

**UNIVERSIDAD DE PAMPLONA**



**FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA**

**PROGRAMA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

**ANÁLISIS Y MEJORAMIENTO DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LA SECCIÓN DE  
SERVICIOS INDUSTRIALES Y DE PRODUCCIÓN EN LA PLANTA DE FRESKALECHE S.A.S  
BUCARAMANGA**

**MARÍA FERNANDA PACHECO PACHECO**

**TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE INGENIERA ELECTRÓNICA**

**Director:** M. Sc. JORGE LUIS DÍAZ RODRÍGUEZ

**Directora del programa:** M. Sc. BLANCA JUDITH CRISTANCHO PABÓN

**Pamplona, Colombia**

**Diciembre 2016**

# UNIVERSIDAD DE PAMPLONA



FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA  
PROGRAMA DE INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES

## ANÁLISIS Y MEJORAMIENTO DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LA SECCIÓN DE SERVICIOS INDUSTRIALES Y DE PRODUCCIÓN EN LA PLANTA DE FRESKALECHE S.A.S BUCARAMANGA

Trabajo de Grado para Optar por el Título de  
Ingeniera Electrónica

**FECHA DE INICIO DEL TRABAJO:** Agosto de 2016  
**FECHA DE TERMINACIÓN DEL TRABAJO:** Diciembre de 2016

NOMBRES Y FIRMAS DE AUTORIZACIÓN PARA LA SUSTENTACIÓN:

\_\_\_\_\_  
MARÍA FERNANDA PACHECO PACHECO  
**AUTOR**

\_\_\_\_\_  
M.Sc. JORGE LUIS DÍAZ RODRÍGUEZ  
PABÓN  
**DIRECTOR**

\_\_\_\_\_  
M. Sc. BLANCA JUDITH CRISTANCHO  
**DIRECTORA DEL PROGRAMA**

**JURADO CALIFICADOR:**

\_\_\_\_\_  
Ph.D. IVALDO TORRES CHAVEZ  
PABÓN  
**JURADO 1**

\_\_\_\_\_  
M. Sc. JUDITH CRISTANCHO  
**JURADO 2**

**Pamplona, Colombia  
Agosto 2016**

## DEDICATORIA

*Dedico esta tesis.*

*A DIOS y la virgen María, por permitirme llegar a este momento tan especial en mi vida, por darme salud y fuerzas para seguir adelante sin dejarme decaer ante las dificultades.*

*A mi madre, quien ha sido mi guía y fortaleza, quien me ha inculcado los mejores valores y sentimientos para afrontar todas las adversidades, por apoyarme en cada momento de mi vida, por ser la mujer que me llena de orgullo y ganas para salir adelante. Este logro te lo debo a ti, no hay forma de agradecer todo lo que me has ofrecido y todo el amor que me has brindado, TE AMO INFINITAMENTE NANI.*

*A mi padre, por todos sus consejos y apoyo incondicional por haberme proporcionado todo y cada cosa que he necesitado, por brindarme tantas enseñanzas y acompañarme durante todo este recorrido. Gracias por todo tu cariño que aunque pocas veces lo demuestras sé que te sientes muy orgulloso de nosotros lo que me llena de felicidad, gracias por todo, TE AMO PAPI.*

*A mi hermano, mi amigo, mi todo porque tú has sido esa persona que me ha guiado en cada uno de los momentos de mi vida, con tus consejos, experiencias, regaños algunas veces que siempre fueron para formarme como una mejor persona, por todo ese amor que siempre me has brindado, porque me llena de orgullo tenerte en mi vida y que seas ese ejemplo a seguir. No sé cómo agradecerte tanto hermanito, TE AMO DEMASIADO.*

*A mi abuelos Esther, Rafael y Fabiola, por estar siempre pendientes de mí y brindarme todo ese cariño, y a mi abuelo Sixto (QEPD), por tanto amor que me brindaste y por enseñarme el gran valor de la familia, nos dejaste un vacío enorme abuelito.*

*A toda mi familia y amigos quienes de una u otra manera siempre me han brindado su apoyo incondicional.*

## **AGRADECIMIENTO**

Mi gratitud, principalmente está dirigida al Dios por haberme permitido llegar al final de mi carrera profesional.

A la Universidad de Pamplona por haberme dado la oportunidad de ingresar y culminar mis estudios de educación superior.

Al ingeniero Fredy Rueda, por sus conocimientos, orientaciones, paciencia, apoyo y motivación para llevar a cabo este proyecto.

A la empresa Freskaleche S.A.S por la oportunidad y el apoyo brindado, la participación activa para el levantamiento de información, y a todo sus colaboradores por su calidez en el trabajo.

Al M.Sc. Jorge Luis Díaz, por haber confiado en mí, por la paciencia y dirección de este trabajo.

A mi madre, padre, hermano y toda mi familia por acompañarme y apoyarme para culminar este logro.

*GRACIAS A TODOS...*

## RESUMEN

Las preocupaciones respecto a la seguridad energética, a los impactos sociales y económicos de los altos precios de la energía, y el creciente reconocimiento del cambio climático han llevado a que muchos países pongan un mayor énfasis en el desarrollo de políticas y medidas que promuevan la eficiencia energética.

Para lograr una mayor competitividad y mejora en los procesos productivos de cualquier industria se hace necesario que esta tenga un sistema de gestión energética que permita medir los consumos, determinar su fuente energética prioritaria (térmica, gas, petróleo, vapor, carbón o eléctrica), e implementar estrategias para definir oportunidades de ahorro en este sentido.

En este trabajo de grado modalidad pasantía se hizo un diagnóstico del consumo energético en las áreas de producción en la planta de Freskaleche S.A.S Bucaramanga con el objetivo de realizar una propuesta para optimizar la eficiencia energética en la empresa, la cual se basa en la adquisición de un sistema de supervisión y gestión energética, en el que se adquieran datos en tiempo real, hacer un análisis detallado del consumo energético en cada uno de los procesos llevando un historial e informes, y a partir de estos tomar decisiones para optimizar los procesos productivos permitiendo determinar los costos reales de transformación.

Se hizo un estudio de varios software de gestión energética con el que se logre un control y monitoreo de los parámetros energéticos utilizados por parte de los equipos existentes en la planta. El software con el que se realizó el diseño estructural del sistema pertenece a la empresa proveedora de redes y comunicaciones industriales Laumayer, quienes manejan un software de supervisión y gestión energética SYNERNY, el cual permite controlar todos los datos ambientales y de proceso obtenidos de los equipos LOVATO Electric. Teniendo definido los equipos a utilizar en el sistema, se hizo el presupuesto para su implementación y el retorno a la inversión del mismo permitiendo visualizar las mejoras en los procesos de producción de la planta.

Palabras clave: Seguridad energética, eficiencia energética, sistema de gestión energética, competitividad, procesos productivos.

## **ABSTRACT**

The concerns regarding energy security, the social and economic impacts of the energy high prices, and the growing recognition of the climate change have led to many countries to put a greater emphasis in the development of political and measures that promote the energy efficiency.

To achieve greater competitiveness and improvement in the production processes of any industry, it is necessary to have an energy management system that enables to measure consumption, to determine its priority source of energy (thermal, gas, oil, steam, coal or electric), and to implement strategies for savings in this respect.

In this thesis, internship mode, a diagnosis of energy consumption was made regarding the production areas in the plant of Freskaleche S.A.S Bucaramanga, with the objective of making a proposal to optimize the energy efficiency in the company, which is based in the acquisition of a supervision and energy management system, in which data is acquire in real time to make a detailed analysis of the energy consumption in each one of the processes by having records and reports, to make decisions to optimize production processes allowing to determine the real costs of transformation.

Several energy management software were studied to achieve control and monitoring of the energetic parameters used by existing equipment in the plant, the software that was the structural design of the system belongs to the networks provider and industrial communications Laumayer, who handle monitoring and energy management SYNERNY, which allows to control all the environmental and process data obtained from LOVATO Electric equipment. Having defined the equipment to use in the system, it was made the budget for its implementation and the return to the investment of the same allowing to display the improvements in the production processes of the plant.

Key words: Energy security, energy efficiency, energy management system, competitiveness, production processes.

## ÍNDICE GENERAL







DEDICATORIA.....	3
AGRADECIMIENTO .....	4
RESUMEN .....	5
ABSTRACT .....	6
ÍNDICE DE FIGURAS .....	12
ÍNDICE DE GRÁFICAS.....	13
ÍNDICE DE TABLAS .....	14
INTRODUCCIÓN .....	15
JUSTIFICACIÓN.....	17
PROBLEMA .....	18
OBJETIVOS.....	19
OBJETIVO GENERAL.....	19
OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	19
PARTE I .....	20
MARCO TEÓRICO .....	21
CAPÍTULO 1 .....	21
EFICIENCIA ENERGÉTICA.....	21
1.1. Instalación eléctricamente eficiente.....	22
1.2. Principios de la eficiencia energética en el mercado mundial.....	23
1.3. La mejora de la eficiencia, factor clave para cumplir las metas energéticas .....	24
1.4. Situación actual del mundo frente al consumo energético.....	24
1.5. Perspectivas de la evolución mundial hasta 2030 en los ámbitos de la energía, la tecnología y la política climática .....	26
1.6. Sistema de Información de Eficiencia Energética y Energías Alternativas .....	28
1.7. Plan energético nacional .....	28
1.7.1. Objetivo del plan energético nacional .....	29
1.8. Promover la eficiencia energética en toda la cadena de demanda .....	29

CAPÍTULO 2 .....	30
NORMATIVAS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA .....	30
2.1. NORMA ISO 50001 .....	30
2.2. Organizaciones del plan energético nacional .....	31
2.2.1 UPME.....	31
2.2.2. CIURE.....	32
CAPÍTULO 3 .....	32
PROGRAMA DE EFICIENCIA ENERGÉTICA.....	32
3.1. Sector industrial.....	33
3.2. SISTEMA DE GESTIÓN INTEGRAL DE LA ENERGÍA (SGIE).....	33
3.2.1. Modelo de gestión integral de la energía (MGIE).....	33
3.2.2. Análisis de los modelos de gestión de energía en el mundo .....	34
3.2.3. Modelos de gestión de energía en Colombia.....	35
3.2.4. Modelo de gestión integral de la energía .....	36
3.2.5. Impactos y resultados de la instalación y operación del sgie en las empresas del sector productivo.....	37
CAPÍTULO 4 .....	39
¿CÓMO IMPLEMENTAR LA EFICIENCIA ENERGÉTICA? .....	39
4.1. La Medición .....	39
4.2. Definir la Estrategia .....	40
4.3. Automatización del Control.....	41
4.4. Monitoreo Permanente .....	41
4.5. Indicadores de eficiencia energética .....	42
4.5.1. Beneficios de los indicadores de eficiencia energética para las empresas.....	42
CAPÍTULO 5 .....	43
CONCEPTOS BÁSICOS ENERGÉTICOS .....	43
5.1. Potencia activa .....	43
5.2. Potencia reactiva .....	43
5.3. Potencia aparente .....	44
5.4. Desfase o $\cos \phi$ .....	44
5.5. Potencia contratada (kW) .....	44
5.6. Potencia demandada (kW) .....	44
5.7. Potencia eficiente (kW).....	45
5.8. Factor de potencia.....	45
5.9. Curva de demanda .....	45



5.9.1. Curva de demanda de energías.....	45
5.9.2. Curva de demanda de potencia .....	45
5.10. Armónicos y potencia de distorsión .....	46
5.10.1. Orden de un armónico (n) .....	47
5.10.2. Tasa de distorsión individual.....	47
5.10.3. Tasa de distorsión total.....	47
5.10.4. Verdadero valor eficaz de tensión y corriente .....	48
5.10.6. Potencia de distorsión.....	48
5.10.7. Factor de sobrecarga .....	49
5.11. Pérdidas .....	49
5.12. Tipos de pérdidas .....	49
5.12.1. Pérdida por efecto Joule o en el cobre.....	49
5.12.2. Pérdidas en el hierro o magnéticas.....	50
5.13. Reducción de pérdidas.....	50
CAPÍTULO 6 .....	50
TRATAMIENTO DE LA LECHE PARA CONSUMO DIRECTO.....	50
6.1. Enfriamiento .....	51
6.2. Higienización .....	52
6.3. Filtración.....	52
6.4. Clarificación o centrifugación.....	52
6.5. Bactofugación.....	52
6.6. Homogenización.....	53
6.7. Descremado .....	54
6.8. Tratamiento Térmico.....	54
7.9. Pasterización rápida o alta .....	55
PARTE II.....	59
METODOLOGÍA .....	59
CAPÍTULO 7 .....	60
ANÁLISIS Y DIAGNÓSTICO DEL CONSUMO ENERGÉTICO EN LA PLANTA DE FRESKALECHE S.A.S BUCARAMANGA.....	60
7.1. Proceso de fabricación de leche en la empresa Freskaleche S.A.S .....	60
7.2. Diagnóstico del consumo energético.....	61
7.2.1. Consumo de energía eléctrica .....	61
7.2.2. Generación de vapor.....	63
7.2.3. Consumo energético de las calderas de 100 y 200 BHP .....	64

7.2.4. Refrigeración.....	65
7.2.5. Generación de Aire comprimido.....	67
7.2.6. Evaluación del consumo de aire comprimido.....	67
7.2.7. Proyecto para la optimización del área de fermentación de Yogurt.....	69
7.2.8. Objetivo del proyecto de los tanques de Yogurt.....	70
7.2.9. Sistema automatizado para el control de los tanques.....	71
7.3. Software de supervisión y gestión energética Synergy.....	73
7.3.1. ¿Qué es SYNERGY?.....	74
7.3.2. Funciones.....	74
7.3.3. Niveles de acceso.....	75
7.3.4. Página inicial de Synergy.....	75
7.3.5. Redes/ canales de comunicación.....	76
7.3.6. Páginas gráficas.....	76
7.3.7. Archivos de historial (datalog).....	76
7.3.8. Diagramas de evolución.....	77
7.3.9. Alarmas.....	77
7.4.1. Ubicación equipos planta freskaleche bucaramanga.....	78
7.5. Arquitectura red de comunicación con el software SYNERGY.....	80
7.6. Especificaciones de equipos para la implementación del sistema.....	81
7.6.1. Multímetro digital DMG610.....	81
7.6.2. Multímetro digital DMG800.....	81
7.6.3. Convertidor 4 PX1-115.....	81
7.6.4. Expansión EXP1004.....	82
7.6.5. Transformador de corriente DM5T.....	82
7.7. Presupuesto para la implementación del sistema.....	83
MARCO LEGAL.....	85
IMPACTO AMBIENTAL.....	90
CONCLUSIONES.....	91
RECOMENDACIONES.....	92
REFERENCIAS.....	93
ANEXO A.....	95
ANEXO B.....	103
1 Introducción.....	103
2 Requisitos de hardware y software.....	103

3	Configuración.....	103
4	Password .....	104
5	Página Inicial.....	104
<p>La página principal es la que se muestra cuando se arranca el software. Las barras de menú y estado están disponibles desde cualquier parte del software. ....</p>		
6	Canal .....	104
6.1	Creación de Canal (  Canal→Nuevo).....	105
6.2	Visualización y modificación de canales (  Canal→Ver) .....	106
7	Dispositivo.....	106
7.1	Creación de un dispositivo (  Dispositivo→Nuevo).....	106
7.2	Visualización y modificación de dispositivos (  Dispositivo→Ver).....	107
8	Supervisión .....	108
9	Parámetros .....	108
10.	Comandos.....	109
11.	Eventos.....	110
12.	Alarma.....	110
13.	Registro (Registro de datos) .....	111
14	Utilidad.....	112
14.1	Usuario (  Utilidad→Usuario) .....	112
14.2	Actualizar controlador (  Utilidad→Actualizar controlador).....	112

## ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1. Diagrama para la instalación eléctrica eficiente.....</i>	<i>22</i>
<i>Figura 2. Emisiones de CO<sub>2</sub> por regiones en el mundo.....</i>	<i>26</i>
<i>Figura 3. Evolución de la demanda probable de energía mundial desagregada por Combustible.....</i>	<i>28</i>
<i>Figura 4. Modelo de gestión integral de la energía.....</i>	<i>38</i>
<i>Figura 5. Curva de demanda de energía.....</i>	<i>47</i>
<i>Figura 6. Curva de demanda de potencia, medida por un analizador de redes.....</i>	<i>48</i>
<i>Figura 7. Proceso de elaboración de la leche por etapas.....</i>	<i>53</i>
<i>Figura 8. Esquema de circulación en un intercambiador de calor de placas.....</i>	<i>59</i>
<i>Figura 9. Caldera pirotubular de 100 BHP y 200 BHP para la generación de vapor.....</i>	<i>67</i>
<i>Figura 10. Páginas gráficas del software SYNERGY.....</i>	<i>80</i>
<i>Figura 11. Ubicación equipos del proceso de producción.....</i>	<i>83</i>
<i>Figura 12. Arquitectura sistema de gestión energética.....</i>	<i>85</i>
<i>Figura 13. Flujos de caja originados en el proyecto de inversión.....</i>	<i>89</i>

## ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 1. Evolución histórica de la intensidad energética primaria en el mundo y su relación con el crecimiento de la energía y del PIB.....	25
Gráfica 2. Crecimiento del PIB USA y PIB en Europa.....	27
Gráfica 3. Consumo eléctrico por áreas en la planta Freskaleche Bucaramanga.....	65
Gráfica 4. Consumo energía eléctrica de los equipos en las áreas de servicios industriales y leches.....	66
Gráfica 5. Perfil de cargas para la refrigeración.....	70
Gráfica 6. Evaluación del consumo de aire comprimido.....	72

## ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1. Tiempo (en segundos) de muerte térmica de algunas bacterias patógenas.....</i>	<i>58</i>
<i>Tabla 2. Principales categorías de tratamiento de calor.....</i>	<i>60</i>
<i>Tabla 3. Consumo total de energía eléctrica medido por la empresa y por la entidad ESSA...64</i>	
<i>Tabla 4. Consumo mensual de energía eléctrica por áreas.....</i>	<i>65</i>
<i>Tabla 5. Monitoreo del consumo de Energéticos para Calderas de 100 y 200 BHP.....</i>	<i>67</i>
<i>Tabla 6. Costo de Energéticos para la Operación de una caldera de 100 BHP.....</i>	<i>68</i>
<i>Tabla 7. Costo de Energéticos para la Operación ideal de una caldera de 200 BHP.....</i>	<i>68</i>
<i>Tabla 8. Costo de Energéticos para la Operación real de la caldera de 200 BHP.....</i>	<i>68</i>
<i>Tabla 9. Cálculo del sistema de Refrigeración para la planta Freskaleche Bucaramanga en TR.....</i>	<i>69</i>
<i>Tabla 10. Costo de Energéticos para la Operación de bancos de hielo.....</i>	<i>70</i>
<i>Tabla 11. Potencia compresores.....</i>	<i>71</i>
<i>Tabla 12. Costo de Energéticos para la Operación de compresores.....</i>	<i>72</i>
<i>Tabla 13. Viscosidad tanques de Yogurt mes de julio del 2016.....</i>	<i>74</i>
<i>Tabla 14. Valor viscosidad en los tanque de Yogurt.....</i>	<i>77</i>
<i>Tabla 15. Comparación valor y consumo de energía eléctrica.....</i>	<i>78</i>
<i>Tabla 16. Descripción ubicación equipos en la planta Freskaleche Bucaramanga.....</i>	<i>83</i>
<i>Tabla 17. Presupuesto implementación sistema de gestión energética.....</i>	<i>88</i>
<i>Tabla 18. Proyección de beneficios y costos del sistema.....</i>	<i>88</i>

## INTRODUCCIÓN

La gestión energética, contempla no sólo el ahorro de energía sino también estrategias para la mejora de la eficiencia energética. Por ello, y para mejorar la competitividad de la economía colombiana, se deben llevar a cabo las estrategias adecuadas y proporcionar las herramientas necesarias para introducir mejoras significativas en los procesos productivos y ahorro de energía dentro de la empresa. Actualmente en Colombia, se presentan diferentes fenómenos naturales los cuales han afectado el área de la energía eléctrica, debido a esto las empresas se han visto en la obligación de promover hábitos para generar el ahorro de energía, considerando que aplicar el concepto de eficiencia energética es el modo más rápido y económico para reducir el consumo energético. Para llevar un control sobre el buen uso de la energía eléctrica en el país, se ha ido incorporando un programa de uso racional y eficiente de energía y fuentes no convencionales en Colombia, el PROURE. Este nuevo programa se ha ido desarrollando a partir de la Resolución 180919 de 2010 adopta el Plan de Acción Indicativo 2010-2015, que tiene como objetivo consolidar una cultura para el manejo sostenible y servicios energéticos eficientes en cada uno de los sectores del país.

El sector industrial posee un porcentaje significativo dentro del consumo energético total de nuestro país. En la industria, la fabricación de cualquier tipo de producto o proceso industrial requiere de los múltiples usos de fuentes de energía para producir calor, frío, movimiento de maquinaria, almacenaje de materias primas y producto acabado. Todos estos procesos requieren de un consumo energético elevado y el mal uso de la energía eléctrica representa pérdidas y gastos adicionales para la empresa, por eso se hace necesario llevar un control del mismo, haciendo un uso óptimo de los recursos en función de la procesos productivos de la compañía.

Para llevar a cabo el control del consumo de energía eléctrica, se implementan herramientas en donde se puedan obtener todos los datos del consumo energético de la planta, de esta forma se puede llevar un historial completo para así analizar de una forma más clara el consumo mensual de cada una de las áreas de la empresa y evidenciar que se puede obtener

ahorros significativos tomando la demanda eléctrica total vs el volumen procesado de producto.

Existen diversas compañías las cuales ofrecen software de gestión energética, cada una maneja sus propios equipos para la instalación completa del sistema, así como el estándar de comunicaciones, ya sea RS485, Ethernet o modem. Se pueden analizar diferentes métodos para lograr un análisis adecuado al comportamiento del consumo energético, es importante hacer un estudio previo de los requerimientos para implementar el sistema que se ajuste y sea más óptimo para la empresa.

De acuerdo a las exigencias presentadas en la empresa de Freskaleche S.A.S, se ha hecho un estudio de diferentes programas para implementar en la planta, dentro de estos se encuentra Synergy. Este es un software de supervisión y gestión energética basada en la Web, el cual permite monitorear y controlar la instalación eléctrica de la planta. Dentro de sus funciones, se puede consultar valores instantáneos, es decir se hace un monitoreo en tiempo real, registro de datos en archivos de historial, análisis de la calidad de la energía. Este software permite verificar todos los datos provenientes de los productos LOVATO electric.



## JUSTIFICACIÓN

Eficiencia energética significa no solo el buen uso de la corriente eléctrica, sino de cubrir cada una de aquellas energías que intervienen en los procesos productivos, mejorando la productividad y competitividad. Tiene un impacto económico con el cual se logra ahorrar energía sin sacrificar la producción disminuyendo su costo, por esta razón es importante que las empresas implementen sistemas para la gestión energética con vistas a nuevas tecnologías.

La implementación de un sistema de gestión de energía según UNE-EN ISO 50001 requiere definir y hacer seguimiento de aquellos indicadores de desempeño energético que permita identificar el consumo de energía en una organización. Este proyecto propuso un sistema el cual consiste en la generación de reportes de eficiencia y monitoreo de los parámetros involucrados en la elaboración de producto con el que se logra un registro y control detallado del gasto energético de cada uno de los equipos en planta. Poner en funcionamiento este sistema da como resultado un crecimiento notable en la empresa, conociendo los costos de transformación se logran definir estrategias para lograr una mayor competitividad en el mercado.

El proyecto está comprendido dentro del perfil del Ingeniero Electrónico con conocimientos adquiridos en la parte de diseño, la cual consiste en la utilización de los recursos profesionales, donde se logra argumentar y justificar la creación y/o implementación de un nuevo equipo, sistema o parte de ellos, esto permitirá llevar a cabo el Perfil Profesional, y plantear un sistema óptimo que satisfaga las necesidades de la empresa para obtener buenos resultados.

Actualmente el Gobierno Nacional reconoce la importancia del tema e impulsa el desarrollo de la Eficiencia Energética en Colombia, y busca la implementación de una política para los próximos años.

## **PROBLEMA**

La energía es un elemento importante dentro de la economía de un país, por esta razón al presentarse un crecimiento productivo, es inevitable que haya un aumento del consumo energético. Actualmente en el sector industrial del país se utiliza eficientemente un valor aproximado del 26% de la energía, lo que quiere decir que se está empleando un porcentaje que no es necesaria debido a la falta de control y planes para optimizar el consumo energético. Por esta razón el fuerte impulso a la implantación de la norma UNE-EN ISO 50001 la cual se rige en todos los países, al igual que las normas y planes energéticos que se llevan en Colombia permiten una mejora continua para las organizaciones, fomentando el ahorro de energía y mejorando el desempeño energético.

En la empresa de Freskaleche S.A.S Bucaramanga para saber el consumo de cada máquina se realiza un procedimiento de forma manual, en donde un operario debe medir los parámetros eléctricos de las máquinas y el tiempo de funcionamiento; estos datos no son muy exactos debido a que no siempre se tiene la información acertada de las horas de trabajo y también depende del momento en que se tomen estas medidas. Este método es poco factible para hacer un análisis del consumo energético y estado de cada máquina, es importante que la empresa pueda adquirir información en tiempo real para realizar un análisis, control de todos los consumos y toma de decisiones con las mejores herramientas.

## **OBJETIVOS**

### **OBJETIVO GENERAL**

Desarrollar una propuesta de solución para mejorar la eficiencia energética que sea aplicable en la empresa Freskaleche S.A.S Bucaramanga.

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

1. Hacer un diagnóstico del consumo energético por áreas en la planta de Freskaleche S.A.S Bucaramanga.
2. Definir un método para la medición, adquisición de datos, y monitorización de los parámetros más relevantes con respecto al consumo energético aplicando nuevas tecnologías.
3. Diseñar la arquitectura del sistema de supervisión y gestión energética.
4. Determinar el presupuesto para la implementación del sistema propuesto.

# PARTE I

# MARCO TEÓRICO

En este capítulo se describe el fundamento teórico que corresponde a eficiencia energética.

## CAPÍTULO 1

### EFICIENCIA ENERGÉTICA

La eficiencia energética consiste en reducir la cantidad de energía requerida para proporcionar los mismos productos y servicios, entendida como la reducción del consumo para el mismo servicio, bien sea por avances tecnológicos o mejoras en la gestión, buscando la generación de energías renovables y protegiendo el medio ambiente. La consecuencia de la eficiencia energética es el ahorro energético, que se traduce en una mayor eficiencia y menor consumo de energía. [1]

De la misma forma se puede entender el ahorro de energía como la disminución del consumo de energía primaria de un centro de consumo de energía por la implementación de medidas de índole técnica o no técnica, manteniéndose en todo caso el cumplimiento de los objetivos previstos, y sin disminución de la calidad, productividad, seguridad física de las personas y patrimonial de los bienes y sin producir mayor impacto ambiental que la situación primitiva. [4]

Es decir, el uso eficiente de la energía es evitar el consumo de aquella energía que no aporta mejor confort o no contribuye a lograr una mayor producción. Por lo tanto el uso eficiente de la energía no reduce la producción ni afecta el confort, siendo esa la principal diferencia entre la eficiencia energética y el ahorro de energía. [2]

La eficiencia energética es el uso eficiente de la energía, de esta manera optimizar los procesos productivos y el empleo de la energía utilizando lo mismo o menos para producir más bienes y servicios. Dicho de otra manera, producir más con menos energía. No se trata de ahorrar luz, sino de iluminar mejor consumiendo menos electricidad, por ejemplo.

