,81	22,58	497,78	5,066	2,336	17,68
16	abr-13	0,83	23,97	424,31	4,374	1,69	22,29
17	may-13	0,82	22,37	461,69	4,917	2,083	24,57
18	jun-13	0,82	20,82	431,36	4,496	1,904	23,49
19	jul-13	0,79	21,99	511,65	5,05	2,487	27,99
20	ago-13	0,81	23,02	546,39	4,787	2,157	18,83
21	sep-13	0,8	22,97	500,46	5,045	2,309	20,81
22	oct-13	0,81	23,99	523,8	5,661	2,486	32,16
23	nov-13	0,82	25,95	520,53	5,289	2,196	35,77
24	dic-13	0,8	24,26	659,76	6,118	2,895	48,56



Anexo 4. Carga instalada en la industria de lácteos Soprab.

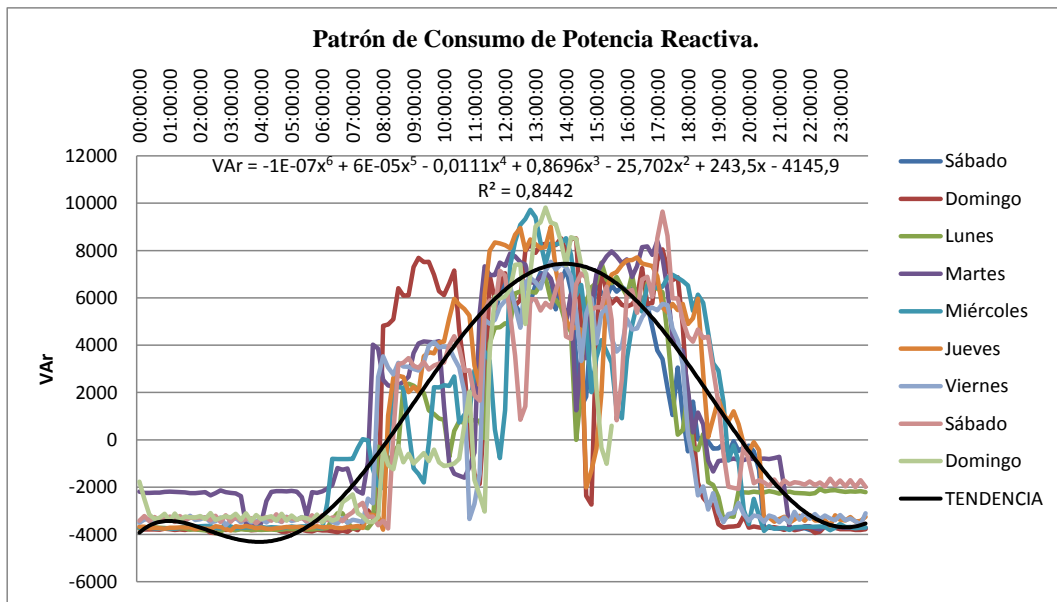
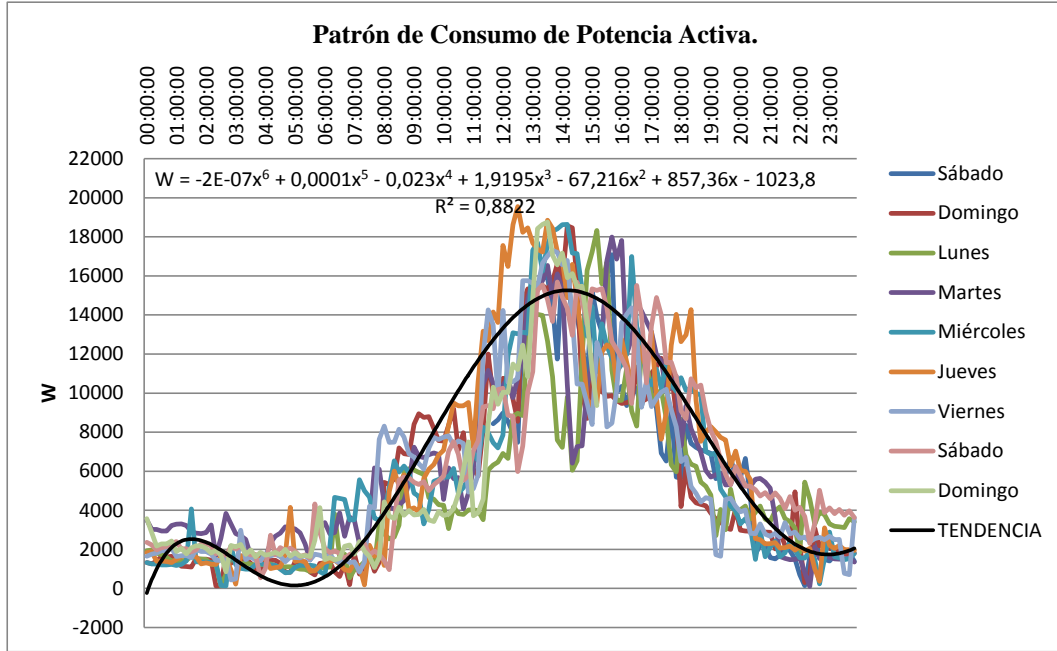
CARGA GENERAL INSTALADA EN INDUSTRIA DE LÁCTEOS SOPRAB. Año 2013						
Item	Area	Maquina	Equipo	Cantidad	Potencia Kw	Potencia total (Kw)
1	Recep de mat Prima	Tanque acopio	Bomba	1	1,119	1,119
2	Recep de mat Prima	Tanque acopio	Lampara fluorecente 2*40 w	1	0,08	0,08
3	Recep de mat Prima	Tanque de Enfriamiento	Agitador	1	0,18	0,18
4	Recep de mat Prima	Tanque de Enfriamiento	Bomba	1	1,119	1,119
5	Recep de mat Prima	Tanque de Enfriamiento	Equipo de Refrigeración	1	3,7	3,7
6	Recep de mat Prima	Laboratorio	Ecomil	1	0,023	0,023
7	Recep de mat Prima	Laboratorio	Incubadora	1	1,2	1,2
8	Recep de mat Prima	Laboratorio	Esterilizador	1	1	1
9	Recep de mat Prima	Laboratorio	Foco Ahorrador	1	0,02	0,02
10	Proceso Naranja	Marmita 1	Motor	1	0,746	0,746
11	Proceso Naranja	Marmita 1	Lampara fluorecente 2*40w	1	0,08	0,08
12	Proceso Yogurt	Marmita 2	Motor	1	0,56	0,56
13	Proceso Yogurt	Marmita 2	Lampara fluorecente 2*40w	1	0,08	0,08
14	Proceso Manjar	Marmita 3	Motor	1	3,73	3,73
15	Proceso Manjar	Marmita 3	Lampara fluorecente 2*40 w	2	0,08	0,16
16	Proceso Manjar	Marmita 4	Motor	1	3,73	3,73
17	Proceso Manjar	Marmita 4	Lampara fluorecente 2*40 w	2	0,08	0,16
18	Proceso Manjar	Marmita 5	Motor	1	3,73	3,73
19	Proceso Manjar	Marmita 5	Foco Ahorrador	1	0,02	0,02
20	Proceso Pulpas	Marmita 6	Motor	1	3,73	3,73
21	Proceso Pulpas	Marmita 6	Lampara fluorecente 2*40 w	2	0,08	0,16
22	Proceso Pulpas	Despulpador	Motor	1	1,492	1,492
23	Proceso Pulpas	Despulpador	Licuada	1	0,373	0,373
24	Proceso Pulpas	Termo sellador	Resistencias	1	2	2
25	Proceso Pulpas	Selladora de vacio	Lampara fluorecente 2*40 w	1	0,08	0,08
26	Proceso Queso	Marmita 7	Motor	1	2,238	2,238
27	Proceso Queso	Marmita 7	Lampara fluorecente 2*40 w	1	0,08	0,08
28	Empaque Yogurt	Selladora Vertical	Motor, Resistencia, Control	1	0,4	0,4
29	Empaque Yogurt	Selladora Vertical	Lampara fluorecente 20 w	1	0,02	0,02
30	Empaque Yogurt	Selladora circular 1	Motor, Resistencia, Control	1	0,5	0,5
31	Empaque Yogurt	Selladora circular 1	Lampara fluorecente 2*40 w	1	0,08	0,08