Los individuos y las organizaciones que son consumidores directos de la energía pueden reducir el consumo energético para disminuir costos y promover sostenibilidad económica, política y ambiental. Los usuarios industriales y comerciales pueden desear aumentar eficacia y maximizar así su beneficio. El consumo de la energía está directamente relacionado con la situación económica y los ciclos económicos, por lo que es necesaria una aproximación global que permita el diseño de políticas de eficiencia energética. A partir de 2008 la ralentización del crecimiento económico significó una reducción del consumo a nivel global que tuvo su efecto sobre la emisión de gases de efecto invernadero (GEI). Entre las preocupaciones actuales está el ahorro de energía y el efecto medioambiental de la generación de energía eléctrica, buscando la generación a partir de energías renovables y una mayor eficiencia en la producción y el consumo. [4]

Además, una instalación eléctricamente eficiente permite su optimización técnica y económica. Es decir, la reducción de sus costes técnicos y económicos de explotación. En definitiva, un estudio de ahorro y eficiencia energética comporta tres puntos básicos:

- Ayudar a la sostenibilidad del sistema y medio ambiente mediante la reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> al reducir la demanda de energía
- Mejorar la gestión técnica de las instalaciones aumentando su rendimiento y evitando paradas de procesos y averías
- Reducción, tanto del coste económico de la energía como del de explotación de las instalaciones

### **1.1. Instalación eléctricamente eficiente**

Desde un punto de vista técnico, para la realización de una instalación eléctrica eficiente se plantean cuatro puntos básicos:

- Gestión y optimización de la contratación
- Gestión interna de la energía mediante sistemas de medida y supervisión
- Gestión de la demanda

- Mejoras de la productividad mediante el control y eliminación de perturbaciones. [5]

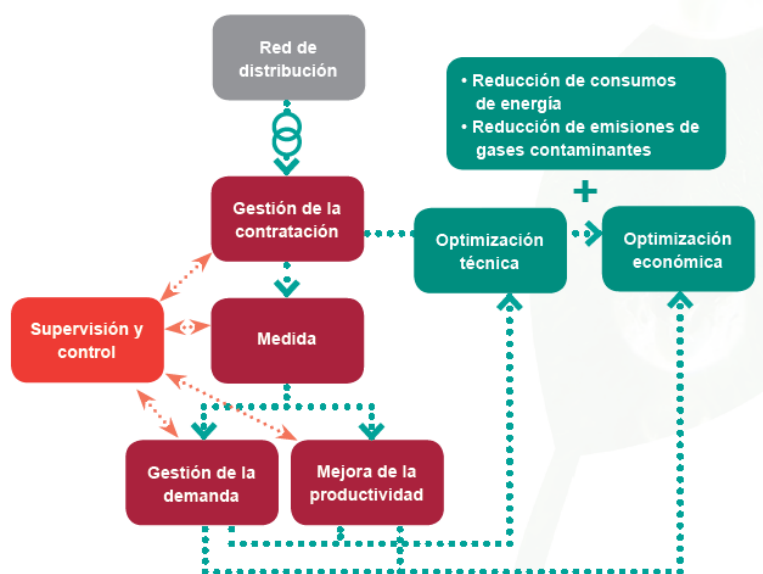


Figura 1. Diagrama para la instalación eléctrica eficiente.

El reto de la industria a mediano plazo es la implementación de una Estrategia de Eficiencia Energética basada en Confiabilidad Operacional para ir evolucionando junto con las necesidades de la gestión de activos y las tendencias del mercado de pequeñas y grandes compañías. Con esto las empresas percibirán cada vez más la necesidad de obtener el mayor retorno posible de la inversión empleando tecnología para lograr el máximo rendimiento con el mínimo costo de producción y con sostenibilidad (seguridad medioambiental y del personal). Los factores claves derivados del diseño, operaciones y mantenimiento son los motores de una organización para lograr la optimización del rendimiento a través de la gestión de la Confiabilidad Operacional y soporte de la tecnología de la información. [6]

## 1.2. Principios de la eficiencia energética en el mercado mundial

La alternativa de la eficiencia energética tiene su origen en la década de los 70, durante la crisis petrolera, cuando los países importadores de petróleo y sus derivados se vieron en la necesidad de disminuir el consumo de los combustibles. Adicionalmente, en 1997 con el Protocolo de Kioto sobre el Cambio Climático se hace un mayor énfasis en lograr la reducción de las emisiones de los seis (6) gases de efecto invernadero, a nivel mundial: el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), gas metano (CH<sub>4</sub>), óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), Hidrofluorocarbonos (HFC), Perfluorocarbonos (PFC) y Hexafluoruro de Azufre (SF<sub>6</sub>). Adicional a la reducción de estas emisiones la eficiencia energética introduce otros beneficios como postergar las inversiones por la ampliación del sistema eléctrico, pérdidas evitadas e incluso mejorar la seguridad del suministro eléctrico. Esfuerzos importantes se han realizado en este sector en torno al tema. En general estos esfuerzos se han dirigido a:

- Incremento del uso de tecnologías consideradas más eficientes en consumidores finales.
- La educación de los consumidores finales sobre la eficiencia energética, el ahorro de energía y los beneficios derivados en relación al medio ambiente.
- La implementación de medidas fiscales para promover el uso de equipos de consumo eficiente y de normativas, que establecen las condiciones que deben cumplir el diseño de las nuevas edificaciones para estar en armonía con el medio ambiente y con un menor y más eficiente consumo de energía.
- La promoción de la generación distribuida y local ubicada en áreas cercanas a los consumidores finales, disminuyendo las pérdidas debidas al transporte de energía. [7]

La industria y el sector terciario afrontan hoy día un reto energético. Reciben una presión constante de los gobiernos, consumidores, legisladores y accionistas para que recurran a fuentes de energía seguras y reduzcan el consumo energético y las emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). Todas estas presiones están enfocadas a luchar contra la incesante subida de precios en materia energética y el gran impacto del cambio climático sobre el medio ambiente. La consecuencia no podía ser otra: la industria y sus consumidores demandar una eficiencia energética aún mayor.

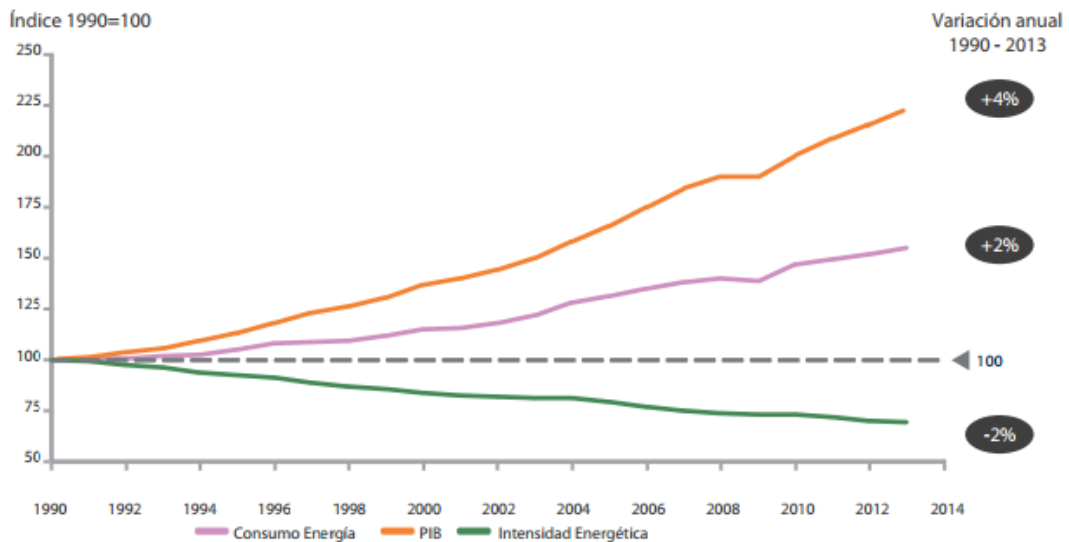
### **1.3. La mejora de la eficiencia, factor clave para cumplir las metas energéticas**

La demanda energética mundial crece a un ritmo constante, hasta el punto de casi haber doblado ya la demanda de hace tres décadas. Y hacia 2030 es posible que se haya incrementado otro 50%, según informaciones de la Agencia internacional de la Energía (AIE). Esta organización estima que el consumo global de electricidad crecerá casi dos veces más rápido que la demanda energética total y que alcanzará el doble para 2030. [11]

### **1.4. Situación actual del mundo frente al consumo energético.**

La intensidad energética hace referencia a la cantidad de energía consumida por unidad de valor económico generado; a estructura económica constante y precios constantes ofrece una representación de la eficiencia de una economía. Mientras el PIB mundial crece, en los últimos años, a un ritmo en torno al 3%, la demanda de energía primaria lo hace al 2%. Esto hace que la intensidad energética mantenga una tendencia decreciente, derivada de una menor necesidad de incrementar los recursos energéticos para mantener un mismo nivel de crecimiento de la economía. En la figura 5, que muestra la evolución de estas variables a nivel mundial puede observarse como la intensidad energética ha seguido una tendencia decreciente. Así, desde 1990, se ha reducido cerca de un 30%, mientras que el PIB se ha duplicado y la demanda de energía se incrementó en un 30%.





Gráfica 1. Evolución histórica de la intensidad energética primaria en el mundo y su relación con el crecimiento de la energía y del PIB (índice 1990=100).

Las emisiones mundiales de Gases de Efecto Invernadero (GEI) debidas a la producción y uso de la energía han aumentado paralelamente al consumo de ésta a una tasa media de crecimiento anual, en los últimos años, próxima al 2%. La figura 6 muestra la evolución por región y agregada de las emisiones de gases de efecto invernadero desde el año 2000. Se podría pensar que el aumento de penetración de renovables en el mix de energía primaria derivaría en una reducción global de las emisiones de GEI a nivel mundial. Sin embargo, el crecimiento de las renovables no ha compensado el crecimiento del consumo, y éste se ha producido en base a las energías fósiles, principalmente el carbón, cuyo factor de emisión es el más alto de las fuentes de energía fósiles, por tanto, las emisiones de GEI han continuado aumentando. [5]

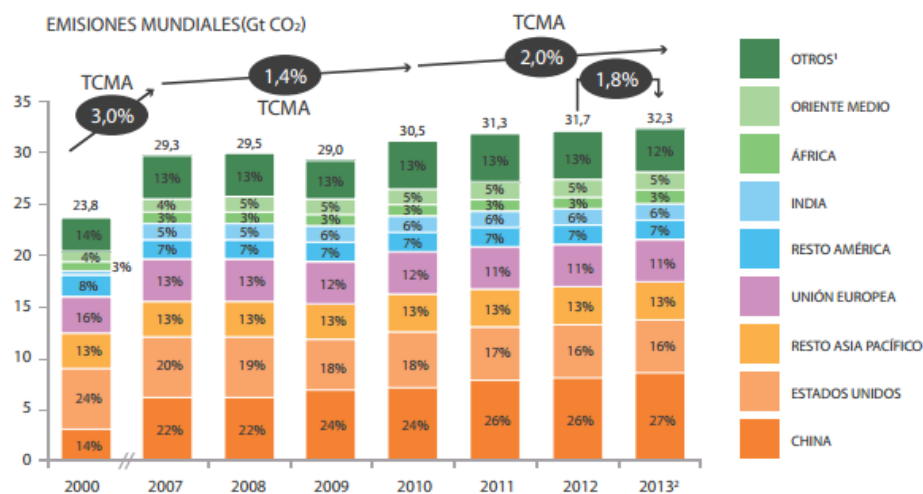


Figura 2. Emisiones de CO<sub>2</sub> por regiones en el mundo.

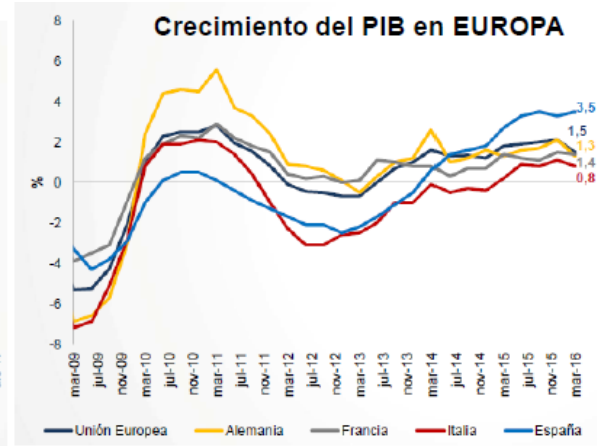
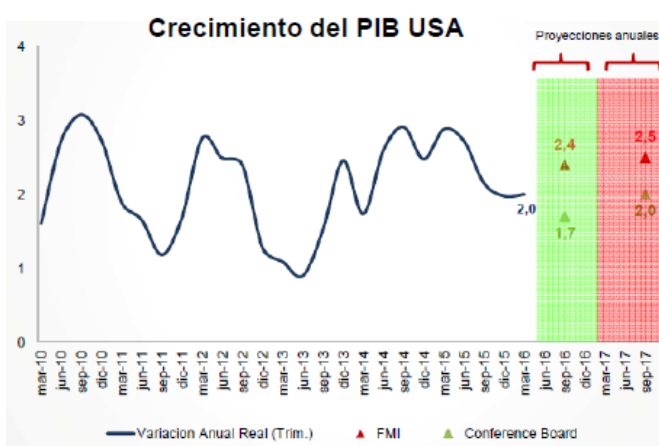
### 1.5. Perspectivas de la evolución mundial hasta 2030 en los ámbitos de la energía, la tecnología y la política climática

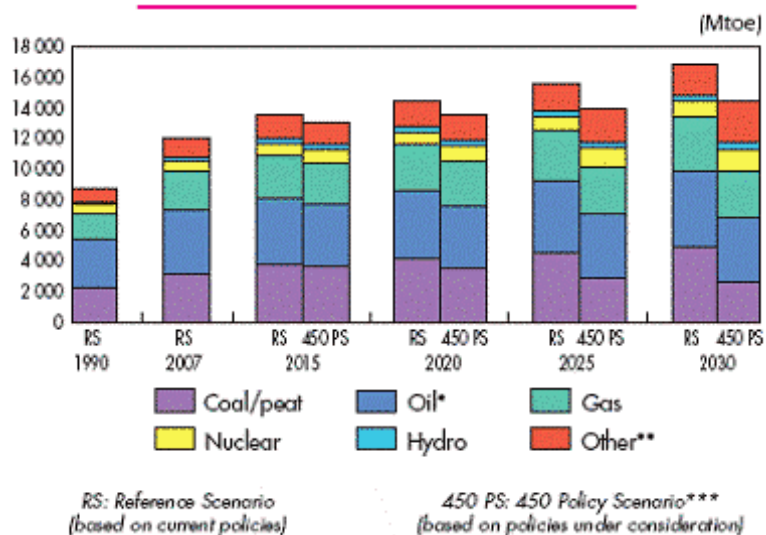
El estudio sobre las perspectivas de la evolución mundial en los ámbitos de la energía, la tecnología y la política climática (WETO) delinea una situación de referencia que ofrece una descripción de las características que tendrá el futuro sistema energético mundial, de mantenerse las tendencias en curso y los cambios estructurales de la economía planetaria (en un contexto de evolución empresarial y tecnológica “sin sobresaltos”). Los resultados del estudio deben contemplarse como un mecanismo de evaluación comparativa aplicable a las opciones existentes, particularmente en materia de recursos, tecnologías y política ambiental. Uno de los elementos clave del establecimiento de las futuras prioridades de investigación y desarrollo tecnológico en los ámbitos de la energía y el medio ambiente reside en la comprensión completa de los problemas a largo plazo.

La situación de referencia representa un comportamiento de línea de base que puede mejorarse si se aplican las políticas apropiadas. Según las proyecciones efectuadas, durante el período 2000-2030 la demanda mundial de energía aumentará a un ritmo aproximado del 1,8% anual. El impacto del crecimiento económico y del crecimiento demográfico (que se situarán, respectivamente, en una media anual del 3,1% y el 1%) se verá equilibrado por una disminución anual de la intensidad energética del 1,2%, como consecuencia del efecto combinado de los cambios estructurales en la economía, los avances tecnológicos y el incremento del coste de la energía.

Los países industrializados experimentarán una ralentización del crecimiento de su demanda energética, que pasará a situarse a un nivel cercano al 0,4%/año en la UE. A la inversa, la demanda energética de los países en vías de desarrollo crecerá rápidamente. Se espera que en 2030 más de la mitad de la demanda mundial de energía se origine en países en vías de desarrollo (hoy en día dicha demanda representa el 40%).

La demanda final de energía crecerá a un ritmo similar al del incremento del consumo interior bruto. En la medida en que se prevé un crecimiento similar para todos los sectores, se espera que su participación en la demanda final seguirá siendo constante, por lo general, a nivel





mundial (cerca del 35% corresponderá a la industria, 25% al transporte y 40% al consumo residencial y al sector terciario). Los modelos de demanda de energía por sectores varían en función de las regiones. En los países desarrollados la demanda del sector de los servicios registra el crecimiento más rápido, mientras que en los países en vías de desarrollo todos los sectores experimentan un crecimiento anual sostenido de entre 2% y 3%. [8]

*Gráfica 2. Crecimiento del PIB USA y PIB en Europa.*

El crecimiento económico de Estados Unidos sigue siendo positivo pero pierde fuerza. Europa se recupera a ritmo moderado, sin embargo se percibe fragilidad y debilidad.

En la Figura 3 se muestran las proyecciones de consumo evaluadas también por la Agencia Internacional de Energía. Si se cumplen estas predicciones, el consumo mundial para el año 2025 superará en un 30 % al actual. La proyección demuestra que el ritmo de consumo no cesará, sino que se incrementará. Pero también revela que el consumo de los recursos fósiles continuará siendo la principal fuente de energía primaria.

*Figura 3. Evolución de la demanda probable de energía mundial desagregada por combustible.*

Claro que las hipótesis en las que se basan las proyecciones asumen dos situaciones. La primera, que se denota por "RS", representa los valores de consumo que se alcanzarían de seguir la tendencia actual, y la otra, denotada por "450 PS", representa la hipotética situación que se alcanzaría si se cumplen políticas ambientales tales como las asumidas por el Protocolo de Kyoto o las incluso más recientes, como las analizadas en la Cumbre de Copenhague o incluso la meta 20/20 propuesta por la Unión Europea, que consiste en alcanzar, para el año 2020, que el 20 % de la generación eléctrica de cada uno de los países miembros se origine en fuentes primarias renovables. Debe advertirse que aun en el caso

“450 PS”, que es el más amigable con el ambiente, el consumo de recursos fósiles continuará siendo muy importante.

Sin embargo, la proyección “450 PS” parece demasiado optimista en vista de que algunas de las medidas propuestas en el escenario internacional para reducir las emisiones de gases efecto invernadero aún son materia de debate. [10]

### **1.6. Sistema de Información de Eficiencia Energética y Energías Alternativas**

El sistema de Información de Eficiencia Energética y Energías Alternativas SISEA, como parte integral del Sistema de Información del Sector Minero Energético Colombiano SIMEC, ha sido desonollado por la UPME con el objeto de poner a disposición a los agentes del sector tanto públicas como privados, al sector académico y en general a la ciudadanía colombiana, información actualizada y estudios desarrollados por la UPME en los temas de usos Racional de la Energía y Fuentes no convencionales de Energía, para que sea usada en la construcción de la política energética, en el desarrollo de actividades de Investigación Científica y Desarrollo Tecnológico y para la toma de decisiones en favor del desarrollo sostenible de esta temático en Colombia. [12]

### **1.7. Plan energético nacional**

El plan energético nacional presenta diferentes propuestas para elaborar acciones de política energética de largo plazo, acordes con el panorama energético internacional, las expectativas de crecimiento y desarrollo económico, y la situación energética nacional actual. El objetivo general de una política energética debería ser lograr el abastecimiento interno y externo de energía de manera eficiente, con el mínimo impacto ambiental y generando valor para las regiones y poblaciones. Se busca entonces, mejorar tanto la seguridad como la equidad energética, incorporando criterios de sostenibilidad ambiental. Este objetivo coincide con las dimensiones propuestas por el World Energy Council (WEC) en su índice de sostenibilidad energética.

Plan Energético Nacional o Ideario Energético 2050, se plantean los lineamientos con los que se busca alcanzar el objetivo principal propuesto, para lo cual se han definido cinco objetivos específicos focalizados a la oferta energética, la demanda, la universalización, las interconexiones internacionales y la generación de valor alrededor del sector energético. De igual forma se formulan dos objetivos transversales, necesarios para contar con la información, conocimiento y recurso humano, así como para desarrollar y armonizar el marco institucional y de esta manera facilitar la implementación de la política energética nacional.

Estos objetivos se ilustran en la Gráfica 4-1, en su versión ampliada para los sectores minero y energético.

### **1.7.1. Objetivo del plan energético nacional**

Plantea los objetivos propuestos para una política energética al 2050, con el propósito de lograr el abastecimiento interno y externo de energía de manera eficiente, con el mínimo impacto ambiental y generando valor para las regiones y poblaciones. Se proponen objetivos focalizados a contar con una oferta energética diversa y confiable, y con una demanda con precios eficientes y metas de eficiencia energética, con una prestación universal de servicios, una mayor integración energética regional y mundial y con opciones de generación de valor alrededor del sector energético.

### **1.8. Promover la eficiencia energética en toda la cadena de demanda**

La eficiencia energética es considerada como un mecanismo para asegurar el abastecimiento energético, puesto que se sustenta en la adopción de nuevas tecnologías y buenos hábitos de consumo, con el fin de optimizar el manejo y uso de los recursos energéticos disponibles. La eficiencia energética es vehículo para aumentar la productividad y competitividad nacional y es una de las principales estrategias de mitigación de impactos ambientales en la cadena energética.

Teniendo en cuenta que en 2012 la proporción de energía útil y pérdidas en la matriz energética nacional fue de 40% y 60% respectivamente, con unos costos estimados de energía desperdiciada cercanos a los 5.200 millones de dólares al año, es claro que el potencial teórico de Colombia para mejorar la eficiencia energética es significativo.

Mejorar la eficiencia en el consumo energético es de suma importancia para el país, puesto que se espera que la demanda interna de energía eléctrica crezca sostenidamente durante los próximos años. Según las proyecciones de la UPME se podría esperar un aumento cercano al 31% entre 2015 y 2028. Adicionalmente es una alternativa complementaria a la diversificación de la oferta, para mejorar la seguridad del suministro, manteniendo constante o incluso reduciendo el nivel de emisiones de gases de efecto invernadero.

En términos institucionales y tras la evaluación y selección del esquema óptimo que permita articular los esfuerzos en materia de eficiencia energética y lograr una efectiva implementación de la política, se recomendó la conformación de una asociación público privada. Esta asociación estaría encargada de promover y desarrollar los proyectos en los

sectores industrial, comercial y residencial y de brindar mayor apoyo a la política pública en el sector transporte. Lo anterior es importante para respaldar y legitimar los proyectos que se deriven de la asociación, puesto que el éxito de éstos requiere una buena articulación entre la política pública con las posibilidades e intereses de los sectores de consumo final.

El rol que jugaría esta asociación sería la de un “gestor” especializado, capaz de integrar y bajar las políticas y generar los mecanismos para materializar proyectos con resultados concretos que tengan un efecto replicador. En este sentido, como un primer paso para la conformación de esta alianza, el MME, la UPME y la ANDI han avanzado en la identificación, promoción y apoyo a proyectos con potenciales reales de eficiencia energética en algunas de sus empresas agremiadas. En el corto y mediano plazo se espera hacer lo propio con otros sectores. [13]

## **CAPÍTULO 2**

### **NORMATIVAS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA**

#### **2.1. NORMA ISO 50001**

ISO 50001:2011, Sistemas de gestión de la energía, es una Norma Internacional voluntaria desarrollada por ISO (Organización Internacional de Normalización). ISO 50001 brinda a las organizaciones los requisitos para los sistemas de gestión de energía (SGEn). Proporciona beneficios para las organizaciones grandes y pequeñas, en los sectores público y privado, en la manufactura y los servicios, en todas las regiones del mundo. Establece un marco para las plantas industriales, instalaciones comerciales, institucionales y gubernamentales, y organizaciones enteras para gestionar la energía. Se estima que la norma, dirigida a una amplia aplicabilidad a través de los sectores económicos nacionales, podría influir hasta en un 60% del consumo de energía del mundo.

#### **ISO 50001 ¿Qué hará?**

ISO 50001 proporcionará a las organizaciones del sector público y privado estrategias de gestión para aumentar la eficiencia energética, reducir costos y mejorar la eficiencia energética. La norma tiene como finalidad proporcionar a las organizaciones un reconocido marco de trabajo para la integración de la eficiencia energética en sus prácticas de gestión.

Las organizaciones multinacionales tendrán acceso a una norma única y armonizada para su aplicación en toda la organización con una metodología lógica y coherente para la identificación e implementación de mejoras. La norma tiene por objeto cumplir lo siguiente:

- Ayudar a las organizaciones a aprovechar mejor sus actuales activos de consumo de energía.
- Crear transparencia y facilitar la comunicación sobre la gestión de los recursos energéticos.
- Promover las mejores prácticas de gestión de la energía y reforzar las buenas conductas de gestión de la energía.
- Ayudar a las instalaciones en la evaluación y dar prioridad a la aplicación de nuevas tecnologías de eficiencia energética.
- Facilitar la mejora de gestión de la energía para los proyectos de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero.
- Permitir la integración con otros sistemas de gestión organizacional, como ser el ambiental, y de salud y seguridad.
- Proporcionar un marco para promover la eficiencia energética a lo largo de la cadena de suministro.

[15]

## **2.2. Organizaciones del plan energético nacional**

### **2.2.1 UPME**

La Unidad de Planificación Minero Energética (UPME) de Colombia es una unidad administrativa especial de carácter técnico, responsable del desarrollo sostenible de los sectores de minería y energía, incluidos los hidrocarburos. Es parte del Ministerio de Minas y Energía que tiene como objetivo la planeación integral, indicativa, permanente y coordinada, con las entidades públicas y privadas del sector minero energético, el desarrollo y aprovechamiento de los recursos energéticos y mineros, la producción y divulgación de la información minero energética requerida.

La UPME, encargada de la secretaría técnica, busca vincular como miembro permanente al Ministerio de Transporte para implementar los proyectos identificados en dicho sector, los cuales tienen un gran potencial en términos de eficiencia energética. Dada la importancia de

este sector en la demanda nacional (46,8%), el éxito en ellos será un avance significativo para el país. [16]

### **2.2.2. CIURE**

Comisión Intersectorial para el Uso Racional de Energía y Fuentes no Convencionales de Energía (CIURE), creada a través del Decreto 3683 de 2003. Esta Comisión tiene por objeto asesorar y apoyar al Ministro de Minas y Energía en la coordinación de políticas sobre uso racional y eficiente de la energía y demás formas de energía no convencionales. Inicialmente la comisión fue integrada por el Ministerio de Minas y Energía y los Ministerios de Ambiente, Comercio Industria y Turismo, la CREG y COLCIENCIAS. Más adelante se sumaron el DNP y el IPSE. [17]

## **CAPÍTULO 3**

### **PROGRAMA DE EFICIENCIA ENERGÉTICA**

En los 70's se desarrolló una visión tecnológica, destinada al Uso Racional de la Energía (URE), el URE consiste en utilizar tecnologías y/o prácticas más eficientes en el uso de la energía que se traduzcan en un menor consumo energético.

En los 90's se amplía el concepto de URE incorporándole una visión económica, afianzándose el concepto de Uso Eficiente de la Energía. Una mejora en eficiencia se logra cuando se obtiene de forma costo – efectiva el mismo producto o servicio utilizando una menor cantidad de energía. [2]

La ley URE 697 artículo 5, crea el Programa de Uso Racional y eficiente de la energía y demás formas de energía no convencionales "PROURE", cuyo objeto es aplicar gradualmente programas para que toda la cadena energética, esté cumpliendo permanentemente con los niveles mínimos de eficiencia energética y sin perjuicio de lo dispuesto en la normatividad vigente sobre medio ambiente y los recursos naturales renovables. [18]

En el Plan Indicativo 2010-2015 PROURE, se identificó un potencial de ahorro en el consumo de electricidad de 20,2% a nivel nacional. En dicho documento se establecieron como metas una reducción del 14,75% en el consumo de energía eléctrica y de 2,10% en otros energéticos para el año 2015. Estas metas fueron repartidas según las posibles fuentes de ahorro energético en los diferentes sectores de la demanda.



### **3.1. Sector industrial**

Para final de 2013 el sector industrial representó el 23.7% de la demanda final de energía. El consumo de este sector se caracteriza por una alta utilización de energía térmica, con participaciones del 35% y 28% del carbón y el gas natural respectivamente. Las mayores ineficiencias en la industria están asociadas a la obsolescencia tecnológica de los equipos térmicos y eléctricos (principalmente calderas y motores de baja eficiencia), a la prevalencia del uso de calor indirecto en los procesos y a la falta de implementación de buenas prácticas operacionales.

En consecuencia, la UPME considera que las estrategias de eficiencia energética en la industria deben orientarse, de un lado, a la puesta en marcha de buenas prácticas operacionales, con lo que se estima una reducción en el consumo de energía de entre 8 y 15% y de otro lado, a la reconversión tecnológica de los equipos, con la que se podría esperar una reducción en promedio de 25%.

En el Plan de Acción Indicativo 2010-2015 del PROURE, para el sector industrial se estableció una meta de reducción de demanda de 3,43% en energía eléctrica y de 0.25% en otros energéticos. Los subprogramas concebidos para lograr las metas de ahorro en el sector industrial están encaminados a promover, entre otros, proyectos que busquen: i) optimizar el uso de la energía eléctrica para fuerza motriz, ii) optimizar el uso de calderas, iii) optimizar los procesos de combustión, iv) implementar una gestión integral del uso de la energía con énfasis en tecnologías limpias y finalmente, v) la cogeneración y autogeneración.

En cuanto a la estrategia financiera y de impulso al mercado, uno de los instrumentos que ha contribuido a tomar decisiones en inversión en sistemas y equipos eficientes en la industria, lo constituye el acceso a beneficios tributarios (exclusión de IVA y deducción de renta líquida), reglamentado a través de las Resoluciones 186 del MME y MADS y 563 de la UPME, ambas en el 2012, con el objeto de reducir el costo de capital necesario para llevar a cabo la reconversión tecnológica. [20]

### **3.2. SISTEMA DE GESTIÓN INTEGRAL DE LA ENERGÍA (SGIE)**

#### **3.2.1. Modelo de gestión integral de la energía (MGIE)**

En forma sucinta puede decirse que el MGIE es un conjunto de procedimientos y actividades, que están conceptuados para que se integren al modelo de gestión organizacional de la

empresa, y que sirven de guía para la implementación y operación del Sistema de Gestión Integral de la Energía (SGIE).

### **3.2.2. Análisis de los modelos de gestión de energía en el mundo**

Un amplio estudio de los modelos de gestión de energía usados en el mundo, mostró que estos consideran necesario desarrollar una cultura organizacional para el uso racional y eficiente de la energía, dirigida en términos estratégicos a lograr la sostenibilidad energética y ambiental de los procesos productivos, y en términos tácticos a incrementar el nivel de competitividad empresarial. En general la gestión energética está desarticulada de los marcos de los sistemas ambientales y de innovación tecnológica, y son poco compatibles con los sistemas de gestión de la producción. Los estudios realizados mostraron que los modelos de gestión presentan generalmente los siguientes aspectos comunes:

- Tienen como objetivos inmediatos: reducir costos e impacto ambiental y elevar la competitividad. - Están basados en el modelo general de mejora continua: Ciclo PHVA.
- El liderazgo de la implementación y aplicación del modelo está en la gerencia. - Existe una entidad colectiva que dirige y evalúa la implementación y operación del modelo.
- Existe un representante de gerencia que organiza y controla las actividades del modelo en la empresa.
- Utilizan la figura de equipos temporales para implementar programas, tareas o medidas de eficiencia energética.
- Incluyen la actividad de monitoreo y control de indicadores a nivel de procesos y empresa.
- Incluyen la elaboración de políticas, objetivos, metas y responsabilidades. Sistema de Gestión Integral de la Energía
- Incluyen el diagnóstico, elaboración de un plan, evaluación económica de las tareas del plan, ejecución, verificación y seguimiento.
- Indican la necesidad de capacitación y/o entrenamiento de recursos humanos. - Incluyen la necesidad de sistemas de información y divulgación de la gestión energética.
- Enfocan su gestión en cambios organizacionales, preparación de los recursos humanos, cambios tecnológicos, mantenimiento de equipos y cambios de los procedimientos operacionales y de gestión. Lo anterior permite concluir que la importancia de la cultura

organizacional sobre el uso eficiente de la energía está reconocido internacionalmente en los modelos de gestión.

El estudio mencionado, también permitió conocer que existen aspectos diferenciadores en los modelos de gestión energética. Puede afirmarse que estos aspectos constituyen una cultura emergente en los modelos de gestión energética, y por lo tanto aun no generalizada en los mismos, en el campo de la gestión. Los aspectos diferenciadores son:

- Consideran el impacto de la gestión de la producción y el mantenimiento sobre la eficiencia energética.
- Involucran en la gestión energética actividades específicas de diferentes áreas de la gestión organizacional: contabilidad, finanzas, compras, ventas, operación, calidad, seguridad operacional, planeación de la producción, innovación y gestión tecnológica.
- Indican la necesidad de alineación de la dirección, equipos de mejora, empleados, operadores, en los objetivos a lograr y las medidas a implementar en la gestión energética.
- Plantean el uso del monitoreo “en línea”, no solo para el control de los consumos e indicadores energéticos, sino también para el diagnóstico operacional de equipos, incremento de productividad y la calidad del producto.
- Indican la conveniencia de establecer a nivel de centros de costo modelos económicos que relacionan la eficiencia energética con los costos de los procesos o productos.

### **3.2.3. Modelos de gestión de energía en Colombia**

En Colombia existen antecedentes de elaboración de modelos de gestión energética para el sector productivo que han sido aplicados en las empresas. Los más representativos han sido:

- Modelo de control del consumo energético.
- Guía de buenas prácticas para el uso racional de la energía para el sector de las pequeñas y medianas empresas
- Modelo de Mejora Continua de la Eficiencia Energética.
- Modelo de Gestión Integral de la Eficiencia Energética en ambientes competitivos.

El análisis de los modelos de gestión aplicados en Colombia y el trabajo de caracterización energética realizado entre los años 2001 y 2005 en 60 empresas de diferentes ciudades de

Colombia, permiten afirmar que, para que un modelo de gestión energética sea efectivo, debe considerar el nivel de desarrollo técnico-organizativo del sector donde va a ser aplicado.

Lo anterior, aunado a un análisis de los modelos de gestión utilizados internacionalmente ha permitido conceptualizar un modelo de gestión energética para el sector productivo colombiano. El modelo desarrollado se ha denominado Modelo de Gestión Integral de la Energía y recoge tanto la experiencia nacional en gestión energética empresarial de los últimos 15 años, como el estado actual de los modelos de gestión energética usados a nivel internacional.

#### **3.2.4. Modelo de gestión integral de la energía**

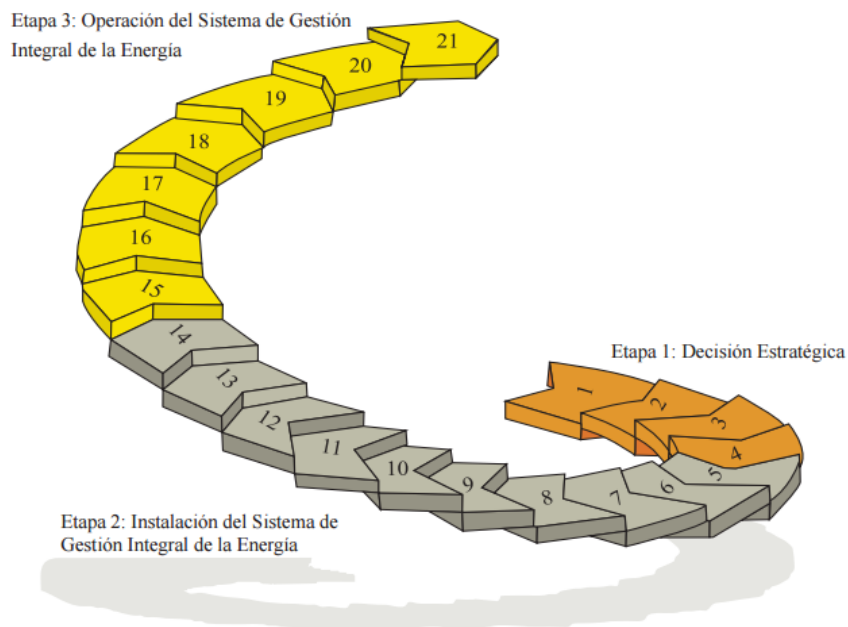
El Modelo de Gestión Integral de la Energía (MGIE), es un conjunto estructurado de procedimientos y actividades, que están conceptuados para que se integren al modelo de gestión organizacional de la empresa, y que sirven de guía para la implementación y operación de un sistema de gestión energética denominado Sistema de Gestión Integral de la Energía (SGIE). El Sistema de Gestión Integral de la Energía (SGIE), es un sistema de gestión integrado por el conjunto de factores estructurados mediante normas, procedimientos y actuaciones que permite la materialización de las políticas, los objetivos y las metas de eficiencia energética a través de una participación activa de los trabajadores en relación con la tecnología y los procesos.

El SGIE constituye una parte del sistema general de gestión de la empresa. El MGIE se puede aplicar a una empresa independientemente del nivel de desarrollo en gestión energética en que esta se encuentre, y permite mediante un proceso de mejora continua de los hábitos, tecnologías, procedimientos y la operación del SGIE, alcanzar tanto el mínimo consumo energético como el mínimo costo de energía posible. El objetivo final es que la empresa alcance una cultura energética ambiental que se verifique en el incremento de la productividad o la competitividad y la reducción del impacto ambiental en una visión de desarrollo energético sostenible.

El MGIE está formado por tres etapas consecutivas:

- a) Decisión Estratégica Sistema de Gestión Integral de la Energía
- b) Instalación
- c) Operación.

Estas etapas están compuestas por un conjunto de actividades relacionadas funcionalmente entre sí, que permiten disponer integralmente todos los recursos en la empresa hacia la eficiencia, con impacto en la productividad y a la vez producen un desarrollo en “espiral” de la cultura energética de la empresa. El MGIE se ha estructurado en tres etapas porque generalmente las empresas no están preparadas en los aspectos cultural, técnico y organizativo para comenzar la operación del SGIE, por lo que se necesitan actividades previas que permitan la implementación del mismo en condiciones más favorables. Este modelo implementado en forma sistemática permite obtener una guía y una ruta comprendida por todos los actores de la organización para que en poco tiempo, con el mínimo de recursos y con el menor riesgo de inversión, se logren alcanzar los objetivos planteados y mejorarlos



continuamente.

*Figura 4. Modelo de gestión integral de la energía.*

### 3.2.5. Impactos y resultados de la instalación y operación del sgie en las empresas del sector productivo

Los resultados esperados a nivel empresarial con la implementación del SGIE pueden enumerarse brevemente en los siguientes:

- Identifica la magnitud y el alcance de las mejoras en el uso de la energía que pueden obtenerse en la empresa.

- Identifica y prepara los equipos y el personal clave de la empresa para reducir los costos energéticos.
- Genera las bases cuantitativas y cualitativas para establecer la política, los objetivos y las metas en el uso de la energía de la empresa.
- Permite el control y el análisis de las causas de las variaciones en el consumo y costos energéticos. 5. Identifica y justifica el orden en que deben implementarse los Proyectos de baja, media o alta inversión para reducir los costos energéticos de la empresa en forma rentable.
- Identifica, establece y mantiene el desarrollo de buenas prácticas de operación y mantenimiento de los equipos y procesos que usan la energía.
- Identifica, establece y mantiene un programa adecuado de conservación de los equipos de medición y control vitales para el uso eficiente de la energía.
- Eleva y mantiene el nivel de cultura operacional, tecnológica y energética de la organización.
- Establece la estructura técnico-organizativa necesaria para mantener el uso eficiente de la energía.
- Mantiene competente y motivado al personal clave en el uso eficiente de la energía.
- Permite medir el resultado de las inversiones realizadas en la reducción de los costos energéticos.
- Permite una planificación de consumos y de eficiencia en el uso de la energía basada en un ciclo de mejora continua.
- Elimina la posibilidad de improvisación en la compra y manejo de la energía.
- Permite realizar Benchmarking de sus indicadores energéticos con los competidores.
- Reduce los costos de mantenimiento de los equipos y procesos que usan la energía.
- Reduce y controla el impacto ambiental del uso de la energía en la empresa.
- Establece métodos para introducir o actualizar y mantener la vigilancia tecnológica y la innovación dirigida a la eficiencia energética de sus procesos.
- Incorpora a la gestión organizacional interna y externa los elementos necesarios para el manejo integral eficiente de la energía en la empresa. Este listado permite realizar un chequeo rápido de los aportes del SGIE al diseño organizacional de la empresa para el uso eficiente de la energía. [19]

## CAPÍTULO 4

### ¿CÓMO IMPLEMENTAR LA EFICIENCIA ENERGÉTICA?

A nivel mundial, las industrias consumen el 50 por ciento de la energía producida para llevar a cabo los procesos de transformación de materias primas o productos que realizan. Lograr ahorro de energía realizando la misma producción o aumentándola, es fundamental en todo tipo de industria, no sólo por el aspecto económico sino por el cuidado ambiental, tema que cada día es más importante.

El ahorro energético es un tema supremamente amplio que está fundamentado dentro de la gestión de energía, amparado actualmente por la norma internacional ISO 50001, la cual busca que todas las empresas, sin importar su tamaño y actividad económica, tengan un sistema de gestión de energía que les permita medir sus consumos, determinar su fuente energética prioritaria (térmica, gas, petróleo, carbón o eléctrica) e implementar una estrategia para lograr ahorro en este sentido.

Para realizar dicho ahorro, es importante que las industrias decidan tener una política energética, y con ella implementen el sistema de gestión de energía. Para ello, la empresa o industria debe seguir cuatro pasos fundamentales: medición, definición de la estrategia, automatización del control y el monitoreo permanente.

#### 4.1. La Medición

Para realizar un ahorro energético eficiente, en cualquier empresa, es fundamental conocer el consumo de energía de los diferentes equipos que intervienen en el proceso productivo de la misma. Si el industrial no sabe cuánta energía demandan sus máquinas, no puede tomar una decisión acertada para implementar un plan energético, ni puede analizar la viabilidad técnica y económica de implementar mejoras en este sentido.

La medición permite traducir el consumo de energía a Kilowatio/hora, m<sup>3</sup> de gas/hora, cantidad (peso) de carbón/hora; con el fin de establecer cuánta energía es consumida por unidad o tonelada producida y conocer la eficiencia energética en el proceso. Para llevar a cabo estos procesos de medición son usados medidores de energía que pueden integrarse a las máquinas o recurrir a sistemas de comunicación que permitan, por ejemplo, en una central, examinar equipos, incluso de manera remota, como hornos, bandas, laminadores, roladoras, entre otros.

Vale señalar que al implementar los diferentes dispositivos para llevar a cabo la medición, es posible recopilar estadísticas de consumos, en los casos en que el nivel de demanda energética varíe si el industrial realiza el mismo procedimiento. Por este motivo, para llevar un registro fiel de indicadores, es adecuado implementar un sistema que pueda almacenar los datos de lo que se está midiendo para tener registros de consumos de varios años, hecho que permite analizar mejor la información y efectuar cambios eficaces. La eficiencia del sistema energético se determina haciendo el balance entre el consumo y el gasto.

La medición ha cambiado de concepto con el tiempo, puesto que no sólo involucra el consumo de la empresa en términos de kilovatios absolutos, sino también, la calidad con la que llega el suministro de la energía eléctrica; por este motivo es necesario medir reactivos, factor de potencia, armónicos en tensión y armónicos en corriente; factores de calidad de energía que inciden directamente en las pérdidas del sistema eléctrico.

#### **4.2. Definir la Estrategia**

Una vez que el industrial tiene clara la medición, sabe cuáles son los consumos de su empresa y en qué áreas de encuentran, mayoritariamente, puede tomar decisiones respecto al ahorro energético, es decir definir una estrategia para tal fin.

Este segundo paso está enfocado; primero, a crear conciencia de ahorro dentro de toda la organización; y segundo, ya en un nivel técnico, a tomar las decisiones correctas como, por ejemplo, cambiar motores o modificar la topología de una instalación (es posible lograr ahorros al reemplazar el cuadro del sistema eléctrico). Por lo general, siempre hay un transformador que soporta más trabajo que otros, y genera pérdidas eléctricas; por lo que, para este caso por ejemplo, sería adecuado repartir las cargas entre los transformadores existentes, hacer balance de fases.

Así mismo, en muchas ocasiones, el motor más antiguo de la planta que además es el más grande- es el más ineficiente. La inversión para cambiar ese motor o automatizarlo a través de un variador de velocidad, podría ser una buena alternativa de ahorro energético.

En la planeación de la estrategia también es importante, en beneficio de la calidad de potencia, definir si es necesario corregir reactivos o armónicos, puesto que estos factores aportan significativamente en el desperdicio de energía. Un ejemplo, sucedió en la planta de Barranquilla de Corpacero, la cual contaba con dos turbinas generadoras de 18 Mega Watios;



solamente eliminando los armónicos y reactivos presentes en el suministro energético, fue posible apagar una de las dos máquinas sin reducir la producción diaria de ambas, incluso con mayor disponibilidad de energía, hecho que en términos de consumo de gas, costos y producción, representó un paso adelante para la empresa.

Finalmente, la proyección dentro de la estrategia de ahorro es un punto fundamental, puesto que a través de ella el industrial conoce cuál será la tendencia de consumo; al fusionar variables como el crecimiento de la economía, plan de inversión a nivel nacional, costos de la energía, entre otras; que permite contar con una planta preparada para los posibles aumentos en el consumo de energía en el futuro.

### **4.3. Automatización del Control**

Inicialmente, la automatización se pensaba como un proceso para flexibilizar los procedimientos, reducir horas hombre y/o desperdicios pero, en el presente, automatizar también es ahorrar energía, apagar la banda transportadora cuando no lleve material, y controlar la temperatura del horno en función del material que se funde. En este sentido, existen gran variedad de posibilidades, desde el control de la iluminación hasta el control de máquinas y ventiladores con variadores de velocidad, en todos los casos, una empresa puede conseguir ahorros de energía mayores a sus expectativas.

### **4.4. Monitoreo Permanente**

Este paso consiste en volver a medir para realizar un seguimiento de lo ya implementado, determinar el impacto de los indicadores y determinar estrategias futuras para mejorarlos o para atacar los que en primera instancia, a través de la política energética, no fueron advertidos o tenidos en cuenta. El monitoreo permite, como pasa muy frecuentemente, conocer nuevos factores que influyen para el desperdicio de energía, que pueden ser más nocivos de los que fueron atacados. En este punto finaliza el ciclo, que vuelve a comenzar con la medición.

El principal objetivo de los sistemas de ahorro energético es disminuir las necesidades energéticas manteniendo la eficiencia en la producción, lo que se traduce en una mejora de la economía, disminución de la dependencia energética y un menor impacto ambiental. Cuando la planta no es de última generación tecnológica o sus máquinas tienen más de 10 o 15 años, existen aún mayores posibilidades para implementar sistemas de ahorro energético. [20]

#### **4.5. Indicadores de eficiencia energética**

Los indicadores energéticos son una herramienta importante para analizar interacciones entre la actividad económica y humana, el consumo de energía y las emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). Estos indicadores muestran a quienes formulan las políticas dónde pueden efectuarse ahorros de energía. Además de proveer información sobre las tendencias respecto al consumo histórico de energía, los indicadores de eficiencia energética pueden también ser utilizados en la modelización y la predicción de la demanda futura de energía.

##### **4.5.1. Beneficios de los indicadores de eficiencia energética para las empresas**

La agencia internacional de energía (AIE), sugiere que la industria debe estar interesada en los indicadores de eficiencia energética. Las empresas pueden utilizar dichos indicadores para sacar conclusiones sobre cómo volverse más eficientes energéticamente, y puedan compararse con otras empresas o determinar su propio progreso a lo largo del tiempo. Los indicadores también mejoran la fiabilidad y flexibilidad de la industria; por ejemplo, el aumento de depósitos en los intercambiadores de calor puede disminuir los niveles de eficiencia energética del proceso, como también limitar la capacidad productiva.

Por último, los indicadores pueden utilizarse para mejorar la competitividad. En países donde la energía es subvencionada en gran medida, la fijación de precios que reflejen mejor los costes reales puede estimular un comportamiento de eficiencia energética, lo que a su vez incrementa los ingresos netos. Un estímulo adicional a eficiencia energética a través de programas nacionales puede traer otros incentivos añadidos para la industria: si los accionistas ven las mejoras en la eficiencia energética como una forma de apoyar los objetivos a nivel nacional, es posible que suba el precio de las acciones de la empresa.

Desde la perspectiva de la industria, el desarrollo de indicadores tiene una importancia clave. Las mejoras en eficiencia energética reducen la necesidad de energía, reduciendo el costo de la energía y aumentando la competitividad, y con ello los beneficios de la planta. Los indicadores con un mayor nivel de detalle pueden ayudar a identificar las áreas para reducir el consumo energético dentro del proceso de producción. Los Sistemas de Gestión Integral de Energía (SGIE) pueden ayudar a desarrollar, dar seguimiento y mejorar los indicadores energéticos dentro de una empresa. La implementación de un SGIE puede ayudar a priorizar objetivos de eficiencia energética y definir una estrategia para proyectos de mejoras en eficiencia energética. [21]

## CAPÍTULO 5

### CONCEPTOS BÁSICOS ENERGÉTICOS

Los siguientes puntos definen y agrupan todos aquellos conceptos previos relacionados con la eficiencia energética eléctrica.

#### 5.1. Potencia activa

La potencia que demanda un receptor o conjunto de receptores que es transformada en trabajo o calor, es la que se aprovecha como potencia útil. También se llama potencia media, real o verdadera y es debida a los dispositivos resistivos. Su unidad de medida es el vatio (W). Se calcula como:

$$P = V \cdot I \cdot \cos \varphi \quad (1)$$

Siendo  $\varphi$ ,

$$\varphi = \arctg \frac{X}{R} \quad (2)$$

Donde X es la reactancia y R es la resistencia de la carga conectada siendo la impedancia:

$$\vec{Z} = R + jX$$

También puede obtenerse como:

$$P = R \cdot I^2 = \frac{V^2}{R} \quad (3)$$

#### 5.2. Potencia reactiva

La potencia reactiva es aquella que utilizan ciertos receptores para la creación de campos eléctricos y magnéticos (como motores, transformadores, reactancias, etc.). Esta potencia no se convierte en trabajo útil, aumenta la potencia total a transportar y distribuir por las compañías suministradoras, así como las pérdidas en distribución. Su unidad de medida es el voltamperio reactivo (VAr). Se calcula como:

$$Q = V \cdot I \cdot \sen \varphi \quad (4)$$

También puede obtenerse como:

$$Q = X \cdot I^2 = \frac{V^2}{X} \quad (5)$$

La potencia reactiva es positiva si el receptor es inductivo y negativa si el receptor es capacitivo, coincidiendo en signo con la parte imaginaria de la impedancia.

### 5.3. Potencia aparente

Es el valor real demandado a la red y que es la suma vectorial de las potencias activa y reactiva. Es importante destacar que es la energía real generada y transportada por las líneas de transporte y distribución. Su unidad de medida es el voltamperio (VA). Se calcula como:

$$S = V \cdot I \quad (6)$$

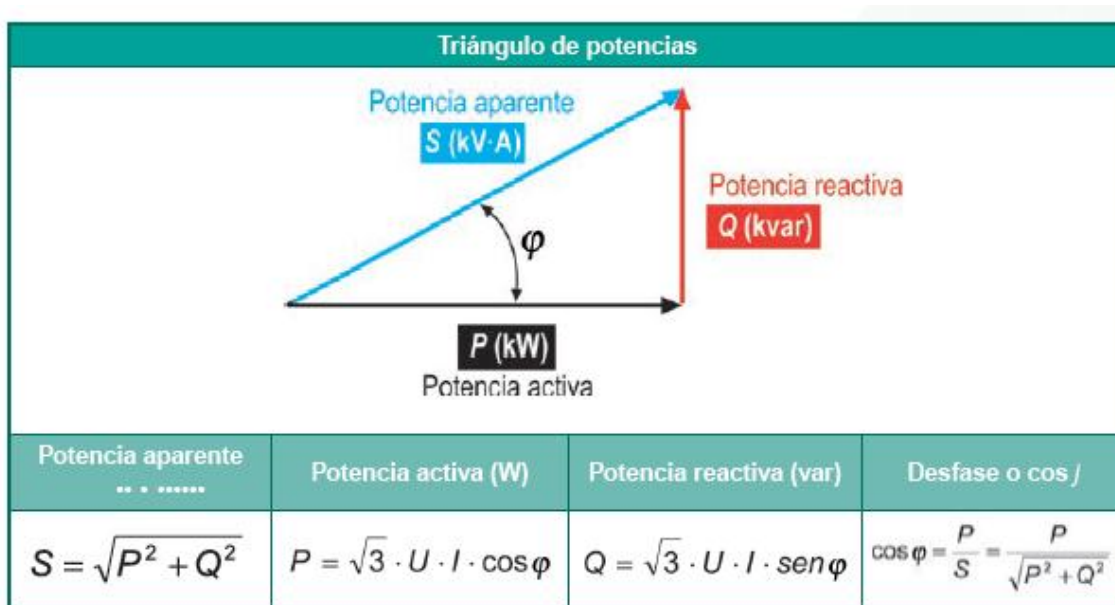
También puede calcularse como:

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} \quad (7)$$

[9]

### 5.4. Desfase o cos j

Es la proporción existente entre la potencia activa y la potencia aparente, o el coseno del ángulo de desfase entre potencia activa y potencia aparente. En el siguiente gráfico se observan los conceptos explicados así como su forma de cálculo.



### 5.5. Potencia contratada (kW)

Valor de potencia activa contractual solicitada a la compañía distribuidora.