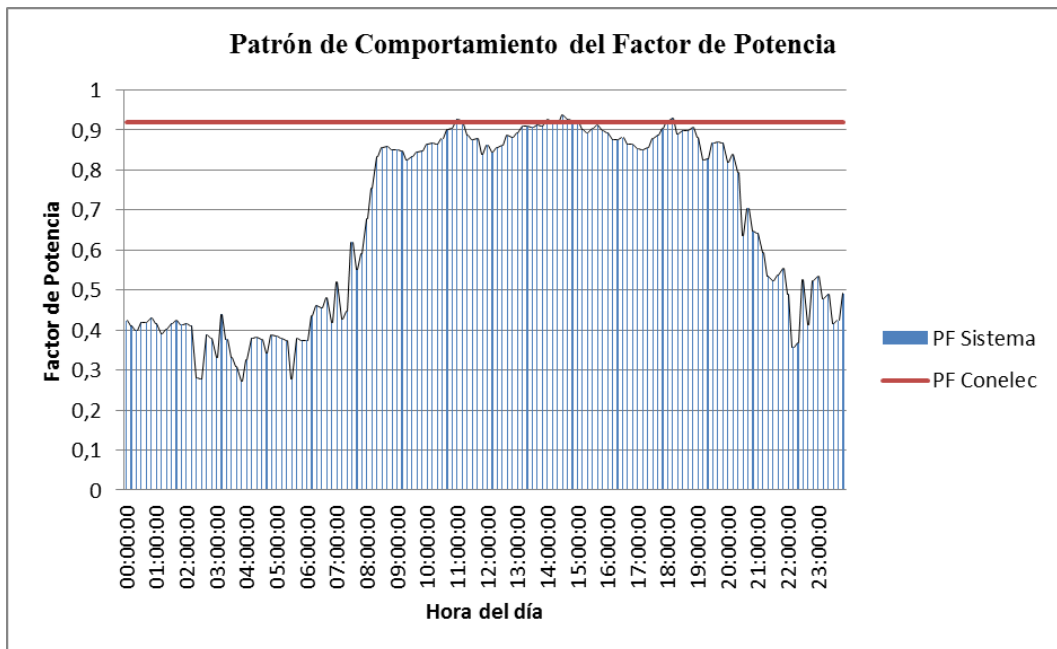
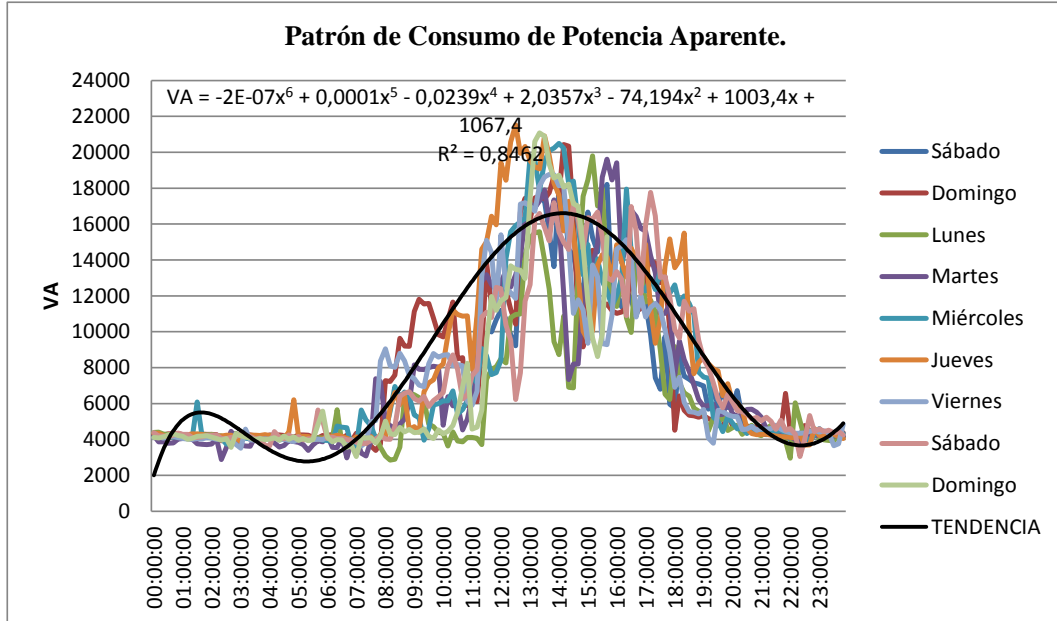
Anexo 4. Carga instalada en la industria de lácteos Soprab (Continuación).

CARGA GENERAL INSTALADA EN INDUSTRIA DELÁCTEOS SOPRAB. Año 2013						
Item	Area	Maquina	Equipo	Cantidad	Potencia Kw	Potencia total (Kw)
32	Empaque Manjar	Selladora circular2	Motor, Resistencia, Control	1	0,25	0,25
33	Empaque Manjar	Selladora circular2	Lampara fluorecente 2*40w	1	0,08	0,08
34	Empaq Manjar Granel		Lampara fluorecente 2*40 w	1	0,08	0,08
35	Almacenamiento	Cuarto frio 1	Equipo de Refrigeración	1	1,5	1,5
36	Almacenamiento	Cuarto frio 1	Foco Ahorrador	1	0,04	0,04
37	Almacenamiento	Cuarto frio 2	Equipo de Refrigeración	1	1,5	1,5
38	Almacenamiento	Cuarto frio 2	Foco Ahorrador	1	0,04	0,04
39	Almacenamiento	Cuarto frio 3	Equipo de Refrigeración	1	2	2
40	Almacenamiento	Cuarto frio 3	Foco incandescente 60 w	1	0,06	0,06
41	Almacenamiento	Bodega etiquetas y quimico	Lampara fluorecente 2*40 w	2	0,08	0,16
42	Almacenamiento	Bodega Tarrinas	Lampara fluorecente 2*40 w	1	0,08	0,08
43	Almacenamiento	Bodega de Carton	Lampara fluorecente 2*32 w	2	0,064	0,128
44	Desecho	Bodega de desecho cartón	Foco Ahorrador	1	0,04	0,04
45	Ventas	Frigorifico Vertical	Refrigeración	2	0,8	1,6
46	Ventas	Oficina	Lampara fluorecente 2*40 w	2	0,08	0,16
47	Administrativa	Oficina	Lampara fluorecente 2*40 w	1	0,08	0,08
48	Administrativa	Oficina	Computadora	1	0,18	0,18
49	Vestidores		Foco incandescente 100 w	2	0,1	0,1
50	Baños		Foco Ahorrador	1	0,025	0,025
51	Sala de maquinas	Caldero 1	Bomba de combustible, Ventilador	1	1,865	1,865
52	Sala de maquinas	Caldero 1	Bomba alimetación de agua	1	0,5595	0,5595
53	Sala de maquinas	Caldero 2	Bomba de combustible, Ventilador	1	1,865	1,865
54	Sala de maquinas	Caldero 2	Bomba alimetación de agua	1	0,5595	0,5595
55	Sala de maquinas	Caldero 3	Bomba de combustible, Ventilador	1	1,865	1,865
56	Sala de maquinas	Caldero 3	Bomba alimetación de agua	1	0,37	0,37
57	Sala de maquinas	Compresor	Motor	1	3	3
POTENCIA NOMINAL INSTALADA						50,777

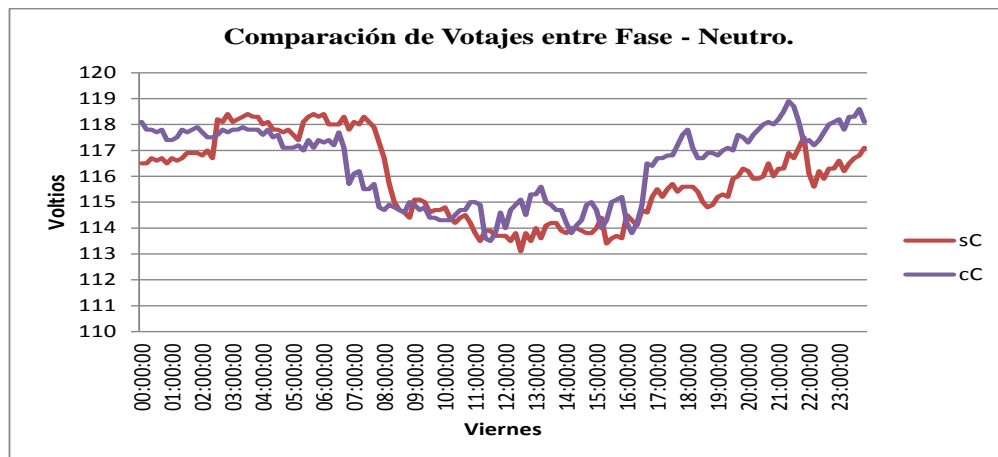
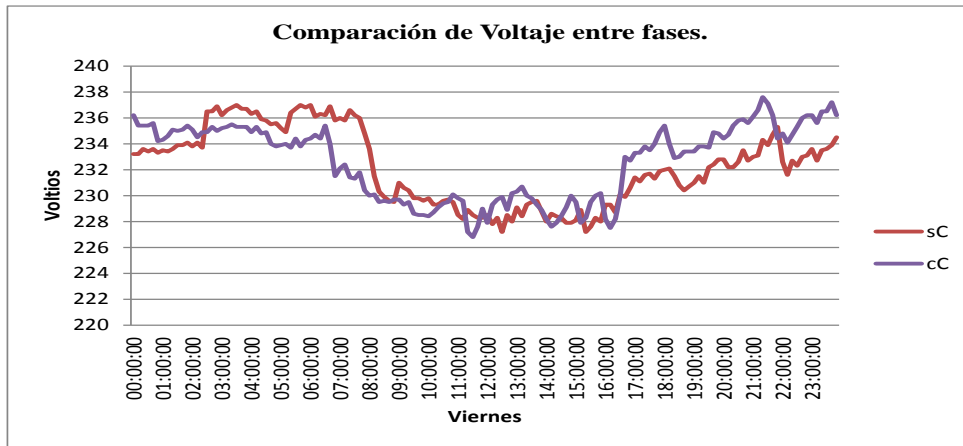
Anexo 5. Patrones de comportamiento de la Potencia Activa y Reactiva de la industria de lácteos Soprab cC.



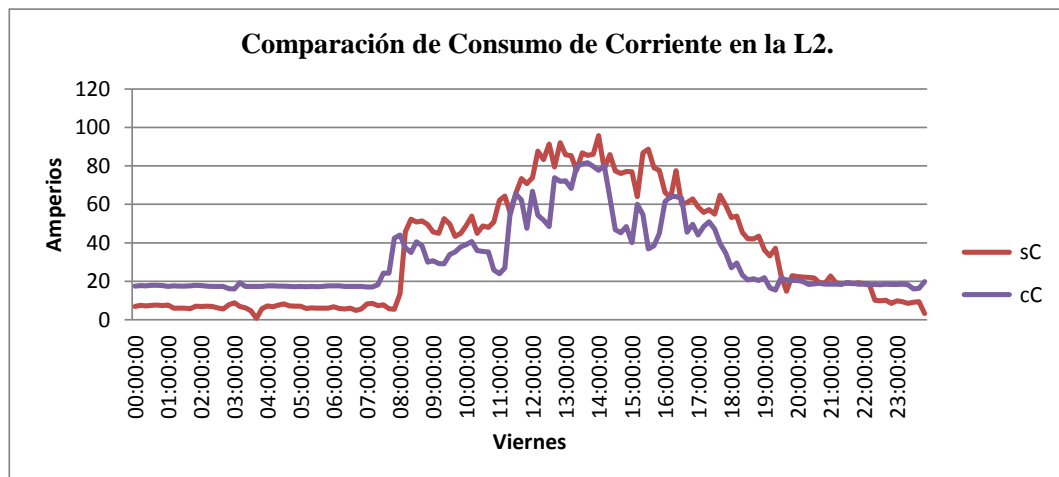
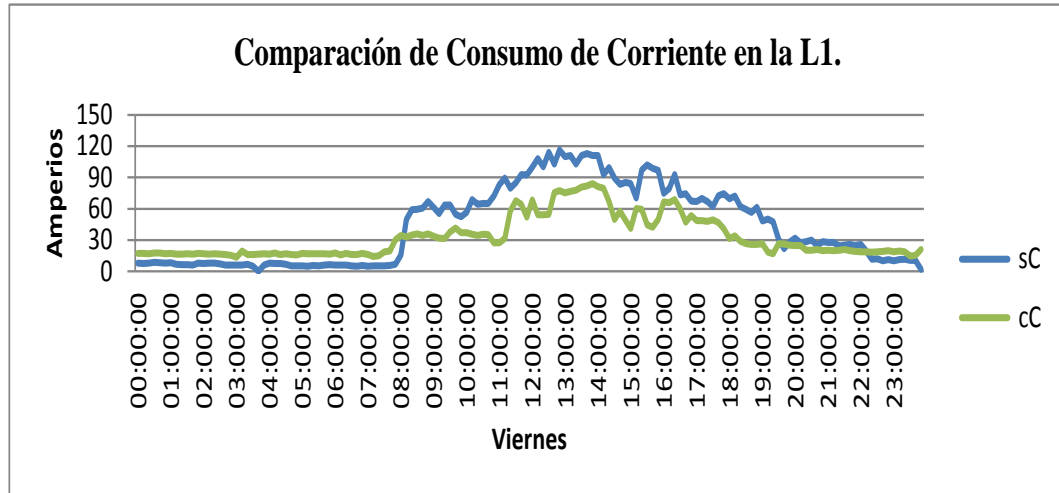
Anexo 6. Patrones de comportamiento de la Potencia Aparente y Factor de Potencia de la industria de lácteos Soprab cC.