### 5.6. Potencia demandada (kW)

Valor real de potencia activa consumida. Puede ser mayor, menor o igual que el valor de potencia contratada.

### 5.7. Potencia eficiente (kW)

Es la potencia optimizada una vez realizadas las medidas adoptadas en el plan de eficiencia.

### 5.8. Factor de potencia

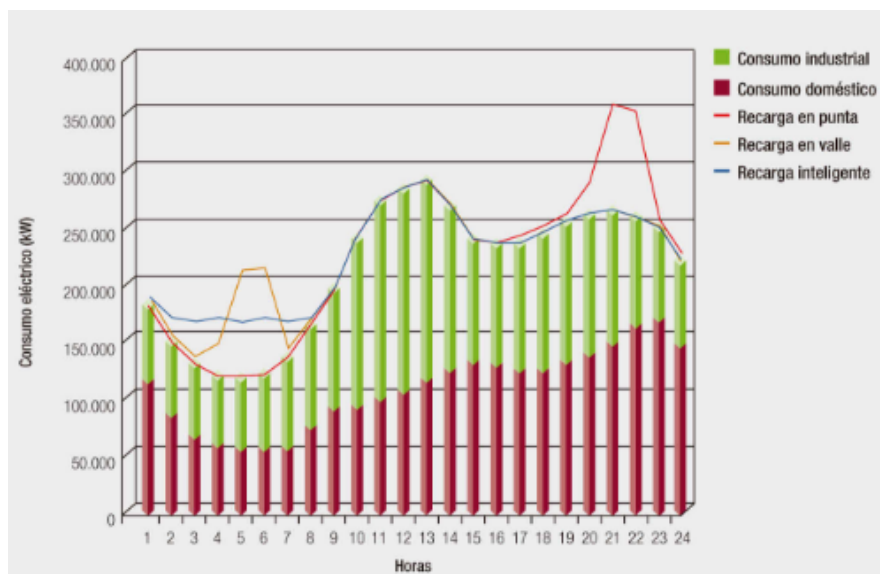
El Factor de Potencia se define como la relación entre la potencia activa (kW) usada en un sistema y la potencia aparente (kVA) que se obtiene de las líneas de alimentación.

### 5.9. Curva de demanda

Evolución gráfica de las potencias y energías demandadas a la red de suministro eléctrico. El análisis de estas dos curvas es el punto de inicio de la auditoría energética eléctrica.

#### 5.9.1. Curva de demanda de energías

En esta curva se observa la evolución de la demanda de energía media en períodos de tiempo, que van de una hora a medias diarias, semanales o mensuales. Esta curva permite estudiar las posibles discriminaciones horarias del consumo de la energía y, por tanto, decidir



si las condiciones contratadas son las actuales.

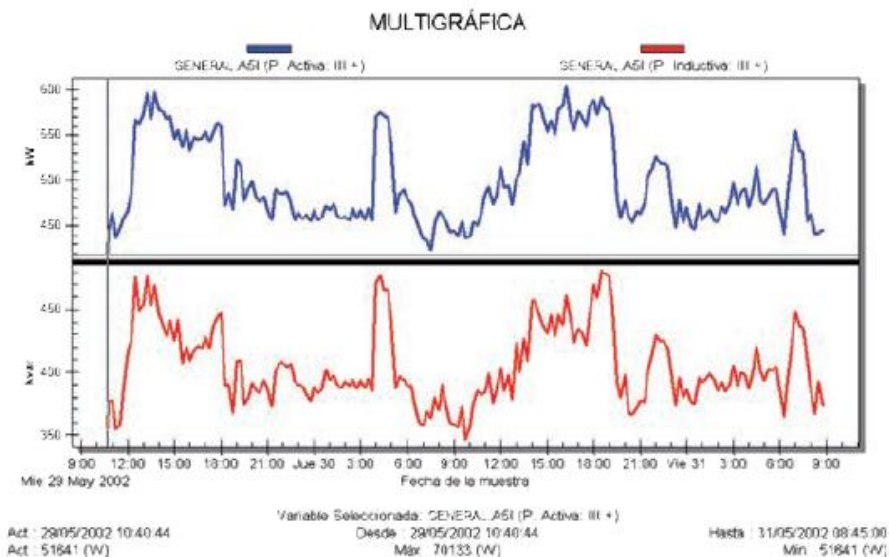
*Figura 5. Curva de demanda de energía.*

#### 5.9.2. Curva de demanda de potencia

Estas curvas muestran la evolución tanto de potencia activa como de potencia reactiva. Esto va a permitir:

- Ver si la potencia contratada es la más adecuada
- Si hay puntas de potencia y en qué horas se producen

- Observar los niveles consumidos de potencia reactiva, por tanto, la información para



realizar su correcta compensación

*Figura 6. Curva de demanda de potencia, medida por un analizador de redes.*

Las tarifas eléctricas suelen contemplar fórmulas que, en un momento de necesidad, permiten demandar más potencia que la contratada sin tener un corte de suministro debido a la actuación del interruptor de control de potencia.

Se entiende como máxima demanda el valor de potencia máximo solicitado por una instalación acumulada en un período de integración, que normalmente es de 15 minutos. Por tanto, una acción a llevar a cabo en un estudio de eficiencia es la amortiguación de las puntas de potencia, lo que va a permitir:

- La ayuda a la gestión técnica del sistema de transporte y distribución de energía eléctrica y, además, una ayuda a la gestión ecológica en la generación de energía.
- La reducción del término de potencia de la factura eléctrica.
- Optimización de la instalación objeto de estudio y una reducción del nivel de pérdidas.

### **5.10. Armónicos y potencia de distorsión**

Las cargas no lineales tales como: rectificadores, variadores de velocidad, hornos e inversores, etc., absorben de la red corrientes periódicas no sinusoidales. Estas corrientes están formadas por una componente fundamental de 50 ó 60 Hz, más una serie de corrientes superpuestas, de frecuencias múltiples de la fundamental, que denominamos armónicos. El resultado es una deformación de la corriente y de la tensión que conlleva una serie de efectos

secundarios asociados. Para la interpretación de los análisis y las medidas realizadas en instalaciones con armónicos se definen una serie de parámetros.

### 5.10.1. Orden de un armónico (n)

Relación entre la frecuencia del armónico (Q) y la frecuencia fundamental (Q). Considerando la

n (orden armónico)	Frecuencia de red	
	50 Hz	60 Hz
5	250 Hz	300 Hz
7	350 Hz	420 Hz
11	550 Hz	660 Hz

frecuencia fundamental de 50 ó 60 Hz.

### 5.10.2. Tasa de distorsión individual

Relación, expresada en tanto por ciento, entre el valor eficaz de un armónico de tensión o corriente ( $U_n$  o  $I_n$ ) y el valor eficaz de la correspondiente componente fundamental.

Tensión red	I nominal fundamental	I del 5º armónico	U del 5º armónico
400 V	327 A	53 A	18 V
Tasa individual de corriente		Tasa individual de tensión	
$I_5(\%) = \frac{I_5}{I_1} \cdot 100 = \frac{53}{327} = 16\%$		$U_5(\%) = \frac{U_5}{U_1} \cdot 100 = \frac{18}{400} = 4,5\%$	

$$U_n(\%) = \frac{U_n}{U_1} \cdot 100 \quad (8.1)$$

$$I_n(\%) = \frac{I_n}{I_1} \cdot 100 \quad (8.2)$$

### 5.10.3. Tasa de distorsión total

Relación, expresada en tanto por ciento, entre el valor eficaz del residuo armónico de tensión o corriente y el valor eficaz de la correspondiente componente fundamental. Para ello se define la tasa.

Tasa de distorsión global en corriente THD $I$	Tasa de distorsión global en tensión THD $U$
$\text{THD } I(\%) = \frac{\sqrt{I_3^2 + I_5^2 + I_7^2 + \dots + I_n^2}}{I_1} \cdot 100$	$\text{THD } U(\%) = \frac{\sqrt{U_3^2 + U_5^2 + U_7^2 + \dots + U_n^2}}{U_1} \cdot 100$

#### 5.10.4. Verdadero valor eficaz de tensión y corriente

En una instalación donde las tasas de distorsión armónica sean elevadas, el valor real de corriente y tensión, puede ser aumentado de manera importante respecto a la fundamental, generando sobrecargas y, consecuentemente, calentamientos.

Para entender esta anomalía, se define el verdadero valor eficaz de una señal teniendo en cuenta las componentes fundamentales y armónicas existentes. Por tanto, una consecuencia evidente del aumento del verdadero valor eficaz en corriente es el aumento del nivel de pérdidas, que son de dos tipos:

- Pérdidas por efecto Joule
- Pérdidas magnéticas por histéresis y Foucault

#### 5.10.5. Residuo armónico

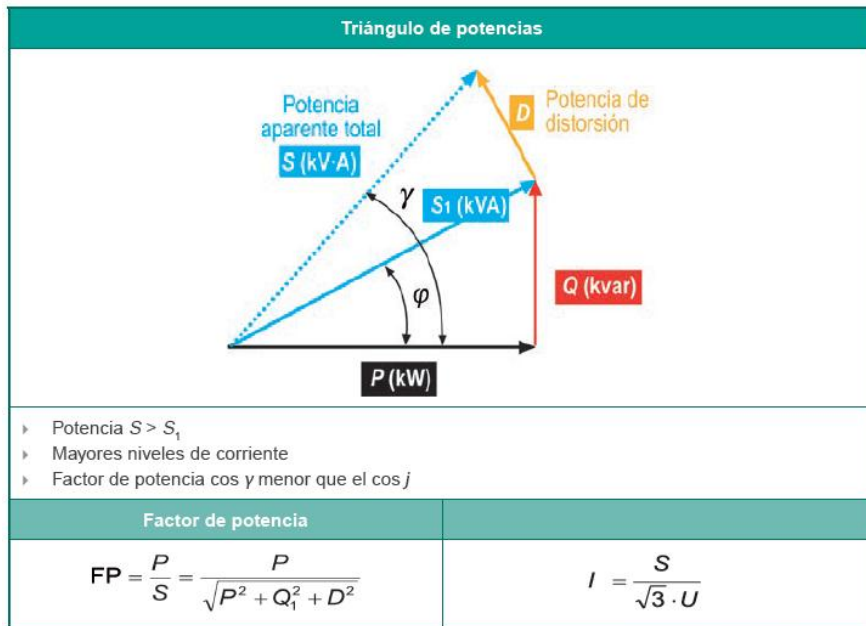
Diferencia entre la tensión o corriente total y el correspondiente valor fundamental. A Potencia de distorsión

$$I_m = \sqrt{I^2 - I_1^2} \quad V_m = \sqrt{V^2 - V_1^2} \quad (9)$$

#### 5.10.6. Potencia de distorsión



Cuando la instalación cuenta con cargas que producen armónicos, aparece una componente más a tener en cuenta en el cálculo de la potencia aparente. Esta potencia adicional se



denomina potencia de distorsión (D).

Es importante destacar que, a  $\cos \phi$  constante, a mayor potencia de distorsión D, el factor de potencia  $\cos \gamma$  es más bajo.

### 5.10.7. Factor de sobrecarga

Es la relación existente entre el valor eficaz de corriente y la corriente fundamental, o entre la potencia aparente total S y la potencia aparente  $S_1$ .

$$F_c = \frac{S}{S_1} = \frac{I}{I_1} \quad (10)$$

### 5.11. Pérdidas

Pérdidas de potencia y energía como consecuencia de las ineficiencias existentes en toda instalación eléctrica.

### 5.12. Tipos de pérdidas

#### 5.12.1. Pérdida por efecto Joule o en el cobre

Pérdidas debidas al nivel de corriente circulante en la instalación y a la resistencia eléctrica. La mayor parte se encuentran en:

- Líneas eléctricas
- Devanados de motores y transformadores

### 5.12.2. Pérdidas en el hierro o magnéticas

Pérdidas debidas a la corriente circulante, y en su mayor parte a las frecuencias de las corrientes existentes en la instalación, es decir, de las corrientes armónicas existentes. Hay dos tipos de pérdidas en el hierro: Histéresis y Foucault. Las primeras corresponden a la energía necesaria para la magnetización de las planchas magnéticas de los núcleos. Las segundas, corresponden a las generadas por la aparición de corrientes inducidas.

$$P_h = K_h \cdot \sum n \cdot I^2 \quad (11.1)$$

$$P_F = K_h \cdot \sum n^2 \cdot I^2 \quad (11.2)$$

Las pérdidas de Foucault se ven más incrementadas, en función cuadrática, por efecto de las frecuencias existentes. Se localizan en todos aquellos receptores que contengan planchas magnéticas, como:

- Máquinas eléctricas rotativas
- Transformadores
- Reactancias

### 5.13. Reducción de pérdidas

Uno de los puntos importantes en un estudio de eficiencia es la minimización de las pérdidas. Para ello, hay que disminuir los valores de corriente circulante (pérdidas por efecto Joule) y eliminar las frecuencias armónicas, o múltiples de la fundamental (pérdidas magnéticas). Además, la reducción de pérdidas comporta:

- Reducción de calentamientos
- Menor consumo en sistemas de refrigeración
- Sensible reducción de la factura eléctrica

[14]

## CAPÍTULO 6

### TRATAMIENTO DE LA LECHE PARA CONSUMO DIRECTO

La leche una vez recibida en la planta es sometida a una serie de tratamientos físicos que son realizados en las secciones de recepción y de proceso y su tratamiento depende del producto a elaborar.

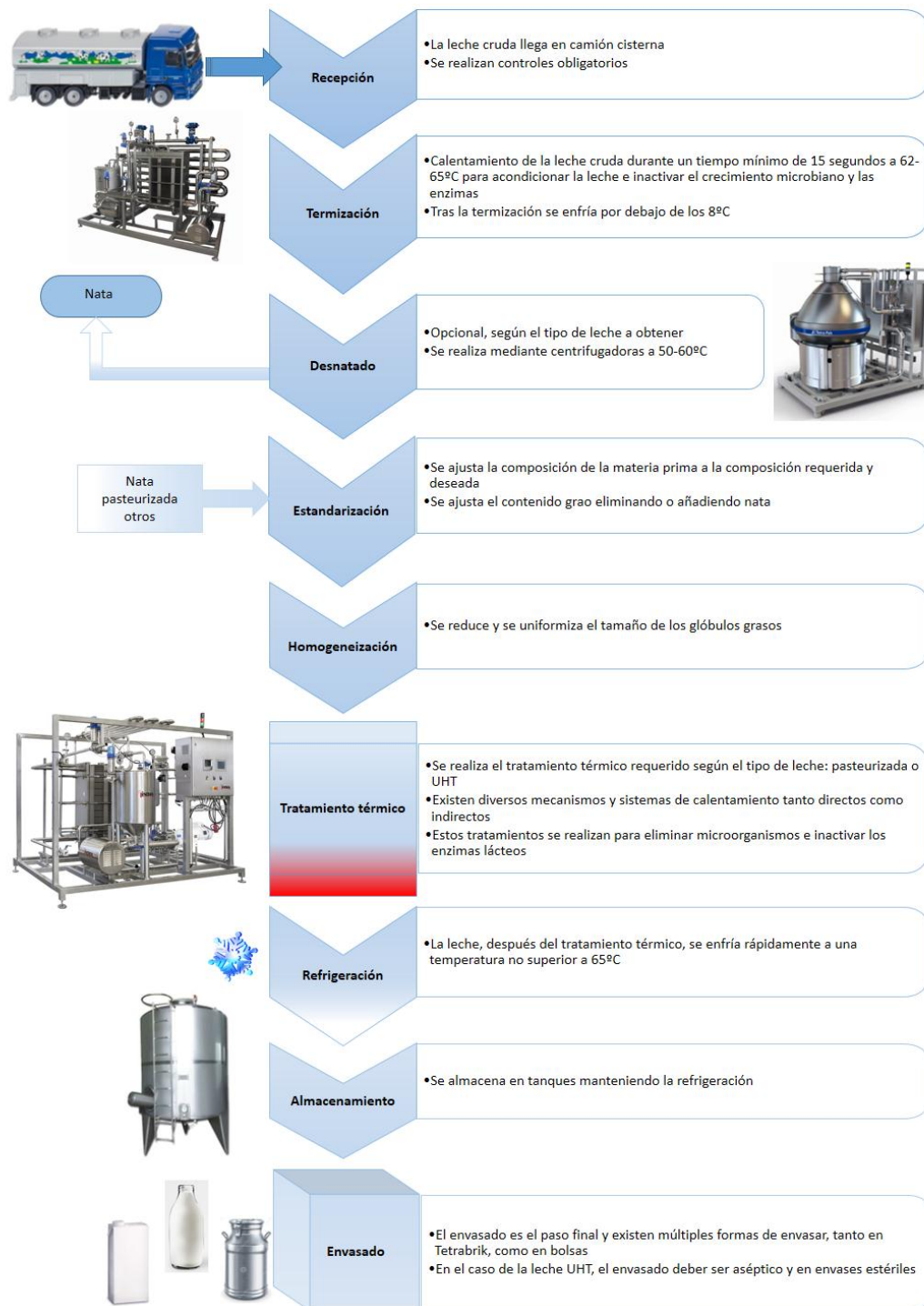


Figura 7. Proceso de elaboración de la leche por etapas.

### 6.1. Enfriamiento

La leche que no vaya a ser procesada en un corto tiempo después de recibirse en la planta, debe ser enfriada a unas temperaturas entre 4 y 5 °C para almacenarla hasta que inicie su procesamiento. Sin embargo si la leche va a ser utilizada para la producción de quesos se debe mantener a una temperatura de 10 °C.

El enfriamiento de la leche se efectúa en un Intercambiador de calor de placas, que consiste en un equipo provisto de placas en acero inoxidable colocadas paralelamente unas de otras y separadas por empaques de goma, su disposición en forma alterna permite que circule dos corrientes de flujo: el de la leche y el de agua helada, que se encuentra a una temperatura entre 2 y 2.5 °C, encargándose de absorber el calor de la leche y enfriarla. A las temperaturas óptimas para su almacenamiento. (4 a 5 °C).

## **6.2. Higienización**

Debido a que la leche cruda generalmente contiene macro y micro partículas o cuerpos extraños que pueden haberse originado durante las operaciones antes y después del ordeño, según las condiciones sanitarias con que se ha realizado, es necesario realizar las operaciones de filtración y centrifugación en la etapa de recepción de la leche con el fin de eliminar toda impureza que traiga antes de someterla a las otras operaciones para su industrialización.

## **6.3. Filtración**

Esta operación consiste en pasar la leche por unos filtros de tela sintética o algodón, en el momento de traspasar la leche que viene de su centro de acopio (granja) al tanque de balanza donde se realiza la eliminación inicial de las macropartículas o elementos extraños que trae la leche cruda. Normalmente se realiza un segundo filtrado al precalentar la leche en el intercambiador de calor que generalmente está provisto de filtros a presión.

## **6.4. Clarificación o centrifugación**

Esta operación consiste en llevar la leche a una clarificadora que funcionan por centrifugación separando en la superficie de la pared interna del aparato todos los contaminantes que quedan después de haberla sometido a la filtración el diseño de este máquina es semejante al de una descremadora, con algunas diferencias según sea el tratamiento de la leche a realizar.

## **6.5. Bactofugación**

Es la operación mediante la cual la leche se somete a un equipo de bactofugación para separar además de las partículas contaminantes de la leche, cierto tipo de bacterias esporuladas como los bacilos y los Clostridium, que producen efectos nocivos en la producción de algunos quesos como el Gruyère y Emmenthal. Mediante esta operación se logra eliminar alrededor del 90% de las bacterias mencionadas con una pérdida máxima del

1.5% de leche. Una mayor eficacia en el proceso se logra reduciendo la viscosidad de la leche mediante el calor sometiéndola a unas temperaturas entre el 60 y 65 °C.

## **6.6. Homogenización**

Esta operación se aplica a la leche con el fin de reducir el tamaño de los glóbulos grasos de la leche o la crema y evitar la aparición de la grasa en la superficie al separarse la fase hídrica de la materia grasa.

El procedimiento consiste en someter la leche a unas presiones entre 250 a 350 kilogramos por centímetro cuadrado cuando se conduce a través de un tubo cerrado por el orificio externo o salida de la leche con un tapón cónico de acero, donde choca con gran fuerza lográndose el rompimiento de los glóbulos grasos de la leche hasta obtener un tamaño entre 1 a 2 micras. La salida de la leche por la abertura del tapón produciéndose una reducción rápida de la presión de la leche ocasionando el estallido del glóbulo graso. La operación de homogenización se puede realizar antes o después de la pasteurización y es importante analizar la ventaja de uno y otro proceso desde el punto de vista microbiológico.

Cuando la pasteurización se realiza antes, de la homogenización, en un leche contaminada por bacterias entre las cuales se encuentran los *Staphylococcus*, que se agrupan en forma de racimos, o las *Sarcinas* que se agrupan en paquetes, al recibir la leche el tratamiento de pasteurización se eliminan las bacterias de la superficie y sobreviven las del centro, entonces cuando se aplica la homogenización se rompen los racimos o paquetes produciéndose un conteo mayor de células bacterianas.

Cuando se realiza primero la homogenización y después la pasteurización, las agrupaciones de bacterias mencionadas, se separan y se convierten en cocos aislados, los cuales se destruyen más fácilmente por acción del calor. La temperatura de homogenización aconsejable es de 65 a 70 °C; sin embargo un efecto desfavorable en este procedimiento es que se aumenta la superficie de materia grasa ( al reducirse el tamaño del glóbulo graso) lo que disminuye la acción de los agentes químicos emulsificantes y protectores del glóbulo graso, la lecitina y las proteínas de la membrana del glóbulo y con ello los triglicéridos quedan expuestos a la acción de la lipasa, ocasionando el efecto de rancidez de la crema, efecto que se puede obviar si se somete la crema a una pasteurización alta, cuya temperatura sea de 90 °C por 15 a 20 segundos, con el fin de inactivar o destruir la enzima.

### **6.7. Descremado**

Esta operación tiene como objetivo separar parcialmente o totalmente el contenido de materia grasa de la leche. Para este se utiliza una descremadora que opera por centrifugación. Y su diseño es parecido a la clarificadora. Para lograr un descremado óptimo se debe someter la leche a una temperatura entre 30 y 35 °C.

El descremado total de la leche se utiliza para obtener una crema con un alto contenido de materia grasa (aproximado a 40%) la cual se utiliza en la elaboración de la mantequilla. El descremado parcial es utilizado para reducir el contenido graso de la leche que se necesita en la elaboración de quesos, o productos tipo light y dicha proporción dependerá del tipo de queso o producto a obtener.

La leche descremada tiene una variedad de usos entre los cuales se encuentra la producción de quesos de diferente contenido graso, la producción de leche en polvo descremada o para la producción de caseína,

### **6.8. Tratamiento Térmico**

Cualquiera que sea el tipo de leche de productos o subproductos a obtener se requiere someter la leche a un tratamiento térmico previo. Este tratamiento tiene varios objetivos a saber:

- Destruir todos los agentes patógenos causantes de enfermedades al hombre tales como bacterias, Rickettsias, virus, protozoarios
- Reducir los microorganismos saprofitos que son los que generalmente afecta la calidad de la leche y sus productos.
- Aumentar el período de conservación de la leche y sus productos.

El nombre de pasterización se debe al químico francés Louis Pasteur quien a finales del siglo XXI descubrió a través de sus investigaciones la manera de eliminar las levaduras indeseables en la fermentación del vino y de la cerveza, mediante la aplicación de calor a una temperatura aproximada de 65 por 30 minutos logrando así que las levaduras fundamentales para la elaboración de estos productos pudieran crecer. A fines del mismo siglo el procedimiento realizado por Pasteur se aplicó a la leche obteniéndose los resultados favorables con respecto a la conservación de la calidad microbiológica de la leche, sin alterar su calidad organoléptica. Hoy en día se realiza este tratamiento en la elaboración de muchos productos que pertenecen a otros grupos de alimentos, como frutas, hortalizas entre otros.

La pasteurización es entonces un tratamiento térmico por debajo del punto de ebullición del agua y en un tiempo mínimo que permita la destrucción total de los microorganismos patógenos, se han realizados diferentes ensayos para determinar las diferentes combinaciones de tiempo y temperatura a los cuales se destruyen las bacterias patógenas que pueden crecer en el medio de la leche, obteniéndose los resultados que aparecen en la tabla 3. El equipo más utilizado hoy en día para la pasteurización de la leche es el intercambiador de calor de placas, más adelante se dará una breve descripción de este equipo.

BACTERIAS	60 °C.	65 °C.	70 °C.	75 °C.	80 °C.
Mycobacterium (tuberculosis)		17 –32 seg	10 –17 seg	5-8 seg	2-3 seg
Brucella Melitensis (fiebre malta)	175– 210seg	32-55	22-29	10-12	2-4
Corynebacterium (difteria)	28-35	9-10	3	2	2
Salmonella typhosa (fiebre tifoidea)	76-82	17-19	6-7	2-3	2
Streptococcus pyogenes (intoxicación alimentaria)	1080-1330	58-63	12-15	5-7	3-4
Escherichia Coli	125	18	-	4	2

**Tabla 1. Tiempo (en segundos) de muerte térmica de algunas bacterias patógenas.**

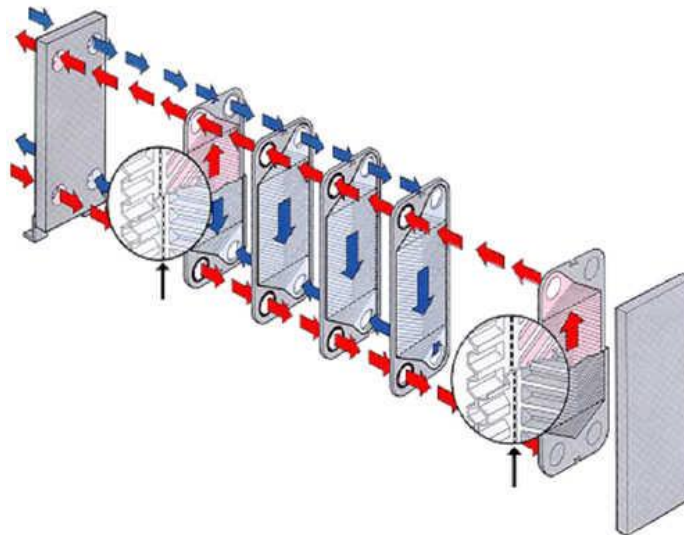
### 7.9. Pasterización rápida o alta

Consiste en someter la leche a una temperatura de 72 °C, durante 15 segundos. Es el tratamiento más utilizado actualmente. Esta pasteurización se realiza en un pasteurizador propiamente dicho o intercambiador de calor de placas.

El intercambiador de calor de placas consiste en un equipo de placas rectangulares y de superficie ondulada que se unen en forma vertical y en posición paralela, mediante empaques

de goma localizados en la periferia de las placas. Entre los espacios de las placas circula en forma alterna la leche y el agua caliente o fría, siendo el flujo de la leche continuo lo cual es una ventaja en tiempo y sobre la calidad de la leche teniendo en cuenta que una de las características del equipo es que es un sistema cerrado.

El cuerpo del intercambiador está dividido en dos secciones una anterior (adelante) o de calentamiento y otra posterior (atrás) o de enfriamiento. La primera sección (anterior) está provista de dos áreas, la de recuperación y la de pasteurización. En la sección de recuperación fluye la leche fría, encontrándose con la leche que ha sido pasteurizada (área de pasteurización a temperaturas de 72 - 73 °C por 15 a 20 segundos) y que fluye en sentido contrario. Es en esta sección donde ocurre el intercambio de calor: la leche caliente cede calor a la leche fría, enfriándose y la leche fría absorbe calor y se calienta, ocurriendo el precalentamiento.



*Figura 8. Esquema de circulación en un intercambiador de calor de placas.*

La leche que sale de la sección de recuperación, pasa a la sección de enfriamiento (posterior), que también está provista de dos áreas: una por la que circula agua fría y que enfriará la leche que entra precalentada y la otra por la que circula el agua helada y enfría aún más la leche hasta una temperatura de 4 °C para pasar enseguida al tanque de almacenamiento.

En resumen la leche realiza el siguiente recorrido: precalentamiento (en la zona de recuperación), pasteurización (72 - 73 °C por 15 –20 segundos); enfriamiento con leche fría en la zona de recuperación, y con agua fría y finalmente con agua helada, en la zona de enfriamiento.

Ventajas de este tratamiento con respecto a la pasteurización baja:



- Flujo de la leche continuo, permitiendo manejar grandes cantidades en una misma jornada de trabajo.
- Mayor ahorro de energía. Recuperándose hasta un 80% de calor
- Mayor rapidez (de 2 a 3 minutos)
- Ocupa menos espacio
- Menor riesgo de contaminación de la leche
- Mayor garantía de higiene (más facilidad de limpieza)
- Ultra pasterización

Consiste en someter la leche a temperaturas entre 110 - 115 °C por un tiempo no mayor de 4 segundos. Para luego envasarla en empaques de cartón o Tetrapak. Mediante este método la leche tiene un mayor período de conservación sin aplicar ningún sistema de refrigeración ni en el transporte ni en los almacenes o tiendas. Por lo tanto la leche podrá ser transportada y distribuida a lugares lejanos sin sufrir deterioro alguno, así mismo ubicarla en los anaqueles de los supermercados y tiendas a temperatura ambiente siempre que se tengan en cuenta las condiciones requeridas para su transporte, distribución y almacenamiento.

El proceso que implica la obtención de una leche ultra pasterizada es el de inyectar directamente sobre la leche pasterizada una corriente de vapor purificado, con lo que se logra la elevación de la temperatura deseada para pasar a una cámara de vacío donde ocurre la expansión del líquido y como consecuencia la separación de vapor, el cual es absorbido por la corriente del agua que se utiliza para generar el vacío de la cámara. [22]

La pasterización de la leche es un tratamiento térmico especial, el cual asegura la destrucción específica del bacilo de la tuberculosis sin afectar drásticamente las propiedades físicas y químicas de la leche.

**Tabla 2. Principales categorías de tratamiento de calor.**

<b>PROCESO</b>	<b>TEMPERATURA [°C]</b>	<b>TIEMPO</b>
Termización	63 – 65	15 seg
Pasteurización de la leche	63	30 min
Pasteurización de la leche	72 – 75	15 – 20 seg
Pasteurización de la crema	> 80	1 – 5 seg
Ultra pasteurización	125 – 138	2 – 4 seg
UHT	135 – 140	Pocos segundos
Esterilización en container	115 – 120	20 – 30 min

La leche cruda al entrar por primera vez al pasteurizador entra fría, esta se comienza a calentar (por las diferentes etapas de regeneración) utilizando el intercambio de temperatura a través de las placas, con la leche caliente pasteurizada que necesita enfriarse. El calentamiento se da con agua caliente (mezclada con vapor) y agua fría. [23]

## **PARTE II**

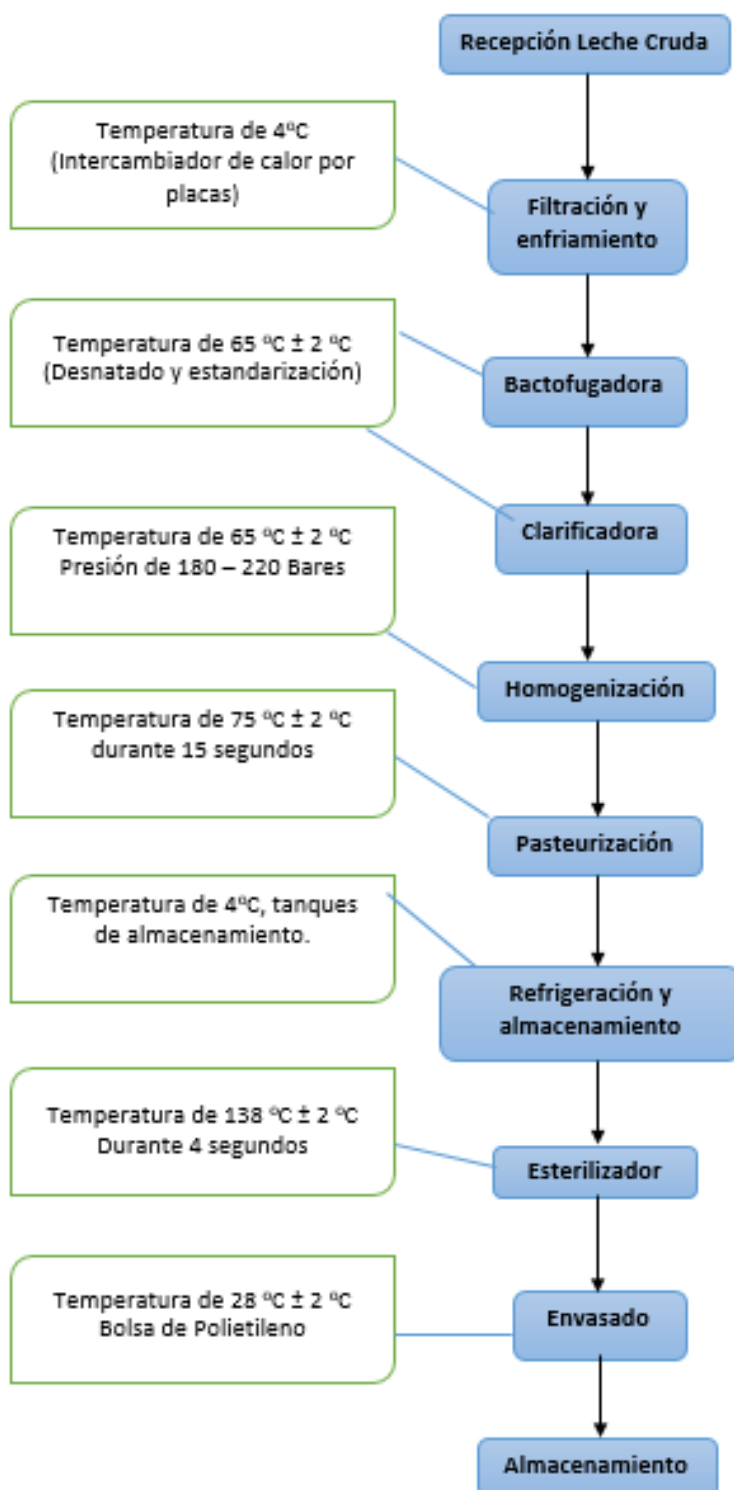
### **METODOLOGÍA**

En este capítulo se realiza el diagnóstico del consumo energético de la planta Freskaleche Bucaramanga, el sistema a implementar, arquitectura del mismo y costos de implementación.

## CAPÍTULO 7

### ANÁLISIS Y DIAGNÓSTICO DEL CONSUMO ENERGÉTICO EN LA PLANTA DE FRESKALECHE S.A.S BUCARAMANGA

#### 7.1. Proceso de fabricación de leche en la empresa Freskaleche S.A.S



## 7.2. Diagnóstico del consumo energético

Para llevar a cabo cada uno de los procesos para la fabricación de la leche y sus derivados, se requiere de servicios industriales, estos son los principales insumos energéticos que requiere cualquier proceso de transformación de la materia prima. Para el caso del procesamiento de lácteos, estos usos finales de los energéticos son utilizados en: Generación de vapor, Refrigeración industrial, Generación de aire comprimido, Sistemas de bombeo, Sistemas de enfriamiento de agua, Sistemas de combustión, transporte de energía eléctrica y circuitos de iluminación.

Es necesario realizar un estudio de los procesos de mayor relevancia, hacer un diagnóstico de su consumo energético para buscar mejoras en cada uno de los sistemas. A continuación se presenta algunos de los usos finales de mayor relevancia en la planta de Freskaleche Bucaramanga.

### 7.2.1. Consumo de energía eléctrica

El primer paso a realizar en un proceso de eficiencia eléctrica es la diagnosis y auditoria de energía eléctrica. Para el proceso de identificación, medida y cuantificación de los consumos de energía, se ha hecho una recolección de datos diaria sobre todos los equipos de las diferentes áreas que se encuentran en la planta.

**Tabla 3. Consumo total de energía eléctrica medido por la empresa y por la entidad ESSA.**

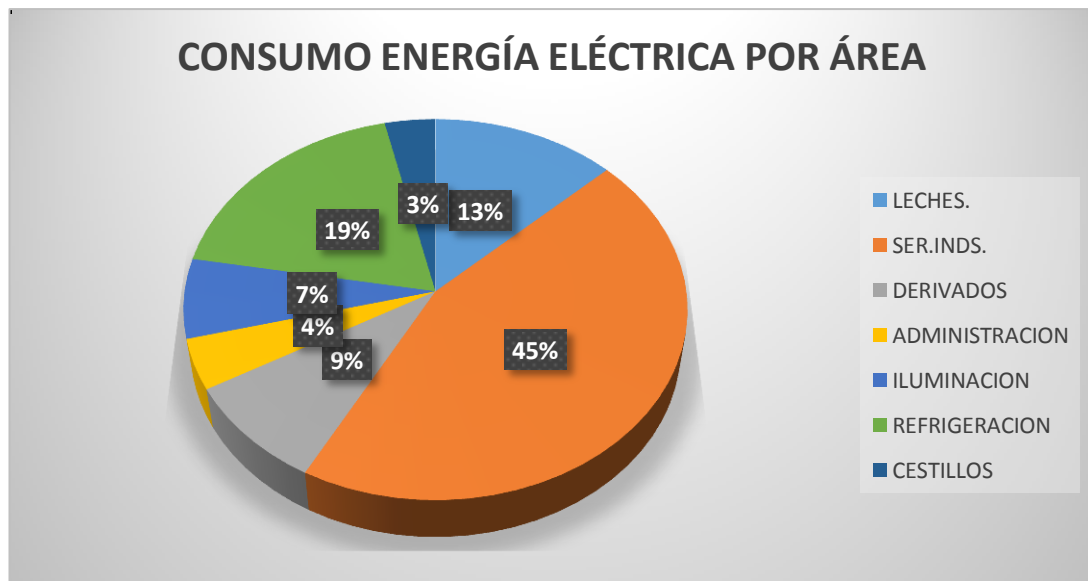
RESULTADOS MES AGOSTO		
HORAS PROM.	DÍAS MES	DÍAS MEDIDOS
13,00	31	31
	ENERGÍA KWH	COSTOS
<b>DATOS CALCULADOS</b>	360197,664	\$108.030.483,52
<b>DATOS SEGUIMIENTO DIARIO ESSA.</b>	373.384	\$112.926.335,59
<b>% ERROR MEDIDA</b>	12,64 %	
<b>VR. FACTURADO</b>	377.784	\$129.265.394

**Tabla 4. Consumo mensual de energía eléctrica por áreas.**

	LECHES.	SER.INDS.	DERIVADOS	ADMINIST.	ILUMINACIÓN	REFRIGERACIÓN	CESTILLOS
<b>CONSUMO (KW/H)</b>	1508,04	5218,80	1030,46	496,58	785,06	2166,43	413,90
<b>COSTO</b>	\$ 452.292,62	\$ 1.565.223,91	\$ 309.056,97	\$ 148.933,43	\$ 235.455,00	\$ 649.755,56	\$ 124.136,80
<b>%</b>	13,46%	46,57%	9,20%	4,43%	7,01%	19,33%	3,69%

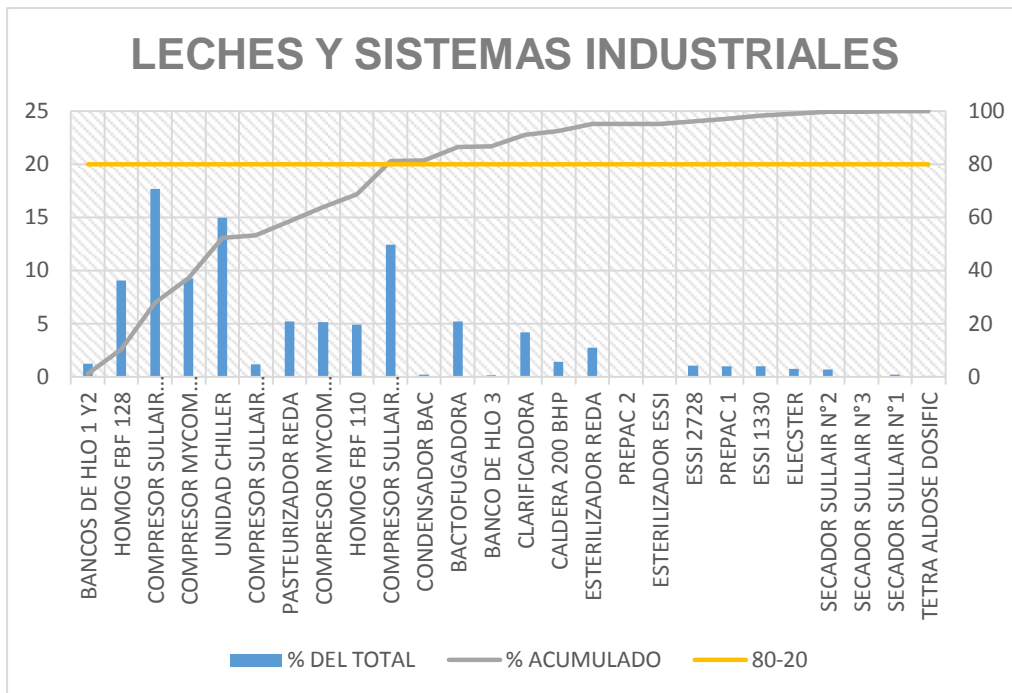
*Gráfica 3. Consumo eléctrico por áreas en la planta Freskaleche Bucaramanga.*

Con ayuda de estos datos se puede determinar cuáles son los procesos que requieren mayor consumo de energía eléctrica así como las maquinas asociadas a estos, conociendo el consumo de la empresa y en qué áreas se encuentra, mayoritariamente. Partiendo del



análisis de los datos obtenidos, se logra identificar alternativas y se empieza a definir estrategias para reducir el consumo energético.

Con respecto a los datos obtenidos en las gráficas anteriores, se evidencia que las áreas de mayor consumo o más críticas dentro de la planta son la de servicios industriales y leches, teniendo en cuenta esto se realizó un análisis más detallado de los equipos que se encuentran instalados en estos sistemas y el consumo de energía eléctrica que estos generan.



Gráfica 4. Consumo energía eléctrica de los equipos en las áreas de servicios industriales y leches.

### 7.2.2. Generación de vapor

La generación de vapor se produce mediante calderas pirotubulares, el sistema principal se encuentra compuesto por la caldera, quemador, distribuidor de vapor, chimenea y tanques de condensado, su aplicación se utiliza para el calentamiento indirecto mediante intercambiadores de calor de placas y tubulares en el proceso de pasteurización y ultra pasteurización. La presión de trabajo se encuentra entre los rangos de 110 y 135 psi (7,58 -



9,51 bares).

Figura 9. Caldera pirotubular de 100 BHP y 200 BHP respectivamente, para la generación de vapor.

### 7.2.3. Consumo energético de las calderas de 100 y 200 BHP

Se llevó a cabo un estudio del consumo energético de cada una de las calderas que se encuentran en la planta, estos datos se pueden observar en la siguiente tabla:

Tabla 5. Monitoreo del consumo de Energéticos para Calderas de 100 y 200 BHP

Descripción de				
Densidad de ACPM	850	Kg/m <sup>3</sup>		
Poder Calorífico Gas Natural	35.000	BTU/m <sup>3</sup>		
Densidad Gas Natural	0,60	Kg/m <sup>3</sup>		
Equivalente Gas Natural	1,67	m <sup>3</sup> /Kg		
Consumo de Combustible				
	Fuego bajo		Fuego Alto	
Calderas con ACPM	gal/h	BTU/h	gal/h	BTU/h
100 BHP (gal/h)	6,61	913072	28,12	3880560
200 BHP (gal/h)	9,56	1319604	40,64	5608320
<b>Total:</b>	16,17	2232676	68,76	9488880
	Fuego bajo (20%)		Fuego Alto (85%)	
Calderas con Gas Natural	m3/h	BTU/h	m3/h	BTU/h
100 BHP (m3/h)	28	787647	117	3347500
200 BHP (m3/h)	55	1575294	234	6695000
<b>Total:</b>	83	2362941	351	10042500

Traducido lo anterior a costos, se presenta la relación de los energéticos utilizados y el valor (pesos) que representa para la empresa. El valor unitario de los insumos fue tomado de los registros de recibos presentados por las diferentes empresas prestadoras de estos servicios.

Tabla 6. Costo de Energéticos para la Operación de una caldera de 100 BHP

Operación a fuego alto caldera 100 BHP				
Energético	Unidad	Valor Unitario pesos COP	Cantidad	Vr Total/DIA pesos COP
ACPM	Galones	\$6983	28,12	\$196.362
Gas Natural	M3	\$943	117	\$110.331
E. Eléctrica	KW/H	\$400	0	0



**Tabla 7. Costo de Energéticos para la Operación ideal de una caldera de 200 BHP**

Operación a máxima eficiencia caldera 200 BHP				
Energético	Unidad	Valor Unitario pesos COP	Cantidad	Vr Total/día pesos COP
ACPM	Galones	\$6983	40,64	\$283.789
Gas	M3	\$943	234	\$220.662

**Tabla 8. Costo de Energéticos para la Operación real de la caldera de 200 BHP.**

Operación real caldera 200 BHP				
Energético	Unidad	Valor Unitario pesos COP	Cantidad	Vr Total/día pesos COP
Gas	M3	\$943	87,66	\$82.663
E. Eléctrica	KW/H	\$396,400	80,83	\$32.041

Gracias a estudios realizados anteriormente en la empresa, a partir de los resultados obtenidos se tomaron acciones buscando mejorar el proceso, para obtener el máximo rendimiento se calibraron y se cambió la configuración, quedando la caldera de 200BHP principal y la caldera de 100BHP como respaldo para disminuir el consumo de gas natural y energía respectivamente.

#### **7.2.4. Refrigeración**

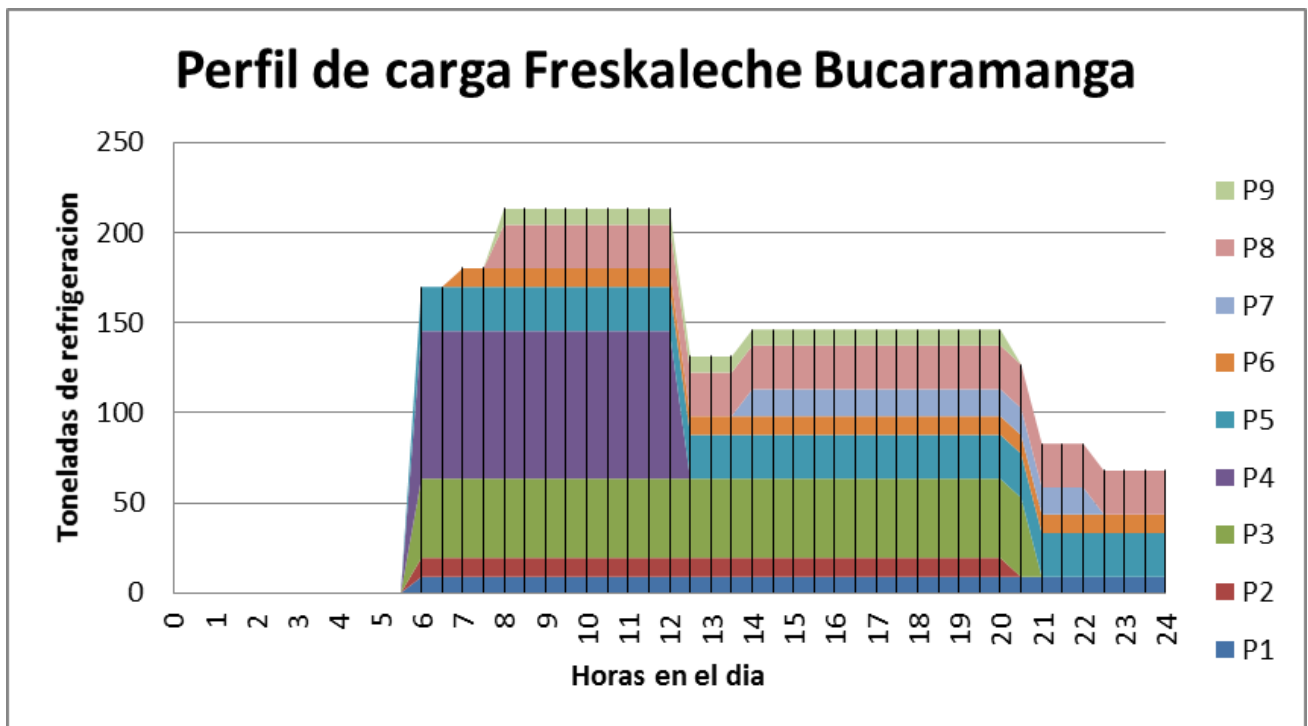
Los sistemas de refrigeración y de enfriamiento que necesitan agua helada o conservación mediante frío, son equipos compuestos por circuitos cerrados de circulación de gases refrigerantes los cuales tienen variación en presiones y temperaturas. Estos sistemas contienen motores de inducción, compresores de tornillo o reciprocantes, tanques acumuladores, válvulas de expansión, bancos de hielo y acumuladores de frío. Su aplicación en planta es requerida en las cavas de conservación de alimentos a 4°C y en los equipos intercambiadores de calor tubular y de placas existentes en los pasteurizadores que requieren temperaturas hasta de 4°C ± 2, su aplicación también se utiliza para la conservación del producto en los silos de almacenamiento a 4°C.

Para calcular el requerimiento de frío exigido por la planta de Freskaleche, se levantó un perfil de cargas el cual permite evaluar la demanda de energía térmica requerida para el

enfriamiento de la leche y sus derivados, dicha demanda está especificada en toneladas de refrigeración (TR), éste concepto térmico es la unidad nominal de potencia para referirse a la capacidad de extracción de carga térmica (enfriamiento) de los equipos frigoríficos y de aire acondicionado.

**Tabla 9. Cálculo del sistema de Refrigeración para la planta Freskaleche Bucaramanga en TR.**

Proceso	Hora Inicial		Hora Final		Inicio	Fin	Operación Hrs día	T <sub>in</sub> °C	T <sub>out</sub> °C	Cant Prod	Unidad	F M [Kg/hr]	Delta T °C	Ton Refri
	Hora	Minuto	Hora	Minuto										
P1	5	59	23	59	05:59 a. m.	11:59 p. m.	18,00	8	4	130	m3	7222	4	8,9
P2	6	0	20	0	06:00 a. m.	08:00 p. m.	14,00	28	4	20	m3	1429	24	10,5
P3	6	0	20	30	06:00 a. m.	08:30 p. m.	14,50	38,9	28	190	m3	13103	10,9	43,9
P4	6	0	12	0	06:00 a. m.	12:00 p. m.	6,00	60	28	50	m3	8333	32	82,0
P5	6	0	23	59	06:00 a. m.	11:59 p. m.	17,98	15	4	130	m3	7229	11	24,5
P6	6	59	23	59	06:59 a. m.	11:59 p. m.	17,00	50	12	15	m3	882	38	10,3
P7	14	0	22	0	02:00 p. m.	10:00 p. m.	8,00	70	44	15	m3	1875	26	15,0
P8	7	59	23	59	07:59 a. m.	11:59 p. m.	16,00	30	12	70	m3	4375	18	24,2
P9	8	0	20	0	08:00 a. m.	08:00 p. m.	12,00	30	7	15	m3	1250	23	8,8



*Gráfica 5. Perfil de cargas para la refrigeración.*

De acuerdo a los resultados obtenidos en el perfil de carga se evidencia que la máxima demanda en carga térmica de los proceso estan dadas desde las 5:30 hasta las 12:00 horas

la cual requiere que los equipos esten al 100%, sin embargo como no se conoce el comportamiento energético en función de la generación de frio, los equipos se mantienen encendidos todo el día. Teniendo en cuenta estos datos tambien se tomaron acciones correctivas, dentro de las cuales estan:

- Se sacaron de servicio los bancos N° 1 y 2, ya que de acuerdo a la demanda térmica, tener tres tanques acumulando hielo requería más tiempo encendido los compresores.
- Se apagaron dos compresores y los otros dos se encienden cuando la carga térmica aumenta.
- Se conectó La envasadora Elecster con el esterilizador Reda esto con el propósito de sacar de servicio el esterilizador ESSI C10, ya que demanda más frio en proporción que los demás equipos con un requerimiento de 80TR para su proceso.

**Tabla 10. Costo de Energéticos para la Operación de bancos de hielo.**

Bancos de hielo	Unidad	Valor Unitario pesos COP	Cantidad	Vr Total/hora pesos COP
B. Hielo 1 y 2	KW/H	\$400	971,68	\$388.672
B. Hielo 3	KW/H	\$400	11,4	\$4.560

### 7.2.5. Generación de Aire comprimido

El aire comprimido que se necesita en la planta, es utilizado en aplicaciones como: Activar cilindros neumáticos para llenadoras, equipos finales de empacado pasteurizadores, esterilizadores, CIP y control de presión del flujo en tuberías mediante válvulas accionadas con aire comprimido.

El sistema principal de generación de aire comprimido se encuentra compuesto por: Compresores, filtros, secadores, tanques pulmón o de almacenamiento de aire, drenadores, válvulas y presostatos, mientras que las redes de distribución de aire se distribuyen mediante sistemas en anillo con bajantes tipo cuello de ganso para las aplicaciones finales.