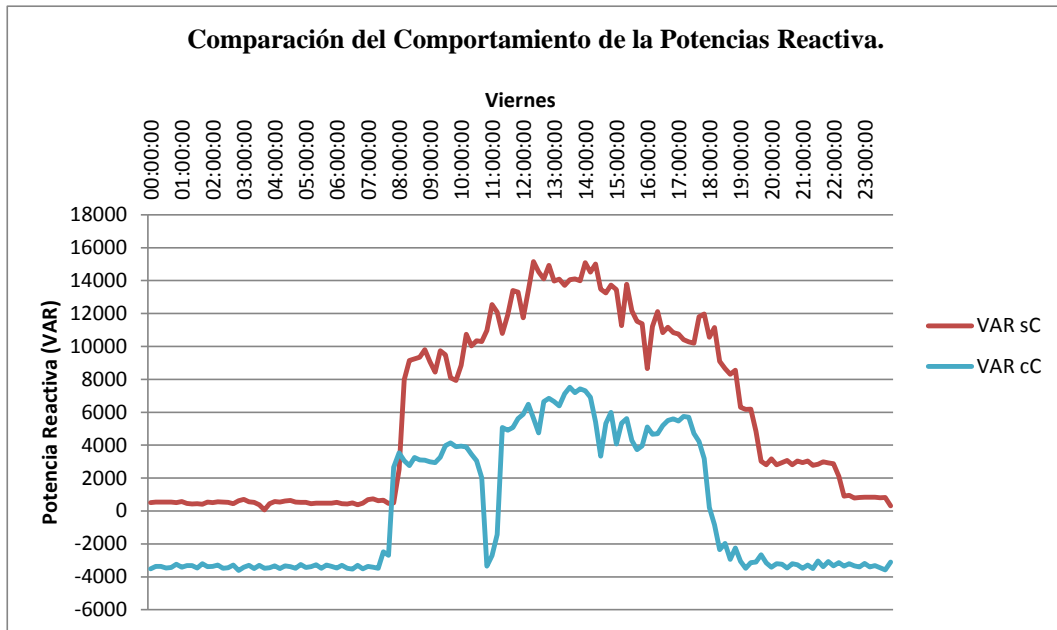
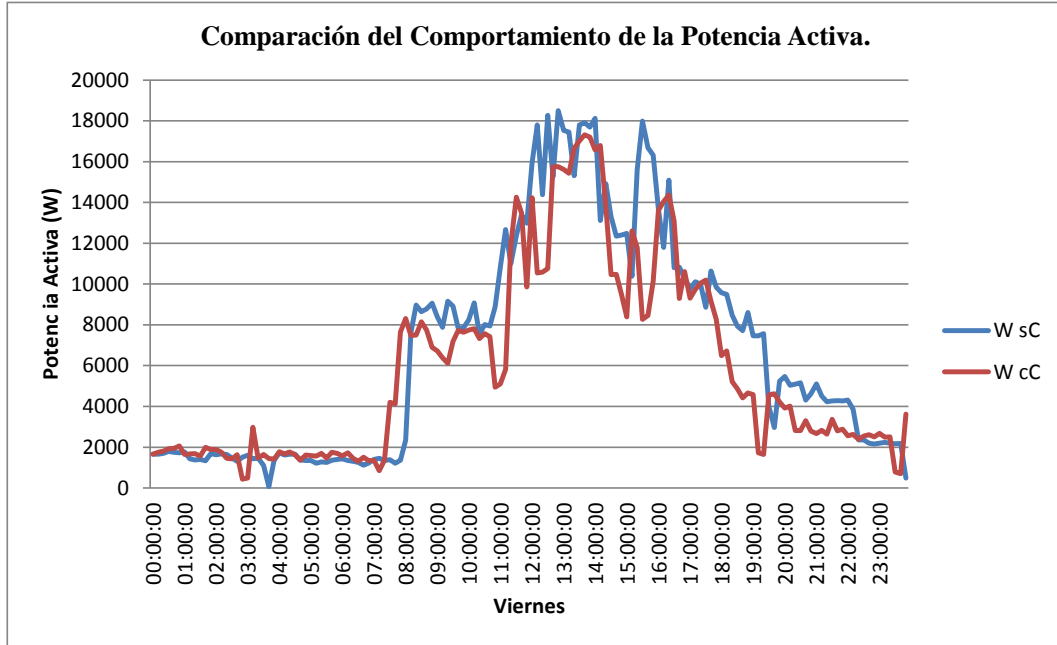
Anexo 7. Comportamiento de los voltajes de la Industria de Lácteos Soprab, sistema sin compensación (sC) vs sistema compensado (cC).



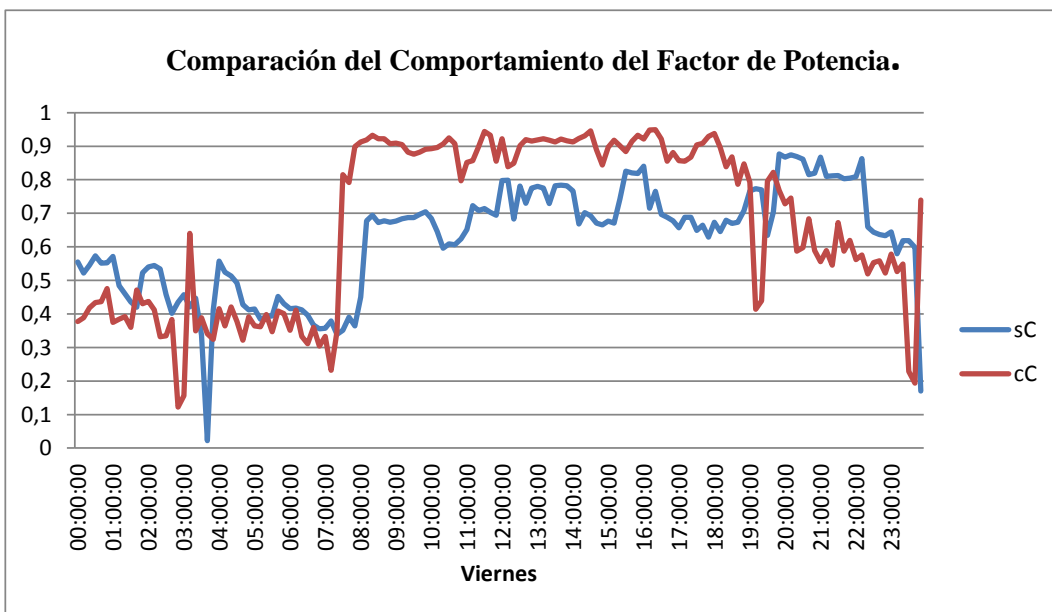
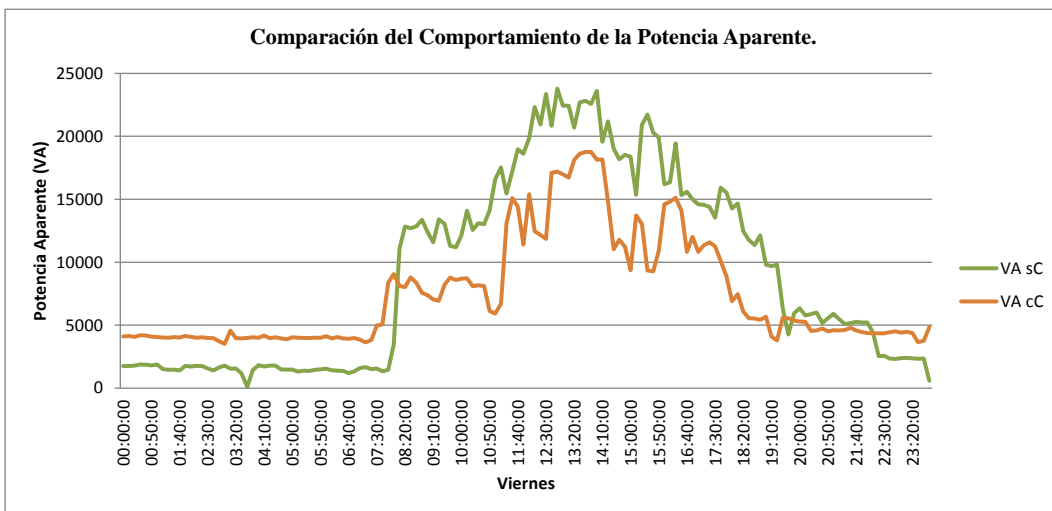
Anexo 8. Comportamiento de las corrientes de línea de la Industria de Lácteos Soprab, sistema sin compensación (sC) vs sistema compensado (cC).



Anexo 9. Comportamiento de la Potencia Activa y Reactiva Industria de Lácteos Soprab, sistema sin compensación (sC) vs sistema compensado(cC).



Anexo 10. Comportamiento de la Potencia Aparente y Factor de Potencia de la Industria de Lácteos Soprab, sistema sin compensación (sC) vs sistema compensado (cC).



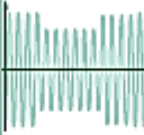
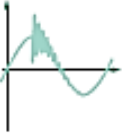
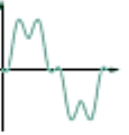
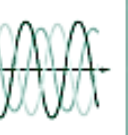
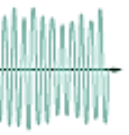


Anexo 11. Factores de multiplicación (fm) para la corrección del factor de potencia de un valor actual a un valor deseado.

Tan Φ o Cos Φ antes de la Compensación (valor existente)		Tan Φ o Cos Φ deseado (Compensado)												
Tan Φ	Cos Φ	0,75	0,59	0,48	0,46	0,43	0,40	0,36	0,33	0,29	0,25	0,20	0,14	0,0
		0,80	0,86	0,90	0,91	0,92	0,93	0,94	0,95	0,96	0,97	0,98	0,99	1
2,29	0,40	1,557	1,691	1,805	1,832	1,861	1,895	1,924	1,959	1,998	2,037	2,085	2,146	2,288
2,22	0,41	1,474	1,625	1,742	1,769	1,798	1,831	1,840	1,896	1,935	1,973	2,021	2,032	2,225
2,16	0,42	1,413	1,561	1,681	1,709	1,738	1,771	1,800	1,836	1,874	1,913	1,961	2,022	2,164
2,10	0,43	1,356	1,499	1,624	1,651	1,680	1,713	1,742	1,778	1,816	1,855	1,903	1,964	2,107
2,04	0,44	1,290	1,441	1,558	1,585	1,614	1,647	1,677	1,712	1,751	1,790	1,837	1,899	2,041
1,98	0,45	1,230	1,384	1,501	1,532	1,561	1,592	1,626	1,659	1,695	1,737	1,784	1,846	1,988
1,93	0,46	1,179	1,330	1,446	1,473	1,502	1,533	1,567	1,600	1,636	1,677	1,725	1,786	1,929
1,88	0,47	1,130	1,278	1,397	1,425	1,454	1,485	1,519	1,532	1,588	1,629	1,677	1,758	1,881
1,83	0,48	1,076	1,228	1,343	1,370	1,400	1,430	1,464	1,497	1,534	1,575	1,623	1,684	1,826
1,78	0,49	1,030	1,179	1,297	1,326	1,355	1,386	1,420	1,453	1,489	1,530	1,578	1,639	1,782
1,73	0,50	0,982	1,232	1,248	1,276	1,303	1,337	1,369	1,403	1,441	1,481	1,529	1,590	1,732
1,69	0,51	0,936	1,037	1,202	1,230	1,257	1,291	1,323	1,357	1,395	1,435	1,483	1,544	1,686
1,64	0,52	0,894	1,043	1,160	1,188	1,215	1,249	1,281	1,315	1,353	1,393	1,441	1,502	1,644
1,60	0,53	0,850	1,000	1,116	1,144	1,171	1,205	1,237	1,271	1,309	1,349	1,397	1,458	1,600
1,56	0,54	0,809	0,959	1,075	1,103	1,130	1,164	1,196	1,230	1,268	1,308	1,356	1,417	1,559
1,52	0,55	0,769	0,918	1,035	1,063	1,090	1,124	1,156	1,190	1,228	1,268	1,316	1,377	1,519
1,48	0,56	0,730	0,879	0,996	1,024	1,051	1,085	1,117	1,151	1,189	1,229	1,277	1,338	1,480
1,44	0,57	0,692	0,841	0,958	0,986	1,013	1,047	1,079	1,113	1,151	1,191	1,239	1,300	1,442
1,40	0,58	0,665	0,805	0,921	0,949	0,976	1,010	1,042	1,076	1,114	1,154	1,202	1,263	1,405
1,37	0,59	0,618	0,768	0,884	0,912	0,939	0,973	1,005	1,039	1,077	1,117	1,165	1,226	1,368
1,33	0,60	0,584	0,733	0,849	0,878	0,905	0,939	0,971	1,005	1,043	1,083	1,131	1,192	1,334
1,30	0,61	0,549	0,699	0,815	0,843	0,870	0,904	0,936	0,970	1,008	1,048	1,096	1,157	1,299
1,27	0,62	0,515	0,665	0,781	0,809	0,836	0,870	0,902	0,936	0,974	1,014	1,062	1,123	1,265
1,23	0,63	0,483	0,633	0,749	0,777	0,804	0,838	0,870	0,904	0,942	0,982	1,030	1,091	1,233
1,20	0,64	0,450	0,601	0,716	0,744	0,771	0,805	0,837	0,871	0,909	0,949	0,997	1,058	1,200
1,17	0,65	0,419	0,569	0,685	0,713	0,740	0,774	0,806	0,840	0,878	0,918	0,966	1,007	1,169
1,14	0,66	0,388	0,538	0,654	0,682	0,709	0,743	0,775	0,809	0,847	0,887	0,935	0,996	1,138
1,11	0,67	0,358	0,508	0,624	0,652	0,679	0,713	0,745	0,779	0,817	0,857	0,905	0,966	1,108
1,08	0,68	0,329	0,478	0,595	0,623	0,650	0,684	0,716	0,750	0,788	0,828	0,876	0,937	1,079
1,05	0,69	0,299	0,449	0,565	0,593	0,620	0,654	0,686	0,720	0,758	0,798	0,840	0,907	1,049
1,02	0,70	0,270	0,420	0,536	0,564	0,591	0,625	0,657	0,691	0,729	0,796	0,811	0,878	1,020
0,99	0,71	0,242	0,392	0,508	0,536	0,563	0,597	0,629	0,663	0,701	0,741	0,783	0,850	0,992
0,96	0,72	0,213	0,364	0,479	0,507	0,534	0,568	0,600	0,634	0,672	0,712	0,754	0,821	0,963
0,94	0,73	0,186	0,336	0,452	0,480	0,507	0,541	0,573	0,607	0,645	0,685	0,727	0,794	0,936
0,91	0,74	0,159	0,309	0,425	0,453	0,480	0,514	0,546	0,580	0,618	0,658	0,700	0,767	0,909
0,88	0,75	0,132	0,282	0,398	0,426	0,453	0,487	0,519	0,553	0,591	0,631	0,673	0,740	0,882
0,86	0,76	0,105	0,225	0,371	0,399	0,426	0,460	0,492	0,526	0,564	0,604	0,652	0,713	0,855
0,83	0,77	0,079	0,229	0,345	0,373	0,400	0,434	0,466	0,500	0,538	0,578	0,620	0,687	0,829
0,80	0,78	0,053	0,202	0,319	0,347	0,374	0,408	0,440	0,474	0,512	0,552	0,594	0,661	0,803
0,78	0,79	0,026	0,176	0,292	0,320	0,347	0,381	0,413	0,447	0,485	0,525	0,567	0,634	0,776
0,75	0,80		0,150	0,266	0,294	0,321	0,355	0,387	0,421	0,459	0,499	0,541	0,608	0,750
0,72	0,81		0,124	0,240	0,268	0,295	0,329	0,361	0,395	0,433	0,473	0,515	0,582	0,724
0,70	0,82		0,098	0,214	0,242	0,269	0,303	0,335	0,369	0,407	0,447	0,489	0,556	0,698
0,67	0,83		0,072	0,188	0,216	0,243	0,277	0,309	0,343	0,381	0,421	0,463	0,530	0,672
0,65	0,84		0,046	0,162	0,190	0,217	0,251	0,283	0,317	0,355	0,395	0,437	0,504	0,645
0,62	0,85		0,020	0,136	0,164	0,191	0,225	0,257	0,291	0,329	0,369	0,417	0,478	0,620
0,59	0,86			0,109	0,140	0,167	0,198	0,230	0,264	0,301	0,343	0,390	0,450	0,593
0,57	0,87			0,083	0,114	0,141	0,172	0,204	0,238	0,275	0,317	0,364	0,424	0,567
0,54	0,88			0,054	0,085	0,112	0,143	0,175	0,209	0,246	0,288	0,335	0,395	0,538
0,51	0,89			0,028	0,059	0,086	0,117	0,149	0,183	0,230	0,262	0,309	0,369	0,512
0,48	0,90				0,031	0,058	0,089	0,121	0,155	0,192	0,234	0,281	0,341	0,484

Anexo 12. Origen de perturbaciones y su frecuencia de aparecimiento.

Fuente: FERRACCI, (2004). (p. 14)

Perturbaciones	Hueco de tensión	Sobre-tensiones	Armónicos	Desequilibrios	Fluctuaciones de tensión
Formas de onda características					
Origen de la perturbación					
<input checked="" type="checkbox"/> Red					
<input type="checkbox"/> Defecto de aislamiento, fallo de neutro					
<input type="checkbox"/> Maniobras y ferresonancia					
<input type="checkbox"/> Rayo					
<input checked="" type="checkbox"/> Equipos receptores					
<input type="checkbox"/> Motor asíncrono					
<input type="checkbox"/> Motor síncrono					
<input type="checkbox"/> Máquina de soldar					
<input type="checkbox"/> Horno de arco					
<input type="checkbox"/> Convertidor					
<input type="checkbox"/> Cargas informáticas					
<input type="checkbox"/> Alumbrado					
<input type="checkbox"/> Ondulador o inversor					
<input type="checkbox"/> Batería de condensadores					

Fenómeno ocasional Fenómeno frecuente

Anexo 13. Generadores de armónicos.