### 7.2.6. Evaluación del consumo de aire comprimido

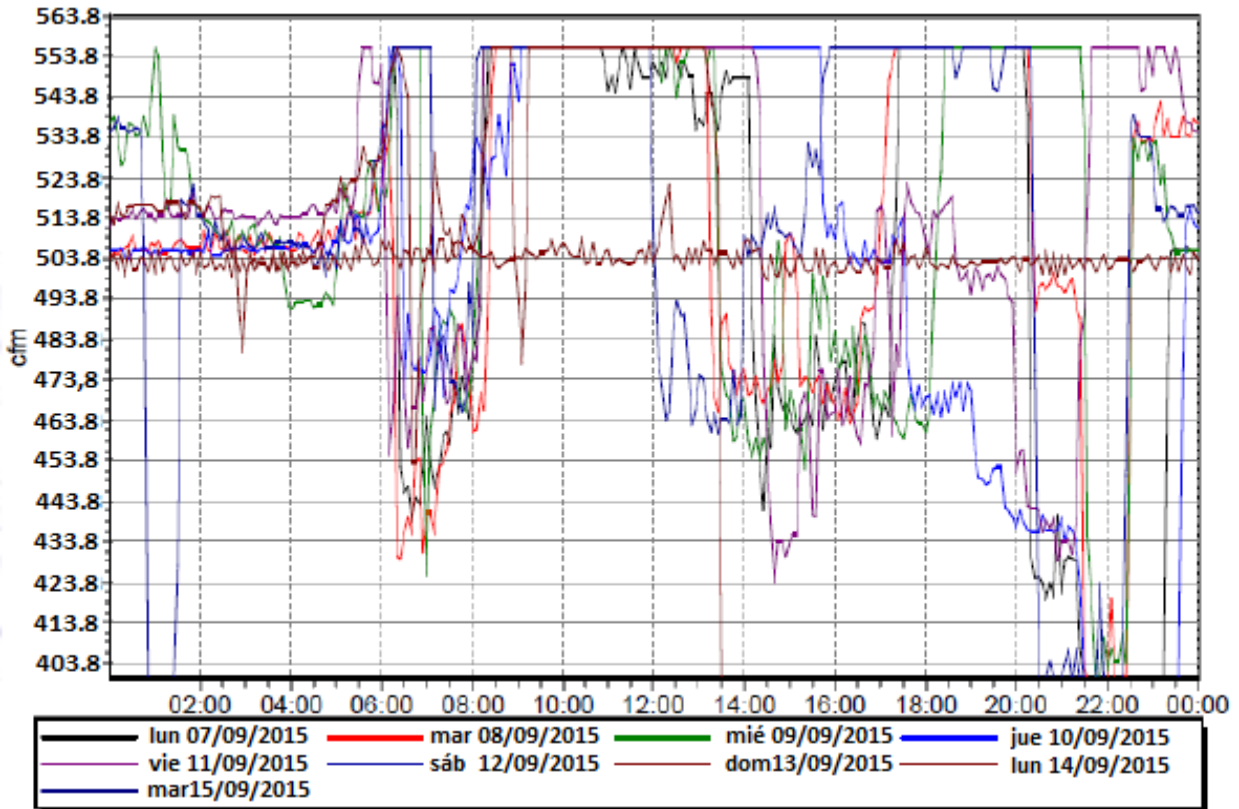
Actualmente en la planta de Freskaleche Bucaramanga cuenta con tres compresores SULLAIR, que suministran el aire comprimido requerido por los equipos de procesos las cuales son:

**Tabla 11. Potencia compresores.**

Compresor	Potencia HP	Caudal (cfm) Presión de 125PSI
Compresor N.1	60	276

Compresor N.2	75	344
Compresor N.3	60	276

Dentro de los datos técnicos de los equipos utilizados en la planta para las diferentes operaciones, estos no cuentan con información respecto al requerimiento de aire comprimido



que se necesita, para obtener estos datos, se realiza un monitoreo para evaluar la demanda requerida total dentro de las cuales se obtienen los siguientes datos.

*Gráfica 6. Evaluación del consumo de aire comprimido.*

De la gráfica anterior se observa que la mayor demanda en horarios pico de proceso se tiene un caudal máximo de 558cfm. Teniendo en cuenta estos datos, se llegó a la conclusión que no es necesario utilizar los tres compresores que se encuentran en la planta, estos datos indican que la demanda de aire comprimido se puede abastecer con los compresores de 60 y 75 HP, los cuales generan un caudal de 620cfm a 125psi y por ende satisfacen el 100% del requerimiento de aire comprimido de la planta, por lo cual no es necesario utilizar el compresor N°3. En la planta se tomó la decisión de dejar fuera de servicio dicho compresor con el fin de evitar el consumo de energía innecesario, pero dejándolo de soporte en caso que se requiera.

**Tabla 12. Costo de Energéticos para la Operación de compresores.**

Potencia	Unidad	Valor Unitario pesos COP	Cantidad	Vr Total/día pesos COP
60HP	KW/H	\$400	418	\$167.200
75HP	KW/H	\$400	693	\$277.200

### 7.2.7. Proyecto para la optimización del área de fermentación de Yogurt

Mediante los estudios energéticos que se han realizado en la empresa, se evidencia la importancia de llevar un seguimiento de los consumos que se presentan en la planta y a través de esto definir estrategias que permitan obtener un potencial de ahorro y optimización de los procesos. Mensualmente se realizan auditorias en donde se hace una evaluación de cada uno de los procesos productivos que se llevan a cabo en la planta, se había hecho un seguimiento del área de fermentación de yogurt en donde se identificaron varias falencias reiteradamente dentro de las cuales se encuentran:

1. Debido a la operación manual, el proceso de fermentación presentaba variabilidad en parámetros como viscosidad y PH, los cuales impactan directamente en el producto terminado.
2. Alargues de tiempo de producción como causa de la dependencia que existe en el criterio del operario para llevar a cabo el proceso de la fermentación del yogurt sin tener en cuenta los POES de elaboración del producto.
3. Sobre consumo de energía con respecto a la mala utilización de los equipos involucrados en el proceso.

Debido a estos factores se presentó una no conformidad por parte de los auditores, en la cual se estableció lo siguiente:

*Las acciones tomadas por los resultados de análisis microbiológicos de ambientes fuera de norma durante el 2016, del área de derivados no han sido apropiadas.*

*Las acciones tomadas por los productos no conformes por viscosidad menor al valor de referencia  $\leq 100$  cps de bebida láctea y de  $\leq 650$  para yogurt durante el 2016 no han sido apropiadas.*

**Tabla 13. Viscosidad tanques de Yogurt mes de julio del 2016.**

JULIO PRODUCTO TERMINADO
--------------------------

Días	TQ2	TQ4	TQ5	TQ6	Vlr Ref (cp)	
1	673	507		540	650	
5		687	947	907		
6	933		953	1000		
8	840	683	683	780		
11		807	650	663		
12	1107		1460	1433		
15		866	867	926		400
19	700	620	653			
20	700	873		867		
22	400		347	587		
25	647		460	540		
26	560	747	747	467		
27	680	773		800		
29	507	513		400		

De acuerdo a los datos anteriores se puede observar que en algunos casos no se cumple con los parámetros establecidos en la norma. Se analizó la situación presentada y se definió una estrategia para mejorar este proceso, para ello se llevó a cabo un proyecto de automatización, el cual está especificado de la siguiente forma:

#### 7.2.8. Objetivo del proyecto de los tanques de Yogurt

El objetivo principal del proyecto se basa en optimizar el proceso de mezclado de Yogurt, a través de la implementación de un sistema de automatización que permita mediante recetas definidas, ajustar la velocidad en los motores de los tanques de yogurt, de esta forma garantizar la mezcla adecuada según el producto. Con ayuda de este sistema se busca:

- Desarrollar un sistema automatizado de recetas para la elaboración de yogurt y garantizar las condiciones de cada proceso.

- Limitar la operación manual en los parámetros que afecten directamente el proceso de Yogurt.
- Cumplir con los parámetros de tiempos y viscosidad de acuerdo a lo referido por el área de calidad.
- Dar cumplimiento a las acciones correctivas levantadas en la no conformidad de ICONTEC Internacional.

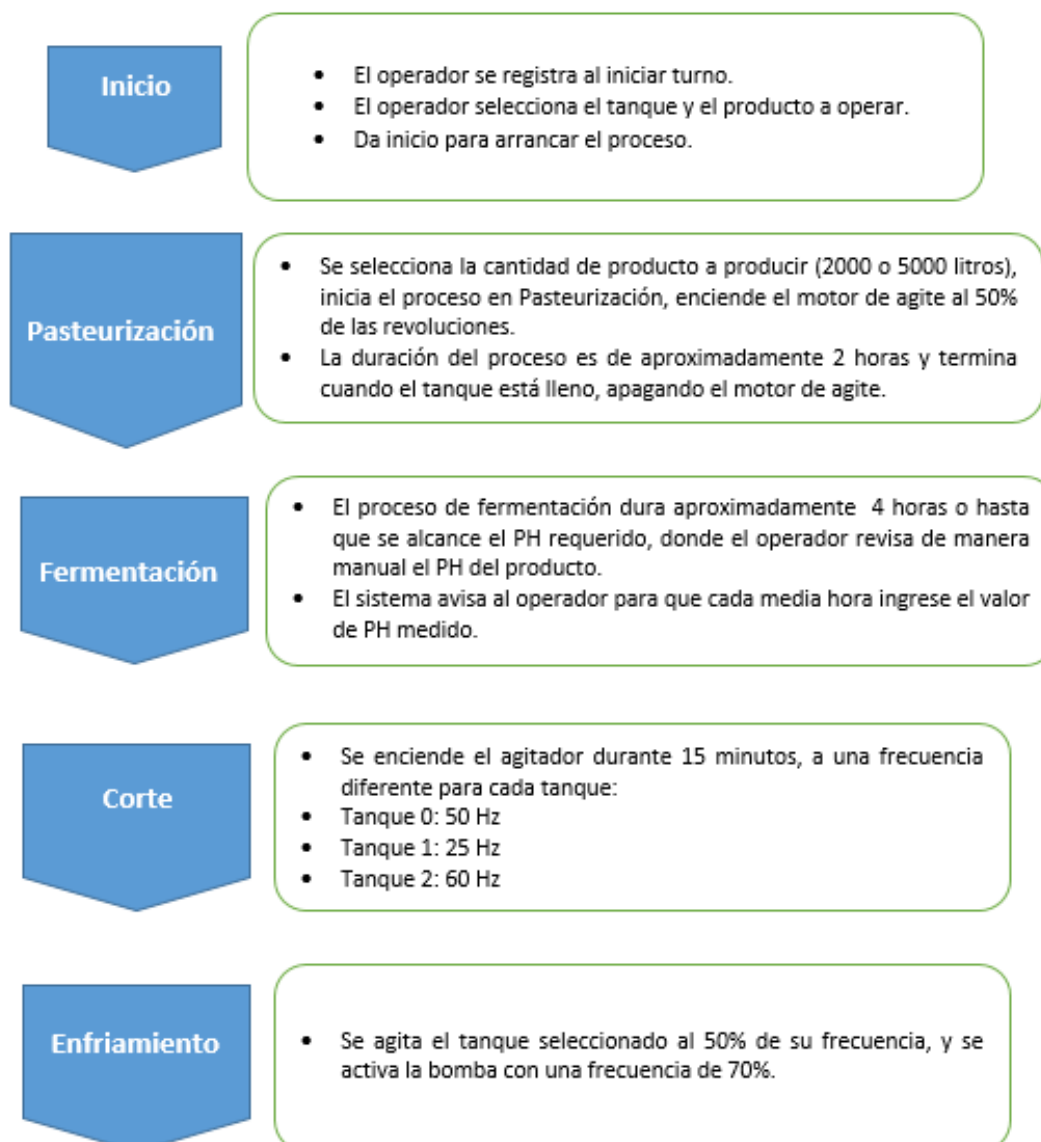
Este proyecto se realizó durante el periodo de:

Fecha de inicio: 22 de Julio del 2016

Fecha finalización: 23 de Agosto del 2016

### 7.2.9. Sistema automatizado para el control de los tanques

La implementación del sistema se llevó a cabo con ayuda de la empresa SPI (Servicios y Proyectos Industriales S.A.S), el proceso está diseñado de la siguiente forma:



Con la implementación de este sistema se logró obtener un mejor resultado en el proceso, cumpliendo con las normas establecidas y tomando las acciones correctivas apropiadas para atender a las no conformidades encontradas. En la siguiente tabla se puede corroborar la mejora del proceso al implementar el sistema de automatización.

**Tabla 14. Valor viscosidad en los tanque de Yogurt.**

Agosto 29 del 2016		Agosto 30 del 2016	
Tanque	Viscosidad	Tanque	Viscosidad
TQ1	886,7	TQ0	1313
TQ2	740	TQ1	1267
TQ5	773	TQ2	1147
TQ6	733	TQ4	986
TQ4	846,7	TQ5	913
TQ2	900	TQ6	786
TQ0	746,7	TQ2	1747
TQ10-11	766,7	TQ0	920
TQ7	733,3	TQ7	1233
TQ8	720	TQ8-9	1367
TQ9	753,3		

Los datos obtenidos en la tabla anterior fueron tomados un día sin usar el sistema de automatización y otro día haciendo uso de este, se puede observar que hay una mejoría en los parámetros de viscosidad cumpliendo con lo establecido en la norma y aumentando los niveles, lo cual hace que el producto contenga mejores características, es decir, se logró una mejora de calidad.

Se ha llevado una supervisión del sistema en donde se observa que los tiempos definidos para los pasos de producción se ven afectados por la dependencia del operador, este aún tiene una interacción directa en el proceso verificando de forma manual el PH del producto. Para evitar estos inconvenientes se hace necesario la implementación de sensores de temperatura y PH para ejecutar de manera autónoma el cambio de paso de producción, de modo que el sistema sea más óptimo y se logren mejores resultados en el producto final.



En la empresa se han llevado a cabo varias acciones para mejorar la eficiencia energética, lo cual se ve reflejado en un ahorro y reducción de costos asociados, cumpliendo con las exigencias de los estándares de producción.

**Tabla 15. Comparación valor y consumo de energía eléctrica.**

Valor Prom.Energia	Costo (Pesos)	Incremento	Consumo de Energía(KW/H)	Incremento	Litros Procesados	Incremento
Año 2015	\$297,75	11,55%	396,244	0,09%	43.062.491	5,20%
Año 2016	\$336,36		396,400		45.420.586	

Como se puede observar en los datos obtenidos entre el consumo de energía y los costos generados en el año 2015 y 2016, se han optimizado algunos de los procesos productivos reduciendo el uso de la energía pero generando una mayor cantidad de producto, esto gracias al estudio y análisis realizado en cada una de las etapas de producción de las diferentes áreas. Aquí se evidencia cómo el implementar una gestión energética ayuda a reducir costos y aumentar la competitividad de la empresa. Estas mejoras se llevaron a cabo haciendo un estudio manual y se lograron grandes resultados, ahora, si se implementa un sistema automatizado de monitoreo permanente se puede llevar un mejor control de los procesos para determinar las oportunidades de ahorro y ejecución de las mismas.

### **7.3. Software de supervisión y gestión energética Synergy**

Para implementar un sistema de gestión energética se precisa de una metodología que sea aplicable en la empresa y se pueda llevar a cabo un mejor aprovechamiento de la energía, partiendo de la adquisición de datos respecto al consumo energético de la planta.

Es fundamental conocer el consumo de energía de los diferentes equipos que intervienen en los procesos de elaboración de cada uno de los productos. El éxito en toda empresa se mide por el grado de rentabilidad de la misma, por lo tanto una empresa eficiente energéticamente en todos los procesos de manufactura permite entregar un producto final con la misma o mejor calidad y a una fracción menor del costo de producción traduciéndose en un producto a un precio más competitivo. La carencia de información precisa sobre el consumo de energía (WAGES) en los equipos conllevaría a la errónea toma de decisiones para el plan energético

no se podrá analizar la viabilidad técnica y económica de implementar mejoras en este sentido. Un buen sistema de medición permitirá a la empresa traducir el consumo de energía kw/ h, m<sup>3</sup> de gas/ h, galón ACPM/ día; con el objetivo de establecer los costos reales de transformación de los productos.

Un buen sistema de monitoreo el cual sea capaz de capturar con la mayor precisión del caso las distintas variables (liquido gaseoso y/o flujo eléctrico). Ello permitirá a la empresa traducir el consumo de energía kw/ h, m<sup>3</sup> de gas/ h, galón ACPM/ día; con el objetivo de establecer los costos reales de transformación de los productos.

### **7.3.1. ¿Qué es SYNERGY?**

SYNERGY es un software de supervisión y gestión energética basado en las tecnologías más modernas que permiten el acceso a los datos mediante un navegador Web. Se trata de un soporte valido para las actividades indicadas en la normativa EN ISO 50001 “Sistemas de gestión de la energía – Requisitos con orientación para su uso”. Dentro de sus funciones, se puede consultar valores instantáneos, es decir se hace un monitoreo en tiempo real, registro de datos en archivos de historial, análisis de la calidad de la energía. Este software permite verificar todos los datos provenientes de los productos LOVATO electric.

### **7.3.2. Funciones**

Dentro de sus funciones se encuentran:

- Comunicación con todos los dispositivos LOVATO Electric, a través de puertos serie, Ethernet o modem.
- Consulta de valores instantáneos
- Registro de datos en archivos de historial
- Lectura de consumos energéticos
- Visualización de gráficos de tendencia
- Informes automáticos por periodos de consumo, tanto en formato analítico como grafico
- Gestión de alarmas, localmente o por email
- Análisis de calidad de la energía
- Parametrización de aparatos en campo



- Gestión de los niveles de acceso

*Figura 10. Páginas graficas del software SYNERGY.*

### 7.3.3. Niveles de acceso

Synergy permite el acceso a una gran cantidad de usuarios con diferentes niveles y autorizaciones de acceso. Existen tres niveles acceso:

- Administrador: acceso completo a todas las funciones.
- Súper usuarios: visualización de los dispositivos de campo definidos por el administrador, con posibilidad de crear y modificar páginas gráficas, informes de historial y respectivas exportaciones, así como de modificar los parámetros de los dispositivos.
- Usuarios: visualización de los dispositivos de campo definidos por el administrador y sus respectivas páginas.

### 7.3.4. Página inicial de Synergy

Se concentran en una única página los principales datos diagnósticos que permiten identificar rápidamente las eventuales anomalías de todo el sistema a supervisar. En la página inicial se pueden encontrar los siguientes datos:

- Lista de las últimas 10 alarmas.

- Síntesis del estado de los canales de comunicación y los dispositivos.
- Conexión a las principales páginas gráficas y diagramas de evolución preferidos.

### **7.3.5. Redes/ canales de comunicación**

Synergy permite interconectar solo los dispositivos LOVATO Electric. Gestiona simultáneamente varios canales de comunicación con configuraciones independientes (protocolos, velocidades, etc.). Por canales se entienden las diferentes direcciones TCP/IP y cualquier otro puerto de comunicación (RS232, RS485, etc.). Además de la conexión material de los dispositivos mediante redes cableadas (RS232, RS485 y Ethernet), Synergy permite también la gestión de módems analógicos y GSM/GPRS.

Los protocolos de comunicación disponibles son Modbus RTU, Modbus ASCII y Modbus TCP/IP. Los dispositivos LOVATO Electric directamente conectados a la red Ethernet pueden configurarse para utilizar también la dirección TCP/IP dinámica.

### **7.3.6. Páginas gráficas**

Synergy permite crear una cantidad ilimitada de páginas e introducir imágenes estáticas e indicadores dinámicos de varios tipos y fácil configuración. Por tanto, el usuario puede realizar páginas con vistas generales de instalaciones, representaciones topográficas y tablas sinópticas de la red eléctrica, así como páginas líneas eléctricas individuales y aplicaciones con todos los datos detallados.

Mediante algunos botones es posible enviar mandos a las instalaciones, solo si estos están previstos en los dispositivos de campo. La configuración de las páginas también permite introducir botones para la navegación interactiva entre páginas. Existen los siguientes elementos dinámicos:

- Instrumento analógico de 90° y 270°.
- Instrumento digital.
- Instrumento digital con gráfico de barras verticales u horizontales.
- Contador de 10 dígitos.
- Etiqueta simple o con imagen dinámica.
- Panel de mediciones múltiples.
- Evolución de cada medición.
- Gráfico de barras sobre el estado de armónicos.

### **7.3.7. Archivos de historial (datalog)**

Synergy permite registrar los datos obtenidos de los dispositivos de campo en varios archivos de historial de capacidad ilimitada, cada uno con diferentes configuraciones que el usuario puede personalizar libremente. Por tanto, es posible reunir varios datos por tiempo de muestreo, por ejemplo: las cuentas de la energía eléctrica o de los consumos de gas cada 60 minutos, las potencias activas medias cada 15 minutos, las potencias activas y las corrientes cada 10 minutos, etc.), por línea, por sección o por área.

Las medidas obtenidas de los dispositivos pueden servir como parámetros para funciones matemáticas que permiten calculo/elaboración de datos adicionales que no se encuentran fácilmente o en absoluto en la instalación (ej. Suma de los consumos de un área para calcular los costos de los consumos en la moneda vigente, etc.). Es posible efectuar la exportación automática de cada archivo con frecuencia personalizable (diaria, semanal o mensual) y en los formatos estándar de Excel o texto. Los archivos creados pueden guardarse en el disco duro y enviarse por e-mail o FTP.

Si la red de datos presenta eventuales carencias de fiabilidad, es posible crear archivos de datos en memorias suplementarias instaladas directamente en los dispositivos, siempre y cuando sean expansibles con EXM 1030, o EXP 1030. Synergy se encargara de recuperar automáticamente los datos de las memorias al restablecerse la conexión de la red.

### **7.3.8. Diagramas de evolución**

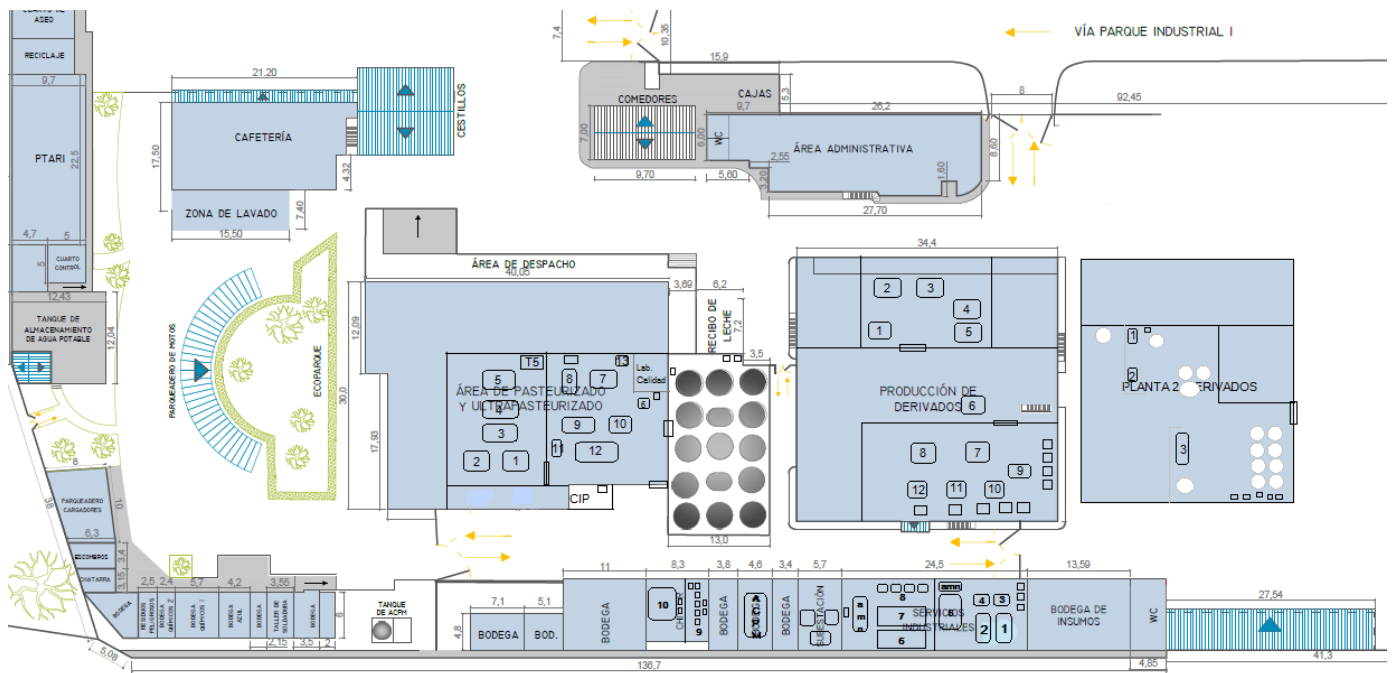
Los datos registrados en los archivos de historial también pueden visualizarse en forma gráfica.

### **7.3.9. Alarmas**

Los datos registrados en los archivos (datalogging) pueden utilizarse para elaborar controles sobre el funcionamiento de las instalaciones. Las mismas alarmas pueden convertirse en mandos transmitidos a los dispositivos para la gestión automática de la instalación.

## **7.4. Arquitectura sistema de gestión energética**

Para implementar el sistema se debe tener un diseño de la arquitectura de este, así como su ubicación de modo que se tenga una vista más amplia de cómo quedará estructurado dentro de las instalaciones de la planta. [26]



### 7.4.1. Ubicación equipos planta freskaleche bucaramanga

Figura 11. Ubicación equipos del proceso de producción.

Tabla 16. Descripción ubicación equipos en la planta Freskaleche Bucaramanga.

ÁREA	UBICACIÓN	EQUIPO
SERVICIOS INDUSTRIALES	1	Caldera 200 BHP
	2	Caldera 100 BHP
	3	Tanque Condensado C. 100BHP
	4	Tanque Condensado C. 200BHP
	5	Banco de Hielo 3
	6	Banco de Hielo 2
	7	Banco de Hielo 1
	8	Compresores

	9	Secadores Sullair y compresores
	10	Compresor CHILLER
<b>LECHES</b>	1	PREPAC 2
	2	PREPAC 1
	3	ESSI 2728
	4	ELECSTER
	5	ESSI 1330
	6	BACTOFUGADORA
	7	Pasteurizador Tecnar
	8	Homogenizador FBF 128
	9	Esterilizador UHT10
	10	TETRAPACK
	11	Tetra Aldose
	12	Esterilizador REDA
	13	Clarificadora
<b>DERIVADOS</b>	1	PRIMO EBR
	2	JUNIOR
	3	ESSI R6
	4	PRIMO 1
	5	PRIMO 2
	6	Enfardadora

<b>PLANTA 1</b>	7	SOLPAK 1
	8	SOLPAK 2
	9	Brasholanda
	10	TWIN 1
	11	TWIN 2
	12	TWIN 3
<b>DERIVADOS PLANTA 2</b>	1	Pasteurizador Tangelo
	2	Tanque Mezcla Tangelo
	3	Pasteurizador Yogurt

### 7.5. Arquitectura red de comunicación con el software SYNERGY

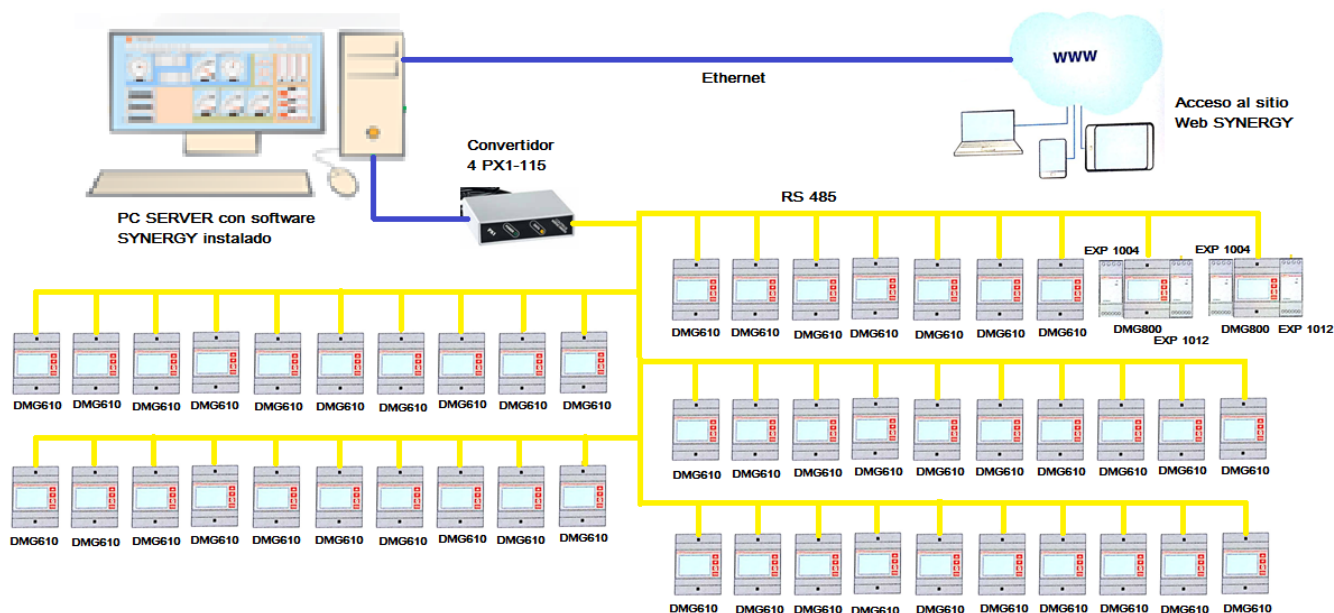


Figura 12. Arquitectura sistema de gestión energética.