Fuente: FERRACCI, (2004). (p. 10)

Cargas no lineales	Forma de onda de corriente	Espectro	THD
Variador de velocidad			44%
Rectificador/cargador			28%
Carga informática			115%
Alumbrado fluorescente			53%



Anexo 14. Efectos de los Armónicos.

Realizado por: Autor, Méntor Mayorga.

EFFECTOS DE LOS ARMÓNICOS	CAUSA	COSECUENCIA
Sobre los conductores	Las intensidades armónicas provocan el aumento de la IRMS	Disparos intempestivos de las protecciones
	El efecto pelicular (efecto "eskin" reduce la sección efectiva de los conductores a medida que aumenta la frecuencia	Sobrecalentamiento de los conductores
Sobre el conductor de neutro	Cuando existe una carga trifásica más neutro equilibrada que genera armónicos impares múltiplos de 3	Cierre de los armónicos monopoles sobre el neutro que provoca calentamientos y sobreintensidades
Sobre los transformadores	Aumento de la IRMS	Aumento de los calentamientos por efecto Joule en los devanados
	Las pérdidas por Foucault son proporcionales al cuadrado de la frecuencia, las pérdidas por histéresis son proporcionales a la frecuencia	Aumento de las pérdidas en el hierro.
Sobre los motores	Análoga a las de los transformadores y operación de un campo adicional al principal	Análogas a las de los transformadores más pérdidas de rendimiento
Sobre los condensadores	Disminución de la impedancia del condensador con el aumento de la frecuencia	Envejecimiento prematuro, amplificación de los armónicos existentes



Anexo 15. Capacidad de conducción de corriente de conductores eléctricos.

CALIB COND	CONEXIONES INTERIORES (ACOMETIDA)								
	CONDUCTOR DE COBRE AISLADO TIPO TW								
	MONOFASICA			BIFASICA			TRIFASICA		
	CAPACIDAD		PROT	CAPACIDAD		PROT	CAPACIDAD		PROT
AWG	A	KVA	A	A	KVA	A	A	KVA	A
12	20	2,4	1*20	20	4,8	2*20	20	7,3	3*20
10	30	3,6	1*30	30	7,2	2*30	30	10,9	3*30
8	40	4,8	1*40	40	9,6	2*40	40	14,5	3*40
6	55	6,7	1*50	55	13,2	2*50	55	20	3*50
4	70	8,5	1*70	70	16,8	2*70	70	25,4	3*70
2	95	11,5	1*100	95	22,8	2*100	95	34,5	3*100
1/0	125	15,1	1*125	125	30	2*125	125	45,4	3*125
2/0	145	17,5	1*150	145	34,8	2*150	145	52,7	3*150
3/0	165	20	1*175	165	39,6	2*175	165	59,9	3*175
4/0	195	23,6	1*200	195	46,8	2*200	195	70,8	3*200

CALIB COND	CONEXIONES INTERIORES (ACOMETIDA)								
	CONDUCTOR DE COBRE AISLADO TIPO TTU								
	MONOFASICA			BIFASICA			TRIFASICA		
	CAPACIDAD		PROT	CAPACIDAD		PROT	CAPACIDAD		PROT
AWG	A	KVA	A	A	KVA	A	A	KVA	A
8	50	6,1	1*50	50	12	2*40	50	18,2	3*40
6	65	7,9	1*60	65	15,6	2*50	65	23,6	3*50
4	85	10,3	1*75	85	20,4	2*70	85	30,9	3*70
2	115	13,9	1*100	115	27,6	2*100	115	41,8	3*100
1/0	150	18,2	1*150	150	36	NH0-100	150	54,5	NH0-100
2/0	175	21,2	1*175	175	42	NH1-125	175	63,6	NH1-125
3/0	200	24,2	1*200	200	48	NH1-160	200	72,7	NH1-160
4/0	230	27,8	1*225	230	55,2	NH1-200	230	83,6	NH1-200

CALIB COND	CONEXIONES INTERIORES (ACOMETIDA)								
	MULTICONDUCTOR TIPO SUCE								
	MONOFASICA			BIFASICA			TRIFASICA		
	CAPACIDAD		PROT	CAPACIDAD		PROT	CAPACIDAD		PROT
AWG	A	KVA	A	A	KVA	A	A	KVA	A
12	25	3	1*20		0				
10	30	3,6	1*30	25	6	2*30			
8	40	4,8	1*40	35	8,4	2*40	28	10,2	3*30
6				45	10,8	2*50	36	13,1	3*40
4				60	14,4	2*60	48	17,4	3*50



Anexo 16. Muestra de parámetros medidos por el analizador de redes en formato original del equipo.

Tendencia													
KAZU													
Serie		Dia de Empece	Hora de Empece	Dia de Finalización	Hora de Finalización								
295412 1:1		Modelo: 3945	06/04/2013	11:40:00	14/04/2013	15:50:00							
Dia	Hora	Hz	Urms Linea1	Urms Linea2	Uthd Linea1	Uthd Linea2	Vrms Linea1	Vrms Linea2	Vthd Linea1	Vthd Linea2	Vcf Linea1	Vcf Linea2	
07/04/2013	00:00:00	59,98	237,2	237,2	2	1,9	118,6	118,5	1,9	1,9	1,8	1,42	
07/04/2013	00:10:00	59,99	237,6	237,6	1,9	1,9	118,8	118,7	1,9	1,8	1,8	1,42	
07/04/2013	00:20:00	59,99	237,6	237,6	1,8	1,8	118,8	118,7	1,8	1,8	1,8	1,42	
07/04/2013	00:30:00	59,99	237,5	237,5	1,8	1,7	118,7	118,7	1,8	1,7	1,7	1,42	
07/04/2013	00:40:00	59,99	237,9	237,9	1,7	1,7	118,9	118,9	1,7	1,7	1,7	1,42	
07/04/2013	00:50:00	59,99	237,2	237,2	1,7	1,6	118,6	118,5	1,7	1,6	1,6	1,42	
07/04/2013	01:00:00	59,99	236,4	236,4	1,6	1,6	118,2	118,2	1,6	1,6	1,6	1,41	
07/04/2013	01:10:00	59,99	236,5	236,5	1,6	1,6	118,2	118,2	1,6	1,5	1,5	1,42	
07/04/2013	01:20:00	59,99	236,6	236,6	1,6	1,5	118,2	118,3	1,5	1,5	1,5	1,42	
07/04/2013	01:30:00	60	236,8	236,8	1,5	1,5	118,4	118,4	1,5	1,5	1,5	1,42	
07/04/2013	01:40:00	59,99	236,9	236,9	1,5	1,4	118,5	118,4	1,5	1,4	1,4	1,41	
07/04/2013	01:50:00	59,98	237,6	237,6	1,5	1,5	118,8	118,7	1,5	1,5	1,5	1,41	
07/04/2013	02:00:00	59,99	237,6	237,6	1,5	1,4	118,8	118,8	1,5	1,4	1,4	1,41	
07/04/2013	02:10:00	60	237,5	237,5	1,5	1,4	118,7	118,8	1,4	1,4	1,4	1,42	
07/04/2013	02:20:00	59,99	238,1	238,1	1,5	1,4	119	119,1	1,4	1,4	1,4	1,42	
07/04/2013	02:30:00	59,98	238,4	238,4	1,5	1,4	119,2	119,2	1,4	1,4	1,4	1,42	
07/04/2013	02:40:00	59,99	238,1	238,1	1,5	1,4	119,1	119	1,4	1,4	1,4	1,42	
07/04/2013	02:50:00	59,98	238,3	238,3	1,4	1,4	119,1	119,1	1,4	1,4	1,4	1,42	
07/04/2013	03:00:00	60	238,2	238,2	1,4	1,4	119,1	119,1	1,4	1,4	1,4	1,42	
07/04/2013	03:10:00	60	238,1	238,1	1,4	1,3	119	119	1,3	1,3	1,3	1,42	
07/04/2013	03:20:00	60	238,1	238,1	1,4	1,3	118,9	119,1	1,3	1,3	1,3	1,42	
07/04/2013	03:30:00	59,99	238,2	238,2	1,4	1,3	119	119,1	1,3	1,3	1,3	1,42	
07/04/2013	03:40:00	59,98	238,5	238,5	1,4	1,3	119,3	119,2	1,4	1,4	1,4	1,42	
07/04/2013	03:50:00	60	238,8	238,8	1,4	1,3	119,4	119,3	1,3	1,3	1,3	1,42	
07/04/2013	04:00:00	60	238,9	238,9	1,4	1,4	119,4	119,4	1,4	1,3	1,3	1,42	



Anexo 16. Muestra de parámetros medidos por el analizador de redes en formato original del equipo (Continuación).