Para la comunicación de los equipos con el software SYNERNY se utilizara las direcciones TCP/IP con puerto RS485 para los medidores, estos serán llevados a un convertidor



RS485/ETHERNET para llevar toda la información suministrada al servidor del software y de esta forma acceder a todo el sistema desde el pc o cualquier otro dispositivo que se configure.

## 7.6. Especificaciones de equipos para la implementación del sistema

Para tener la información adecuada y detallada de los consumos energéticos de la planta, es necesario un medidor para cada equipo y obtener toda la información de cada uno de los procesos. A continuación una breve descripción de los dispositivos a utilizar para la adquisición de datos:

### 7.6.1. Multímetro digital DMG610



Multímetro digital con grafico retro iluminado y pantalla LCD, 72X46MM/2.8X1.8”, expandible, alimentación auxiliar 100-440 VAC / 120-250 VCD, puerto óptico frontal y puerto de comunicación RS485.

### 7.6.2. Multímetro digital DMG800



Tamaño 96mmX96mm, pantalla LCD. Alimentación auxiliar 100-440VAC/110-250 VCD, corriente de entrada 5A o 1A, 344 medidas eléctricas, con expansiones. Puerto de comunicación RS485.

### 7.6.3. Convertidor 4 PX1-115



Convertidor de unidad RS232/RS485, galvanica, fuente de alimentacion 220-240 VAC, repetidor para extension bus RS485.

#### 7.6.4. Expansión EXP1004



Módulo de expansión para montaje de los productos de la serie, 2 entradas analógicas, opto aislado 0/4-20MA, PT100, 0-10V o  $\pm 5V$ .

#### 7.6.5. Transformador de corriente DM5T



Frecuencia de funcionamiento: 50...60Hz. Corriente secundaria: 5<sup>a</sup>. Sobrecorriente permanente: 120% I<sub>pn</sub>. Tensión de aislamiento U<sub>i</sub>: 720V. Corriente nominal térmica de corta duración I<sub>th</sub>: 40...60I<sub>pn</sub> durante 1 segundo. Corriente dinámica nominal I<sub>dyn</sub>: 2,5I<sub>th</sub> durante 1 segundo. Aislamiento al aire: clase E. Fijación terminales: de tornillo Cubrebornes precintables y elementos de fijación de Serie. Grado de protección: IP30

## 7.7. Presupuesto para la implementación del sistema

**Tabla 17. Presupuesto implementación sistema de gestión energética.**

<b>Código</b>	<b>Referencia</b>	<b>Descripción</b>	<b>Valor/u</b>	<b>Unidad</b>	<b>Valor total</b>
<b>LOV0863</b>	DMG610	MULTÍMETRO DMG 610,LCD ICON, ALIM 90-440VAC,EXPAND, RS485	\$ 591.024,00	47	\$ 27.778.128,00
<b>LOV0309</b>	4 PX1-115	CONVERTIDOR RS232/RS485 220-240VAC.	\$ 1.305.252,00	1	\$ 1.305.252,00
<b>LOV0545</b>	DMG 800	MULTÍMETRO DMG 800, LCD, 344 PARÁMETROS, ALIM 90-484VAC.	\$ 906.144,00	2	\$ 1.812.288,00
<b>LOV0644</b>	EXP 1004	MOD.EXPANSION EXP 1004,2 IN ANÁLOGAS PARA DMG 800 Y 900.	\$ 741.840,00	2	\$ 1.483.680,00
<b>LOV0647</b>	EXP 1012	MOD.EXPANSION EXP1012, PUERTO COMUNICACIÓN RS-485 PARA DMG.	\$ 214.128,00	2	\$ 428.256,00
<b>DM35T 1000</b>	DM5T	TRANSFORMADOR DE CORRIENTE.	\$ 823.560,00	4	\$ 3.294.240,00
<b>Código</b>	<b>Valor U(USD)</b>	<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>V (USD)</b>	<b>Valor total</b>
<b>SYN1SET</b>	\$ 1.733,12	DVD/USB MEMORY FOR SYNERGY SETUP FILE.	1	\$ 1.733,12	\$ 5.045.112,32
<b>SYN1S005</b>	\$ 692,33	SYNERGY LISENCE FOR 5 DEVICES.	0	\$ -	\$ -
<b>SYN1S020</b>	\$ 2.016,97	SYNERGY LISENCE FOR 20 DEVICES.	3	\$ 6.050,91	\$ 17.614.199,01
				<b>VALOR TOTAL</b>	<b>\$ 55.466.915,33</b>

La implementación del Sistema de supervisión y gestión energética contando con todos los equipos y licencias necesarias para su elaboración tiene un costo de inversión inicial de \$ 55.466.915 (pesos). Siguiendo con el estudio económico del proyecto de inversión, se determinó el tiempo de recuperación de la inversión inicial del sistema analizando los flujos de caja del proyecto, cuantificación de beneficios y costos en términos monetarios.

**Tabla 18. Proyección de beneficios y costos del sistema**

Descripción	Ahorro diario (pesos)	Ahorro mensual (pesos)
Compresores	\$ 167.200	\$ 4.372.200
Bancos de Hielo	\$ 388.672	\$ 10.105.472
Calderas	\$ 259.673	\$ 6.751.498
<b>Total Ahorro mensual</b>		<b>\$ 21.229.170</b>
Descripción	Costo (pesos)	
Mano de obra	\$ 2.233.185	
Instalación eléctrica	\$ 25.000.000	
Diseño software	\$ 5.000.000	
<b>Total costos</b>	<b>\$ 32.233.185</b>	

Para determinar el payback PB (Años de pago por tecnología implementada) es necesario realizar un análisis de los flujos negativos y positivos originados por el proyecto de inversión.

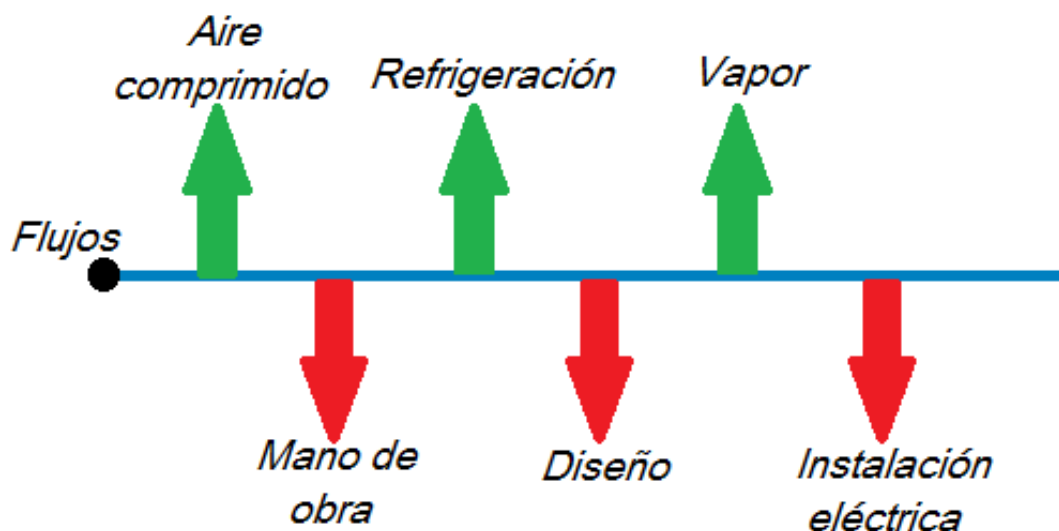


Figura 13. Flujos de caja originados en el proyecto de inversión.

Teniendo identificados los flujos y el costo de estos se logra obtener el PB:

$$PB = \frac{\sum A}{\sum Q}$$

Donde,

$\sum A$  : Sumatoria de la inversión inicial más el valor presente de todos los flujos negativos (VPN).

$\sum Q$  : Suma de todos los flujos positivos originados por el proyecto de inversión.

TASA: 10,53%

VPN: \$ -29.280.200

$$PB = \frac{\$ 55.466.915 - \$ 29.280.200}{\$ 21.229.170} = 1,23$$

El sistema propuesto tiene retribución en un tiempo medio de aproximadamente año y medio, teniendo en cuenta la inversión inicial representada únicamente en equipos y licencias del software, en donde el 38,27% del capital invertido se ve reflejado mensualmente en la reducción de costos operativos.

## MARCO LEGAL

### LEY 1715 DE 2014

Por medio de la cual se regula la integración de las energías renovables no convencionales al Sistema Energético Nacional. El congreso de Colombia decreta:

### CAPITULO I

**Artículo 1°. Objeto.** La presente ley tiene por objeto promover el desarrollo y la utilización de las fuentes no convencionales de energía, principalmente aquellas de carácter renovable, en el sistema energético nacional, mediante su integración al mercado eléctrico, su participación en las zonas no interconectadas y en otros usos energéticos como medio necesario para el desarrollo económico sostenible, la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y la seguridad del abastecimiento energético. Con los mismos propósitos se busca promover la gestión eficiente de la energía, que comprende tanto la eficiencia energética como la respuesta de la demanda.

**Artículo 2°. Finalidad de la ley.** La finalidad de la presente ley es establecer el marco legal y los instrumentos para la promoción del aprovechamiento de las fuentes no convencionales de energía, principalmente aquellas de carácter renovable, lo mismo que para el fomento de la inversión, investigación y desarrollo de tecnologías limpias para producción de energía, la eficiencia energética y la respuesta de la demanda, en el marco de la política energética nacional. Igualmente, tiene por objeto establecer líneas de acción para el cumplimiento de compromisos asumidos por Colombia en materia de energías renovables, gestión eficiente de la energía y reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, tales como aquellos adquiridos a través de la aprobación del estatuto de la Agencia Internacional de Energías Renovables (Irena) mediante la Ley 1665 de 2013.

Son finalidades de esta ley:

- a) Orientar las políticas públicas y definir los instrumentos tributarios, arancelarios, contables y de participación en el mercado energético colombiano que garanticen el cumplimiento de los compromisos señalados en el párrafo anterior;
- b) Incentivar la penetración de las fuentes no convencionales de energía, principalmente aquellas de carácter renovable en el sistema energético colombiano, la eficiencia energética y la respuesta de la demanda en todos los sectores y actividades, con criterios de sostenibilidad medioambiental, social y económica;
- c) Establecer mecanismos de cooperación y coordinación entre el sector público, el sector privado y los usuarios para el desarrollo de fuentes no convencionales de energía, principalmente aquellas de carácter renovable, y el fomento de la gestión eficiente de la energía;
- d) Establecer el deber a cargo del Estado a través de las entidades del orden nacional, departamental, municipal o de desarrollar programas y políticas para asegurar el impulso y uso de mecanismos de fomento de la gestión eficiente de la energía de la penetración de las fuentes no convencionales de energía, principalmente aquellas de carácter renovable, en la canasta energética colombiana;
- e) Estimular la inversión, la investigación y el desarrollo para la producción y utilización de energía a partir de fuentes no convencionales de energía, principalmente aquellas de carácter renovable, mediante el establecimiento de incentivos tributarios, arancelarios o contables y demás mecanismos que estimulen desarrollo de tales fuentes en Colombia;
- f) Establecer los criterios y principios que complementen el marco jurídico actual, otorgando certidumbre y estabilidad al desarrollo sostenible de las fuentes no convencionales de energías, principalmente aquellas de carácter renovable, y al fomento de la gestión eficiente de la energía. Suprimiendo o superando gradualmente las barreras de tipo jurídico, económico y de mercado, creando así las condiciones propicias para el aprovechamiento de las fuentes no convencionales de energía, principalmente aquellas de carácter renovable, y el desarrollo de un mercado de eficiencia energética y respuesta de la demanda;
- g) Fijar las bases legales para establecer estrategias nacionales y de cooperación que contribuyan al propósito de la presente ley.

**Artículo 3°.** Ámbito de aplicación. El ámbito de aplicación de la presente ley cubre a todos los agentes públicos y privados que intervengan en la definición de políticas sectoriales en el desarrollo y el aprovechamiento de las fuentes no convencionales de energía, principalmente aquellas de carácter renovable, en el fomento de la gestión eficiente de la energía, y en la

prestación del servicio de energía eléctrica y sus actividades complementarias conforme a lo dispuesto en las Leyes 142 y 143 de 1994 y demás normas complementarias.

**Artículo 6°.** Competencias administrativas. Corresponde al Gobierno Nacional, el ejercicio de las siguientes competencias administrativas con sujeción a lo dispuesto en la presente ley, del siguiente modo:

**1. Ministerio de Minas y Energía.**

- a) Expedir dentro de los doce (12) meses siguientes a la entrada en vigencia de esta ley los lineamientos de política energética en materia de generación con FNCE en las Zonas No Interconectadas, la entrega de excedentes de autogeneración a pequeña y gran escala en el Sistema Interconectado Nacional, la conexión y operación de la generación distribuida, el funcionamiento del Fondo de Energías no Convencionales y Gestión Eficiente de la Energía y demás medidas para el uso eficiente de la energía. Estos lineamientos deberán corresponder a lo definido en esta ley y las Leyes 142 y 143 de 1994.
- b) Establecer los reglamentos técnicos que rigen la generación con las diferentes FNCE, la generación distribuida y la entrega de los excedentes de la autogeneración a pequeña escala en la red de distribución;
- c) Expedir la normatividad necesaria para implementar sistemas de etiquetado e información al consumidor sobre la eficiencia energética de los procesos, instalaciones y productos manufacturados;
- d) Participar en la elaboración y aprobación de los planes de fomento a las FNCE y los planes de gestión eficiente de la energía;
- e) Propender por un desarrollo bajo en carbono del sector de energético a partir del fomento y desarrollo de las fuentes no convencionales de energía y la eficiencia energética.

**2. Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG).**

- a) Establecer los procedimientos para la conexión, operación, respaldo y comercialización de energía de la autogeneración distribuida, conforme los principios y criterios de esta ley, las Leyes 142 y 143 de 1994 y los lineamientos de política energética que se fijen para tal fin.

La Comisión establecerá procedimientos simplificados para autogeneradores con excedentes de energía menores a 5MW;

- b) Establecer los mecanismos regulatorios para incentivar la respuesta de la demanda y la mejora de la eficiencia energética en el Sistema Interconectado Nacional, conforme los principios y criterios de esta ley, las Leyes 142 y 143 de 1994 y los lineamientos de política energética que se fijen para tal fin.

**3. Unidad de Planeación Minero-Energética (UPME).**

- a) Definir y mantener actualizado el listado y descripción de las fuentes de generación que se consideran ENC;
- b) Definir el límite máximo de potencia de la Autogeneración a Pequeña Escala;
- c) Realizar programas de divulgación masiva y focalizada sobre la Autogeneración de Pequeña Escala y el uso eficiente de la energía.

#### **4. Ministerio de Hacienda y Crédito Público.**

- a) Otorgar subvenciones y otras ayudas para el fomento de investigación y desarrollo de las FNCE y el uso eficiente de la energía a las universidades públicas y privadas, ONG y fundaciones sin ánimo de lucro que adelanten proyectos en este campo debidamente avalados por Colciencias, según lo establecido en la Ley 29 de 1990 y el Decreto número 393 de 1991;
- b) Participar conjuntamente con los Ministerios de Minas y Energía y de Ambiente y Desarrollo Sostenible, en la elaboración y aprobación de los Planes de gestión eficiente de la energía y los planes de fomento a las FNCE, principalmente aquellas de carácter renovable.

#### **5. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.**

- a) En el marco de sus competencias, incorporar en las políticas ambientales, los principios y criterios ambientales de las FNCE, la cogeneración, la autogeneración, la generación distribuida y la gestión eficiente de la energía que conlleven beneficios ambientales, para impulsarlas a nivel nacional;
- b) Participar conjuntamente con los Ministerios de Minas y Energía y de Hacienda y Crédito Público en la elaboración y aprobación de los planes de gestión eficiente de la energía y los planes de desarrollo de FNCE;
- c) Evaluar los beneficios ambientales con respecto a la promoción, fomento y uso de FNCE;
- d) Establecer el procedimiento y los requisitos para la expedición de la certificación de beneficios ambientales, para el otorgamiento de los beneficios tributarios por el uso de FNCE, la cogeneración, autogeneración y la generación distribuida, así como por la gestión eficiente de la energía, conforme lo dispuesto en la presente ley y con base en los lineamientos de política energética en materia de generación con FNCE y de eficiencia energética que establezca el Ministerio de Minas y Energía;
- e) Apoyar al Ministerio de Minas y Energía para velar por un desarrollo bajo en carbono del sector energético, a partir del fomento y desarrollo de las fuentes no convencionales de energía y la eficiencia energética;
- f) Fomentar las actividades de investigación científica, desarrollo tecnológico e innovación de interés, en el campo de las energías renovables y del ahorro y la eficiencia energética.

#### **6. Autoridad Nacional de Licencias Ambientales.**



a) Establecer un ciclo de evaluación rápido para proyectos relativos a la ampliación, mejora y adaptación de las redes e instalaciones eléctricas y de hidrocarburos, proyectos de FNCE, cogeneración, autogeneración, generación distribuida y de gestión eficiente de la energía que conlleven beneficios para el medio ambiente, en procura de contribuir a garantizar una adecuada calidad y seguridad en el suministro de energía, con un mínimo impacto ambiental y de manera económicamente sostenible para lograr las finalidades señaladas en esta ley.

## **CAPÍTULO II**

### **Disposiciones para la generación de electricidad con FNCE y la gestión eficiente de la energía**

**Artículo 7°.** Promoción de la generación de electricidad con FNCE y la gestión eficiente de la energía. El Gobierno Nacional promoverá la generación con FNCE y la gestión eficiente de la energía mediante la expedición de los lineamientos de política energética, regulación técnica y económica, beneficios fiscales, campañas publicitarias y demás actividades necesarias, conforme a las competencias y principios establecidos en esta ley y las Leyes 142 y 143 de 1994.

**Artículo 10.** Fondo de Energías No Convencionales y Gestión Eficiente de la Energía (Fenoge). Créese el Fondo de Energías No Convencionales y Gestión Eficiente de la Energía para financiar programas de FNCE y gestión eficiente de la energía. Los recursos que nutran este Fondo podrán ser aportados por la Nación, entidades públicas o privadas, así como por organismos de carácter multilateral e internacional. Dicho Fondo será reglamentado por el Ministerio de Minas y Energía y administrado por una fiducia que seleccione el Ministerio de Minas y Energía para tal fin.

Con los recursos del Fondo se podrán financiar parcial o totalmente, entre otros, programas y proyectos dirigidos al sector residencial de estratos 1, 2 y 3, tanto para la implementación de soluciones de autogeneración a pequeña escala, como para la mejora de eficiencia energética mediante la promoción de buenas prácticas, equipos de uso final de energía, adecuación de instalaciones internas y remo delaciones arquitectónicas.

Igualmente se podrán financiar los estudios, auditorías energéticas, adecuaciones locativas, disposición final de equipos sustituidos y costos de administración e interventoría de los programas y/o proyectos.

Los proyectos financiados con este Fondo deberán cumplir evaluaciones costo-beneficio que comparen el costo del proyecto con los ahorros económicos o ingresos producidos. [25]

## **IMPACTO AMBIENTAL**

La evaluación de Impacto Ambiental se realiza en Colombia desde aproximadamente la década de los setenta momentos en el cual se dio a conocer el Código de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente. En la conferencia realizada en Río de Janeiro en 1992 por la Naciones Unidas se llegó a un acuerdo donde se estableció la ejecución de la evaluación de impacto ambiental a cualquier actividad que pudiera generar afectaciones negativas al medio ambiente, en calidad de instrumento de referencia; la implementación de este instrumento se exige en el país luego de la expedición de la Ley 99 de 1993, donde se establecen los principios generales de la política ambiental de Colombia.

Debido a la constante utilización de una forma derrochadora y el incremento del precio de las fuentes clásicas de energía (Combustibles fósiles), se ha venido presentando un agotamiento progresivo de estos, situación que hace reflexionar sobre la manera de como poder obtener este tipo de energía con las mismas características, presente la misma funcionalidad y eficiencia para esta sociedad consumista, y adicionalmente que los efectos secundarios generados por la emisión de CO<sub>2</sub> a la atmosfera debido a la combustión del petróleo, carbón y gas, sean lo mínimamente nocivos para el ambiente y la salud de las personas que habitan el planeta tierra. Por tales motivos se ha visto la necesidad de sustituir la energía principal por otras energías renovables e insertando en la agenda la eficiencia energética como una herramienta fundamental en la reducción de la demanda cuando esta no responde a una mejor calidad de vida. [24]

## CONCLUSIONES

- Se realizó el diagnóstico energético en las áreas de producción y servicios industriales de la planta Freskaleche Bucaramanga, donde se analizó el consumo y costo de los sistemas de refrigeración, aire comprimido, generación de vapor y energía eléctrica.
- Para la adquisición de datos, monitoreo y análisis detallado de los sistemas de producción, se hizo un estudio del software SYNERNY para la supervisión y gestión energética basado en la red, el cual permitió realizar el monitoreo en tiempo real del procesamiento de la leche, derivados y servicios industriales, donde se registraron cantidad de energía eléctrica, galones/hora, ACPM, aire comprimido, entre otros.
- Se seleccionó y describió una arquitectura basada en la red, utilizando el protocolo de comunicación Modbus TCP/IP , los medidores utilizados pertenecen a la familia LOVATO electric los cuales contienen un puerto de comunicación RS485, cada uno de estos fue llevado a un convertidor de ETHERNET y posteriormente implementado en el software a través de la página del sistema, la cual se accede con los usuarios definidos a los procesos en tiempo real de la planta y monitoreando los parámetros energéticos más relevantes.
- Se determinó el presupuesto para la implementación del software, los equipos de medición y las licencias necesarias del sistema, se realizó el análisis del costo beneficio a partir de la tasa de retorno de la inversión.

Estudios sobre el impacto de los sistemas de eficiencia energética muestran que cuando se facilita información respecto a la eficiencia del equipo, se definen estrategias con las cuales

se puede lograr un ahorro significativo de los procesos donde están involucrados estos, lo que posteriormente se ve reflejado en los costos de producción de la planta.

Debido a la necesidad de las empresas de llevar un registro completo sobre la eficiencia y consumo energético, es imposible gestionar adecuadamente una instalación eléctrica si previamente no se tiene información acerca de la misma. Por esta razón se han implementado diferentes herramientas dentro de la industria para la adquisición, almacenamiento, visualización y análisis de dichas instalaciones. Actualmente existen software dedicado al sistema integrado de gestión, con los cuales se logra obtener información de todos los procesos de la empresa en Tiempo Real, permiten monitorizar y controlar la instalación eléctrica de una forma sencilla y eficaz, en donde se puede llevar un estudio de múltiples parámetros, desde contadores de electricidad (voltaje, corriente, potencia), agua, gas, temperatura, presión, sistemas de compensación de energía reactiva, hasta analizadores de redes.

## **RECOMENDACIONES**

1. Instalar sensores de PH y temperatura en los tanques de Yogurt y llevar estos datos al sistema de control de mezclas de los mismos.
2. Crear una red global para comunicar cada uno de los equipos de las áreas a través de un controlador principal y de esta forma acceder a toda la información de los procesos.
3. Automatizar el sistema del pasteurizador de Yogurt, agregando sensores para optimizar el proceso.
4. Asegurar que todos los equipos que se vayan agregando a los procesos tengan un protocolo de comunicación para ser integrado en la red principal.
5. Implementar un sistema para el nivel de los tanques de almacenamiento y recibo de leche.
6. Cambiar y/o automatizar el tablero del pasteurizador de leche.
7. Adecuar el tablero de potencia y control de los tanques de almacenamiento y recibo de leche.
8. Instaurar un sistema de registro y control de entrada y salida de leche en la sección de recibos.
9. Adecuar el tablero de potencia y control en el área de UHT.
10. Mejorar el sistema de CIP, instalando sensores de PH y flujo.
11. Automatizar el sistema de aire comprimido, colocando medidores en los compresores.
12. Automatizar el sistema de refrigeración, control de los bancos de hielo.

13. Optimizar el uso de las calderas, implementando medidores de vapor, control encendido y apagado.
14. Instalar un sistema para el control y llenado en los tanques de ACPM.
15. Cambio de motores eléctricos de alta eficiencia.
16. Cambiar la arquitectura de red en la envasadora ESSI 2728 dejando un solo Switch.
17. Implementar un sistema automático para los pistones de los homogeneizadores FBF 110-128 en la parte de refrigeración.
18. Realizar un estudio para el cambio de energía contratada en la empresa, cambiar de regulado a no regulado.