Tendencia														
KAZU														
Serie														
295412 1:1 Modelo: 3945														
Dia	Hora	Vcf Linea2	Pst Linea1	Pst Linea2	Arms Linea1	Arms Linea2	Athd Linea1	Athd Linea2	Acf Linea1	Acf Linea2	Akf Linea1			
07/04/2013	00:00:00	1,42	0,23	0,24	17,8	17,5	13,8	12,5	1,47	1,49	1,86			
07/04/2013	00:10:00	1,42	0,23	0,23	17,8	17,5	13,6	12,3	1,47	1,49	1,79			
07/04/2013	00:20:00	1,42	0,24	0,25	18,2	17,6	13,4	12,3	1,46	1,47	1,77			
07/04/2013	00:30:00	1,42	0,23	0,24	18,4	17,8	13,3	12,2	1,43	1,44	1,74			
07/04/2013	00:40:00	1,42	0,24	0,24	18,4	17,8	13,1	12	1,42	1,44	1,72			
07/04/2013	00:50:00	1,42	0,27	0,27	18,5	17,9	12,9	11,8	1,43	1,45	1,68			
07/04/2013	01:00:00	1,42	0,24	0,25	18,3	17,7	12,3	11,2	1,44	1,46	1,65			
07/04/2013	01:10:00	1,42	0,23	0,24	17,9	17,3	12,1	11,1	1,46	1,49	1,66			
07/04/2013	01:20:00	1,42	0,23	0,24	17,7	17,2	12,1	11	1,46	1,49	1,64			
07/04/2013	01:30:00	1,42	0,24	0,25	17,8	17,2	11,8	10,7	1,45	1,48	1,61			
07/04/2013	01:40:00	1,42	0,3	0,29	18,4	17,8	12	10,9	1,43	1,45	1,58			
07/04/2013	01:50:00	1,42	0,23	0,23	18,3	17,6	11,9	10,9	1,43	1,45	1,64			
07/04/2013	02:00:00	1,42	0,24	0,24	18,3	17,6	11,9	10,8	1,42	1,44	1,59			
07/04/2013	02:10:00	1,42	0,23	0,23	18,2	17,6	11,8	10,8	1,43	1,45	1,58			
07/04/2013	02:20:00	1,42	0,17	0,19	16,7	16,2	10,8	9,8	1,55	1,57	1,63			
07/04/2013	02:30:00	1,42	0,21	0,21	16,8	16,4	10,8	9,9	1,54	1,57	1,62			
07/04/2013	02:40:00	1,42	0,23	0,24	18,7	18	11,7	10,6	1,42	1,44	1,52			
07/04/2013	02:50:00	1,42	0,17	0,18	17,9	17,4	11,6	10,4	1,43	1,46	1,55			
07/04/2013	03:00:00	1,42	0,26	0,26	18,3	17,7	11,7	10,6	1,41	1,44	1,53			
07/04/2013	03:10:00	1,42	0,23	0,23	18,2	17,6	11,6	10,5	1,41	1,45	1,53			
07/04/2013	03:20:00	1,42	0,26	0,24	18	17,6	11,6	10,4	1,43	1,45	1,54			
07/04/2013	03:30:00	1,42	0,22	0,24	17,8	17,5	11,3	10,1	1,44	1,46	1,55			
07/04/2013	03:40:00	1,42	0,23	0,23	17,3	17,1	11,1	9,9	1,46	1,48	1,55			
07/04/2013	03:50:00	1,42	0,17	0,19	17,3	17	11,2	10	1,45	1,48	1,57			
07/04/2013	04:00:00	1,42	0,27	0,27	17,9	17,6	11,6	10,4	1,43	1,45	1,56			



Anexo 16. Muestra de parámetros medidos por el analizador de redes en formato original del equipo (Continuación).

Tendencia		KAZU									
Serie											
295412 1:1		Modelo: 3945									
Dia	Hora	Akf Linea2	W Linea1	W Linea2	W Suma de Fases	W-hora Linea1	W-hora Linea2	W-hora Suma de Fases	VAR Linea1	VAR Linea2	
07/04/2013	00:00:00	1,95	756,6618652	562,8699951	1319,53186	50805,24609	45513,4349	96318,68099	-1867,0177	-1893,211304	
07/04/2013	00:10:00	1,88	719,0443726	542,328186	1261,372559	50925,08682	45603,82293	96528,90975	-1891,925171	-1898,569824	
07/04/2013	00:20:00	1,87	771,8860474	627,8833618	1399,769409	51053,73449	45708,47015	96762,20465	-1907,150391	-1878,972656	
07/04/2013	00:30:00	1,84	887,9412231	743,2449951	1631,186218	51201,7247	45832,34432	97034,06902	-1903,508789	-1881,143799	
07/04/2013	00:40:00	1,81	874,6811523	729,96698	1604,648132	51347,50489	45954,00548	97301,51037	-1908,60376	-1884,675781	
07/04/2013	00:50:00	1,76	897,4616699	752,8088379	1650,270508	51497,08184	46079,47362	97576,55546	-1892,106201	-1868,824951	
07/04/2013	01:00:00	1,73	802,8236694	659,4021606	1462,22583	51630,88578	46189,37398	97820,25976	-1901,34668	-1874,77002	
07/04/2013	01:10:00	1,74	637,6864624	496,315094	1134,001556	51737,16686	46272,09317	98009,26002	-1917,514404	-1886,81543	
07/04/2013	01:20:00	1,71	630,5167847	489,266571	1119,783356	51842,25299	46353,63759	98195,89058	-1910,104736	-1880,164185	
07/04/2013	01:30:00	1,67	622,0969849	480,774231	1102,871216	51945,93582	46433,76663	98379,70245	-1922,272949	-1891,282471	
07/04/2013	01:40:00	1,63	833,0942993	689,4482422	1522,542542	52084,78487	46548,67467	98633,45954	-1897,194946	-1871,864014	
07/04/2013	01:50:00	1,7	816,2006226	671,8126831	1488,013306	52220,81831	46660,64345	98881,46176	-1902,137329	-1876,072754	
07/04/2013	02:00:00	1,65	821,9963379	678,373291	1500,369629	52357,8177	46773,70567	99131,52336	-1908,753784	-1884,005371	
07/04/2013	02:10:00	1,64	796,2892456	653,3338623	1449,623108	52490,53257	46882,59465	99373,12722	-1910,677734	-1885,472656	
07/04/2013	02:20:00	1,72	134,0301819	-3,335250378	130,6949315	52512,87093	46882,03877	99394,9097	-1986,38501	-1941,270874	
07/04/2013	02:30:00	1,72	141,684433	3,744306326	145,4287393	52536,48501	46882,66282	99419,14783	-1996,09436	-1948,98645	
07/04/2013	02:40:00	1,58	927,7894897	781,4266968	1709,216187	52691,11659	47012,9006	99704,01719	-1905,661255	-1882,958984	
07/04/2013	02:50:00	1,61	710,6588745	567,4057007	1278,064575	52809,55973	47107,46822	99917,02795	-1919,148804	-1891,034424	
07/04/2013	03:00:00	1,58	839,352478	694,4146118	1533,76709	52949,45181	47223,20399	100172,6558	-1911,856201	-1886,473511	
07/04/2013	03:10:00	1,59	809,4572754	665,1282959	1474,585571	53084,36136	47334,05871	100418,4201	-1916,353394	-1890,588501	
07/04/2013	03:20:00	1,58	863,605957	652,8453979	1516,451355	53228,29568	47442,86627	100671,162	-1855,556885	-1884,952271	
07/04/2013	03:30:00	1,59	749,6342773	543,4865112	1293,120789	53353,23473	47533,44736	100886,6821	-1873,944946	-1902,657715	
07/04/2013	03:40:00	1,58	576,2521362	375,326416	951,5785522	53449,27675	47596,00176	101045,2785	-1899,533691	-1920,089355	
07/04/2013	03:50:00	1,61	592,8828735	393,9499207	986,8327942	53548,09057	47661,66008	101209,7506	-1895,486816	-1915,89209	
07/04/2013	04:00:00	1,59	804,7415161	605,862915	1410,604431	53682,21415	47762,63723	101444,8514	-1873,416626	-1901,147339	



Anexo 16. Muestra de parámetros medidos por el analizador de redes en formato original del equipo (Continuación).

Tendencia		KAZU							
Serie									
295412 1:1		Modelo: 3945							
Dia	Hora	VAR Suma de Fases	VAR-hora Linea1	VAR-hora Linea2	VAR-hora Suma de Fases	VA Linea1	VA Linea2	VA Suma de Fases	
07/04/2013	00:00:00	-3760,229004	11506,10668	7575,599869	19081,70654	2117,182617	2080,581787	4197,764404	
07/04/2013	00:10:00	-3790,494995	11190,78581	7259,171565	18449,95738	2126,018799	2077,644775	4203,663574	
07/04/2013	00:20:00	-3786,123047	10872,92742	6946,009455	17818,93687	2164,877197	2091,405273	4256,282471	
07/04/2013	00:30:00	-3784,652588	10555,67595	6632,485489	17188,16144	2195,098633	2119,894043	4314,992676	
07/04/2013	00:40:00	-3793,279541	10237,57532	6318,372859	16555,94818	2194,760498	2118,999512	4313,76001	
07/04/2013	00:50:00	-3760,931152	9922,224291	6006,902033	15929,12632	2204,943848	2128,480225	4333,424072	
07/04/2013	01:00:00	-3776,116699	9605,333177	5694,440364	15299,77354	2169,920898	2096,17627	4266,097168	
07/04/2013	01:10:00	-3804,329834	9285,747443	5379,971125	14665,71857	2117,158691	2049,749268	4166,907959	
07/04/2013	01:20:00	-3790,268921	8967,396654	5066,610428	14034,00708	2101,318359	2035,005249	4136,323608	
07/04/2013	01:30:00	-3813,55542	8647,017829	4751,396683	13398,41451	2111,791992	2045,084961	4156,876953	
07/04/2013	01:40:00	-3769,05896	8330,818671	4439,419347	12770,23802	2182,58252	2108,274902	4290,857422	
07/04/2013	01:50:00	-3778,210083	8013,795783	4126,740555	12140,53634	2176,035889	2101,408447	4277,444336	
07/04/2013	02:00:00	-3792,759155	7695,670152	3812,73966	11508,40981	2175,179199	2101,996826	4277,176025	
07/04/2013	02:10:00	-3796,150391	7377,223863	3498,494217	10875,71808	2167,753174	2095,786621	4263,539795	
07/04/2013	02:20:00	-3927,655884	7046,159695	3174,949071	10221,10877	1991,043701	1941,380371	3932,424072	
07/04/2013	02:30:00	-3945,080811	6713,477302	2850,117996	9563,595298	2007,030029	1954,944336	3961,974365	
07/04/2013	02:40:00	-3788,620239	6395,867092	2536,291499	8932,158591	2229,871094	2152,064209	4381,935303	
07/04/2013	02:50:00	-3810,183228	6076,008958	2221,119095	8297,128053	2143,273682	2073,39502	4216,668701	
07/04/2013	03:00:00	-3798,329712	5757,366258	1906,706843	7664,073101	2184,399414	2109,082764	4293,482178	
07/04/2013	03:10:00	-3806,941895	5437,974026	1591,60876	7029,582786	2176,151123	2102,449219	4278,600342	
07/04/2013	03:20:00	-3740,509155	5128,714545	1277,450048	6406,164593	2150,291992	2100,914307	4251,206299	
07/04/2013	03:30:00	-3776,602661	4816,390388	960,3404287	5776,730816	2122,847412	2086,787598	4209,63501	
07/04/2013	03:40:00	-3819,623047	4499,801439	640,3255361	5140,126975	2071,787842	2045,096924	4116,884766	
07/04/2013	03:50:00	-3811,378906	4183,88697	321,0101878	4504,897157	2067,089111	2038,765015	4105,854126	
07/04/2013	04:00:00	-3774,563965	3871,650865	4,152297974	3875,803163	2144,524414	2104,242432	4248,766846	



Anexo 16. Muestra de parámetros medidos por el analizador de redes en formato original del equipo (Continuación).

Tendencia		KAZU							
Serie									
295412 1:1		Modelo: 3945							
Dia	Hora	VA-hora Linea1	VA-hora Linea2	VA-hora Suma de Fases	PF Linea1	PF Linea2	Tan Linea1	Tan Linea2	
07/04/2013	00:00:00	60009,48279	54540,42889	114549,9117	0,331	0,248	-6,986	17,911	
07/04/2013	00:10:00	60363,81925	54886,70302	115250,5223	0,314	0,24	-8,339	18,226	
07/04/2013	00:20:00	60724,63212	55235,27057	115959,9027	0,33	0,275	-8,573	4,663	
07/04/2013	00:30:00	61090,48189	55588,58624	116679,0681	0,381	0,328	-7,19	3,468	
07/04/2013	00:40:00	61456,27531	55941,75283	117398,0281	0,375	0,322	-7,344	3,809	
07/04/2013	00:50:00	61823,76595	56296,49953	118120,2655	0,382	0,33	-8,126	13,729	
07/04/2013	01:00:00	62185,41943	56645,86224	118831,2817	0,345	0,291	-9,048	15,83	
07/04/2013	01:10:00	62538,27922	56987,48712	119525,7663	0,277	0,219	-10,354	12,742	
07/04/2013	01:20:00	62888,49894	57326,65466	120215,1536	0,276	0,218	-9,35	0,216	
07/04/2013	01:30:00	63240,46427	57667,50216	120907,9664	0,272	0,213	-10,136	10,061	
07/04/2013	01:40:00	63604,22803	58018,88131	121623,1093	0,356	0,302	-8,723	15,008	
07/04/2013	01:50:00	63966,90068	58369,11605	122336,0167	0,352	0,298	-8,867	15,308	
07/04/2013	02:00:00	64329,43054	58719,44885	123048,8794	0,354	0,3	-7,908	4,618	
07/04/2013	02:10:00	64690,72274	59068,74662	123759,4694	0,343	0,289	-8,328	6,339	
07/04/2013	02:20:00	65022,56335	59392,31002	124414,8734	0,067	0	-15,316	13,106	
07/04/2013	02:30:00	65357,06836	59718,13407	125075,2024	0,07	0,001	-16,095	22,584	
07/04/2013	02:40:00	65728,71354	60076,81144	125805,525	0,388	0,336	-7,576	4,868	
07/04/2013	02:50:00	66085,92582	60422,37728	126508,3031	0,309	0,252	-9,011	4,627	
07/04/2013	03:00:00	66449,99239	60773,89107	127223,8835	0,361	0,307	-7,644	3,764	
07/04/2013	03:10:00	66812,68424	61124,29928	127936,9835	0,349	0,295	-8,087	6,146	
07/04/2013	03:20:00	67171,06624	61474,45166	128645,5179	0,376	0,289	-5,98	11,385	
07/04/2013	03:30:00	67524,87415	61822,24959	129347,1237	0,327	0,239	-6,783	18,727	
07/04/2013	03:40:00	67870,17212	62163,09908	130033,2712	0,256	0,166	-8,005	20,007	
07/04/2013	03:50:00	68214,68697	62502,89325	130717,5802	0,265	0,175	-7,311	2,447	
07/04/2013	04:00:00	68572,10771	62853,60032	131425,708	0,347	0,264	-6,254	6,422	