## REFERENCIAS

- [1] Ahorro y eficiencia energética. Tomado el 05 agosto 2016 de: <http://www.sostenibilidad.com/ahorro-y-eficiencia-energetica>
- [2] Eficiencia energética. Tomado el 06 agosto de: <http://www.eficienciaenergetica.gub.uy/index.php/eficiencia-energetica>
- [3] Plan energético nacional Colombia: Ideario Energético 2050. Internet: [http://www.upme.gov.co/Docs/PEN/PEN\\_IdearioEnergético2050.pdf](http://www.upme.gov.co/Docs/PEN/PEN_IdearioEnergético2050.pdf)
- [4] Eficiencia energética industria Grupo 3E: el proyecto de eficiencia energética de Industrial Barranquense. Internet: <http://www.dexmatech.com/es/eficiencia-energetica-industria-grupo-3e/>
- [5] A. Acosta, et al. Revista Iberoamericana de Automática e Informática industrial No. 12, 2015, pp. 376–384
- [6] Yushchenko. Contributing to a green energy economy? A macroeconomic analysis of an energy efficiency program operated by a Swiss utility. Energy Efficiency Group, Institute for Environmental Sciences and Forel Institute, University of Geneva, Uni Carl-Vogt, 1211 Genève 4, Switzerland, 2016.
- [7] Intelligent Energy Europe. Tomado 26 agosto 2016 de: <https://ec.europa.eu/energy/intelligent/projects/en/projects/engine>
- [8] Jordi Serra/ CIRCUTOR, S.A 2008, Guía Técnica de eficiencia energética eléctrica.
- [9] Eficiencia energética en el sector industrial/ ESCAN consultores energéticos, Mayo, 2016.
- [10] Sistema de gestión energética eficiente de Schneider Electric en la Universidad Rey Juan Carlos. Tomado el 10 agosto 2016 de: <https://www.caloryfrio.com/ahorro-energia/eficiencia-energetica/sistema-de-gestion-energetica-eficiente-de-schneider-electric-en-la-universidad-rey-juan-carlos.html>
- [11] Ahorro, eficiencia energética y ecoeficiencia, Junio de 2010. Tomado el 10 de agosto de 2016 de: <http://www.ecologistasenaccion.org/article19988.html>

- [12] La industria le apuesta al ahorro eléctrico, Mayo de 2014. Tomado el 13 de agosto de 2016 de: <http://www.dinero.com/empresas/articulo/proyectos-eficiencia-energetica/196567>
- [13] Carolina Salazar Aragón et al. Revista del Instituto Internacional de Costos, Edición Especial XII Congreso, abril 2012.
- [14] Las recomendaciones de la comisión Europea para la eficiencia energética en la industria/ Éxito empresarial, CEGESTI, 2014.
- [15] Buenas prácticas para el ahorro de energía en la empresa/ OptimaGrid, 2014.
- [16] Rosaura del Pilar Castrillón et al/ Redalyc, Enero, 2013.
- [17] UPME, 2007, Presentación CIURE.
- [18] Ley URE 697, citado el 05 octubre de 2001: <http://www.si3ea.gov.co/Portals/0/Conoce/ley697.pdf>
- [19] Alirio Delmar Fonseca et al, Sistema de gestión integral de la energía, noviembre 2008.
- [20] IEA, Indicadores de eficiencia energética, 2015.
- [21] UNAD, 2013, Tecnología de lácteos.
- [22] Carlos Elías Sepúlveda, Cómo implementar la eficiencia energética, 2011.
- [23] Jorge Enrique Díaz, Diagnóstico del sistema del pasteurizador 2 de la Cooperativa Colanta Ltda, 2009.
- [24] Andrea Marcela Tovar, Evaluación de impacto ambiental de la energía solar y eólica en la abiota de Colombia, 2014.
- [25] Ley 1715 expedida el 13 de Mayo del 2014 por el congreso nacional de Colombia.
- [26] Catálogo Programas y Aplicaciones, página web Lovato electric: <http://www.lovatoelectric.es/selectProduct.aspx?id=550005&d=Software-Synergy>. [Citado el 27 de enero del 2016].

**ANEXO A**

**EVIDENCIA**

**FOTOGRAFICA**



**To  
ma  
ndo  
dat  
os  
de  
la  
cal  
der  
a  
200  
BH  
P**

**Sistema de refrigeración, bancos de hielo y compresores.**







**Tomando datos maquinas empacadoras de Yogurt.**

**Área de derivados.**





**Midiendo el PH en los tanques de almacenamiento de Yogurt.**

## Sistema CIP del área de Leche.





**Revisando el sistema de empaque en el área de Leche UHT.**



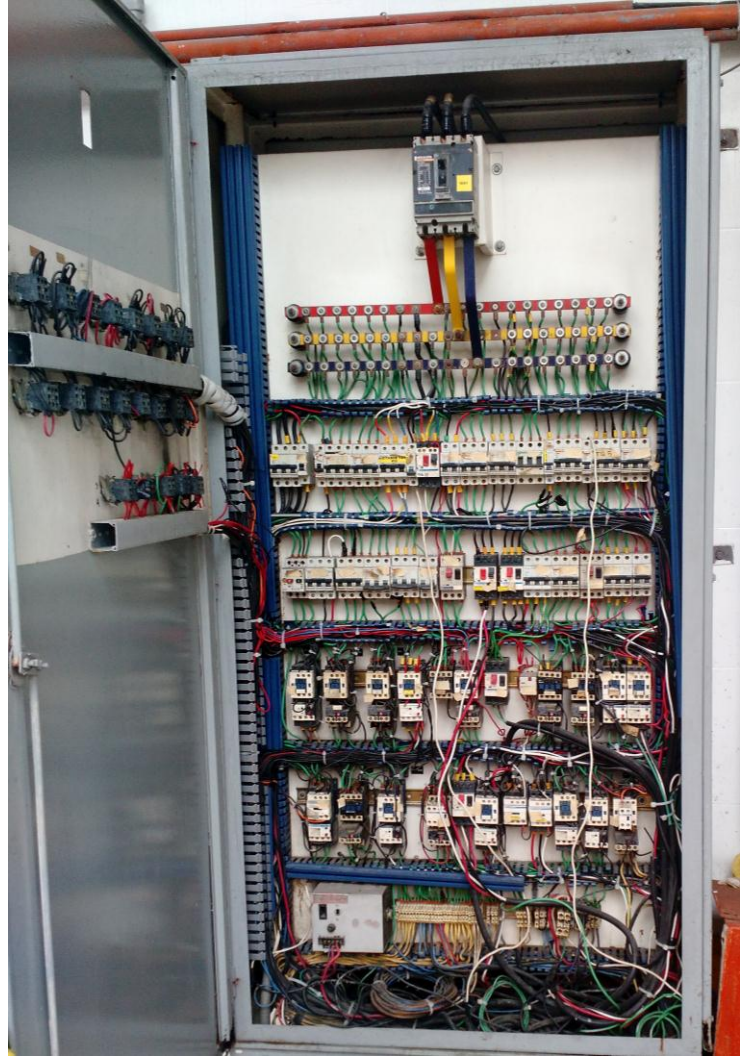
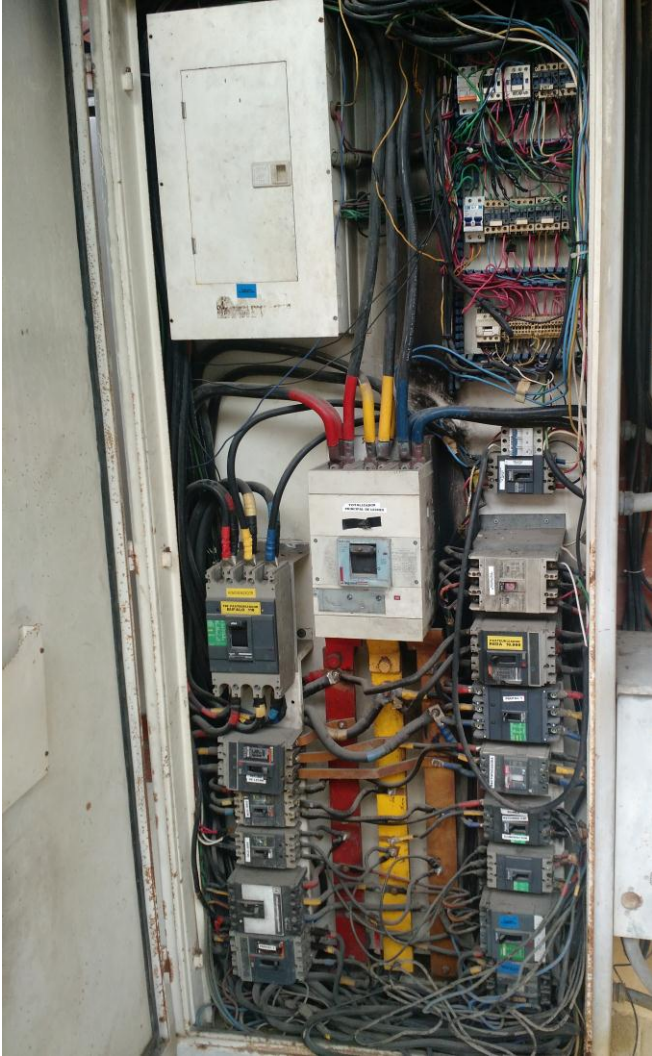
**Tomando datos en el área UHT.**

**del pasteurizador**

**Revisando el consumo de energía en la subestación principal de la planta.**



**Tomando datos del consumo de aire comprimido en el Chiller.**



**Tableros de potencia del sistema de CIP y UHT.**

## **ANEXO B**

### **MANUAL DE INSTRUCCIONES DEL SOFTWARE SYNERGY**

#### **1 Introducción**

Xpress es un software para la configuración y control remoto de productos Lovato Electric que dispongan de comunicación por puerto óptico frontal con las llaves CX01 (USB) y CX02 (WiFi) o mediante la conexión a través de puertos serie, Ethernet o módem. Los protocolos soportados son Modbus RTU, Modbus ASCII y Modbus TCP. Para obtener la lista actualizada de productos de Lovato Electric soportados por Xpress visite [www.lovatoelectric.com](http://www.lovatoelectric.com) en la sección dedicada al software.

El software es capaz de:

- configurar los parámetros de funcionamiento de los dispositivos;
- mostrar las principales medidas;
- enviar comandos;
- descargar los eventos de la memoria en los productos equipados con ella;
- lista de las alarmas activas;
- manejar la memoria de registro de datos (módulos de expansión EXM1030, EXP1030).

Xpress es una aplicación para el cliente que debe estar instalada en el PC.

Este manual describe las funcionalidades disponibles para los usuarios actualizados a la versión 1.3. Si algunas de las características mencionadas en este manual no están presentes en el software, proceder con la actualización de la última versión.

#### **2 Requisitos de hardware y software**

##### *REQUISITOS DE HARDWARE DEL PC*

- CPU de doble núcleo, 2 GHz;
- 2GB RAM;
- 1GB de disco duro;
- Número de puertos de comunicación y tipo de acuerdo con la aplicación: USB, Ethernet, WiFi LAN, serie RS485, serie RS232 o tipo módem.

##### *SISTEMAS OPERATIVOS SOPORTADOS*

- MS Windows 7, Windows 8.1

Para obtener actualizaciones de los requisitos visite [www.lovatoelectric.com](http://www.lovatoelectric.com) en la sección dedicada al software.

#### **3 Configuración**

Se recomienda seguir fielmente los pasos siguientes. En caso de necesitar asistencia durante la instalación, por favor, póngase en contacto con nuestro servicio de atención al cliente. Con el fin de instalar el software correctamente, se requiere de una cuenta con los privilegios del "verdadero" administrador del PC (usuarios de usuario o tipo poweruser no están permitidos). Durante la instalación del software, antivirus y firewall deben desactivarse temporalmente. Para ejecutar el programa de instalación de Xpress, inicie sesión en el ordenador como un usuario administrador y haga clic con el botón derecho del ratón sobre el archivo setup.exe y seleccione "Ejecutar como administrador".

La instalación de Xpress se realiza automáticamente. Seguir también las instrucciones de la pantalla para completar la instalación con éxito. Durante la primera ejecución, Xpress instala el software FlashLoader que se utiliza para actualizar el firmware de los dispositivos y el software del PLC que permite la configuración del PLC integrado para los dispositivos que soportan esta funcionalidad. Deben seguirse nuevamente las instrucciones de la pantalla. En caso de querer eliminar Xpress de su PC, hágalo a través del Panel de control de Windows.

#### 4 Password

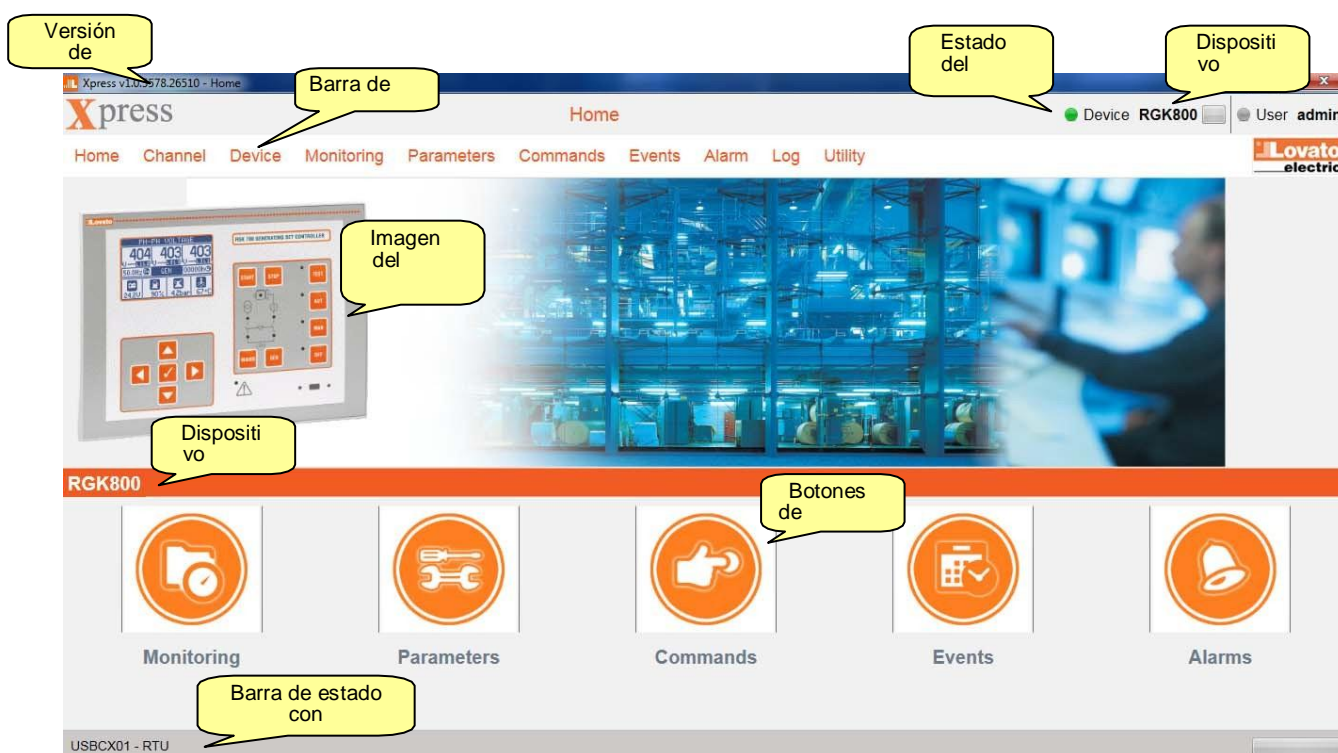
Algunas funciones están protegidas por password:

- comandos;
- ajustes de parámetros;
- modificaciones de proyecto.

El password puede ajustarse en el menú de usuario (user), como se describe debajo. El password por defecto es "admin".

#### 5 Página Inicial

La página principal es la que se muestra cuando se arranca el software. Las barras de menú y estado están disponibles desde cualquier parte del software.



#### 6 Canal

Un canal identifica el medio por el que el software se comunica con los dispositivos en el campo, tales como una conexión serie o Ethernet. Aunque muchos canales pueden ser programados, sólo uno de ellos puede ser utilizado. Los canales restantes están en condición de espera listos para ser utilizados.



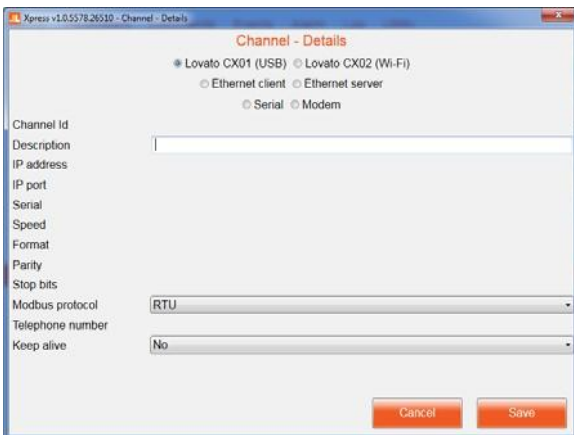
Los canales de comunicación pueden ser de diferentes tipos:

- M3dodem (acceso telef3nico).
  - Lovato CX01 (USB): el puerto USB del PC y el dispositivo est3n vinculados a trav3s de la llave CX01 con el puerto 3ptico frontal;
  - Lovato CX02 (Wi-Fi): la placa WiFi LAN del PC y el dispositivo est3n vinculados a trav3s de la llave CX02 con el puerto 3ptico frontal;
  - ethernet
    - ✓ cliente: Xpress es cliente TCP, por lo que se abre la conexi3n inicial con el canal que se debe asignar a una direcci3n IP est3tica;
    - ✓ servidor: Xpress es servidor TCP, asignado con IP est3tica, y por lo tanto los dispositivos del canal abrir3n la conexi3n inicial;
 La que abre la conexi3n (cliente TCP) puede tener IP est3tica o din3mica.
- serie (RS232, RS485, COM virtual);
- Modem (acceso telef3nico).

## 6.1 Creaci3n de Canal ( Canal → Nuevo)

En la creaci3n de un nuevo canal, el usuario tiene que seleccionar el tipo, determinando as3 los par3metros necesarios para ser incluidos en siguientes pasos.

### Tipo de canal



<i>Par3metro</i>	Lovato CX0	Lovato CX0	Ethernet cliente	Ethernet servidor	Serie	Modem
Descripci3n	•	•	•	•	•	•
Direcci3n IP		•	•			
Puerto IP		•	•	•		
Serie					•	•
Velocidad Formato, paridad Bits de					•	•
Protocolo	•	•	•	•	•	•
N3mero						•
Mantener vivo	•	•	•	•	•	•

- Descripci3n: Texto libre para identificar el canal en el Software.
- Direcci3n IP: Direcci3n del dispositivo con el que se quiere crear la conexi3n.
- Puerto IP: Puerto del dispositivo con el que se quiere crear la conexi3n.
- Serie: lista de puertos COM disponibles por el sistema operativo.
- Velocidad, Formato, paridad, bits de stop: Par3metros de comunicaci3n serie que deben ser id3nticos en los dispositivos a conectar.
- Protocolo: selecci3n entre protocolo modbus RTU (por defecto en los dispositivos), modbus ASCII y modbus TCP.
- N3mero de tel3fono: n3mero para llamar al modem del lado del dispositivo.
- Mantener activo: opci3n para activar el env3o peri3dico de mensajes identificando el esclavo para reconocer el dispositivo.

## 6.2 Visualización y modificación de canales (📄Canal→Ver)

Al acceder a la lista de canales, es posible seleccionar uno de ellos para eliminar o modificar con la misma ventana usada para la creación.

## 7 Dispositivo

Los dispositivos son los elementos de campo con los que Xpress intercambia datos, utilizando el protocolo Modbus. Para obtener la lista actualizada de productos soportados por Lovato Electric consultar el sitio web [www.lovatoelectric.com](http://www.lovatoelectric.com) en la sección dedicada al software.

### 7.1 Creación de un dispositivo (📄Dispositivo→Nuevo)

	Nominal value	Full scale
Voltage indicator scale (V)	400	500
Current indicator scale (A)	400	500
Power indicator scale (kW)	250	300
Power indicator scale (kVA)	350	400
Power indicator scale (kvar)	250	300

Con el fin de crear un dispositivo, toda la información requerida debe ser llenada.

- Descripción: texto libre que permite a los usuarios reconocer el dispositivo en Xpress.
- Modelo: selección del tipo de dispositivo; una detección automática del modelo puede ser intentado haciendo clic en el botón "Leer modelo", después de haber seleccionado el canal y la dirección de nodo Modbus.
- Canal: nombre del canal en el que está conectado el dispositivo.
- Dirección de nodo: nodo de Modbus mediante el cual se identifica el dispositivo durante la comunicación; en un mismo canal el número de nodo debe ser único, mientras que se puede repetir en diferentes canales.
- Registro (módulo de memoria): habilita el indicador si se va a utilizar el módulo de memoria EXP1030 o EXM1030.

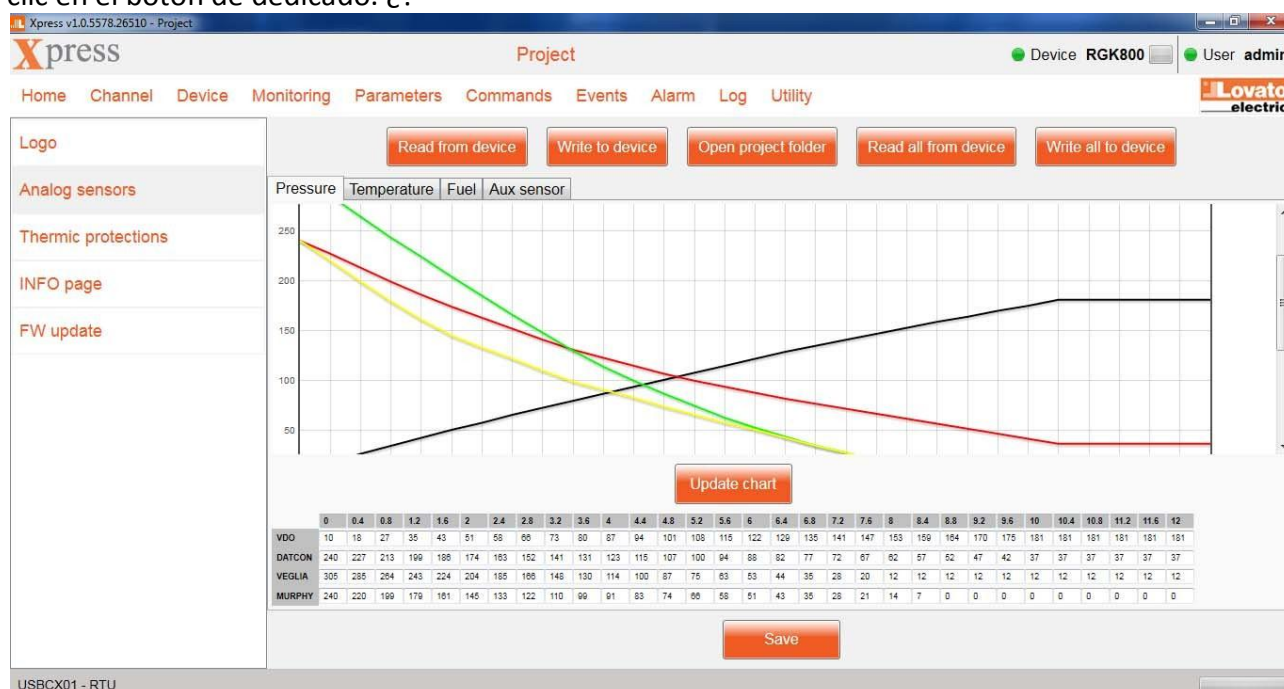
Los ratios y los valores a escala real para algunas medidas se pueden introducir como atributos del dispositivo, de modo que los indicadores gráficos están dimensionados de forma automática en el modo más adecuado para mostrar estas cantidades.

## 7.2 Visualización y modificación de dispositivos (Dispositivo → Ver)

Al acceder a la lista de dispositivos, es posible seleccionar uno de ellos para eliminar o modificar con la misma ventana usada para la creación.

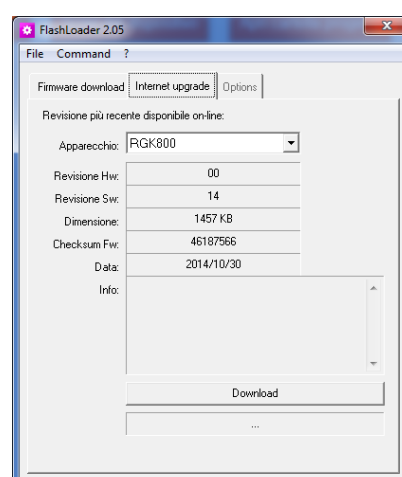
Si Xpress reconoce un modelo de dispositivo diferente al programado, es decir que en el campo "Modelo Actual" el modelo de dispositivo es distinto al que se indica, debido a esta discrepancia, el enlace se suspende a fin de evitar trabajar con datos que no son compatibles.

Si el dispositivo es compatible con los proyectos, un pulsador permite al usuario acceder haciendo clic en el botón de dedicado. ¿?



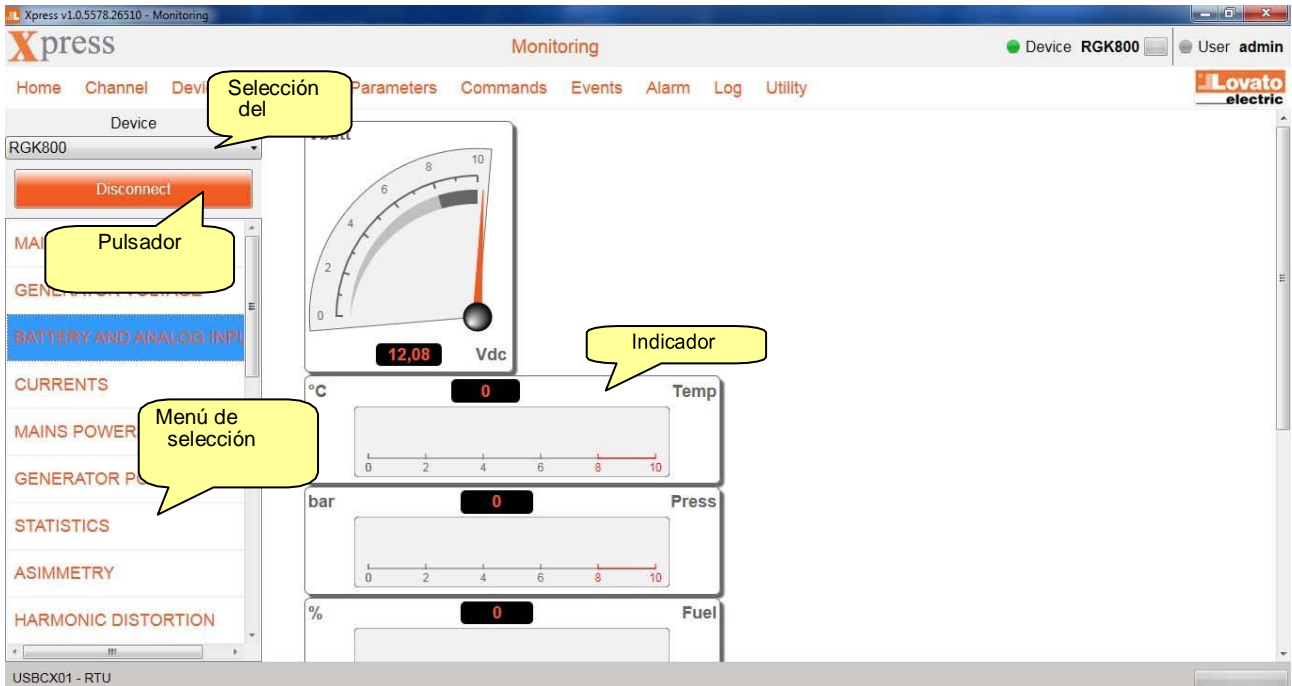
Un proyecto, hecho por algunos archivos que son típicos para el dispositivo vinculado, puede ser creado a partir de plantillas de proyecto o leído directamente desde el dispositivo. Después de todas las modificaciones se han hecho, el proyecto se puede guardar en el disco duro para fines de archivo (el proyecto está disponible en el directorio abierto por el botón "Abrir la carpeta de proyecto"), de reutilización y de envío al dispositivo. Los archivos pueden ser leídos y escritos uno por uno o todos juntos.

Al hacer clic en el botón "Ejecutar FlashLoader", el software FlashLoader se pone en marcha para permitir al usuario actualizar el firmware del dispositivo a la última versión, cargarlo desde el disco duro o descargarlo desde el sitio web [www.lovatoelectric.it](http://www.lovatoelectric.it). El software FlashLoader está disponible fuera Xpress, así como en la carpeta \<directorio de instalación> \ Repository \ FlashLoader, (C: \ Lovato Electric \ Xpress \ Repository \ FlashLoader si el directorio de instalación sugerido se ha mantenido).



## 8 Supervisión

Xpress muestra la lectura de las principales medidas del dispositivo conectado. La conexión se realiza desde el PC a un solo dispositivo a la vez.

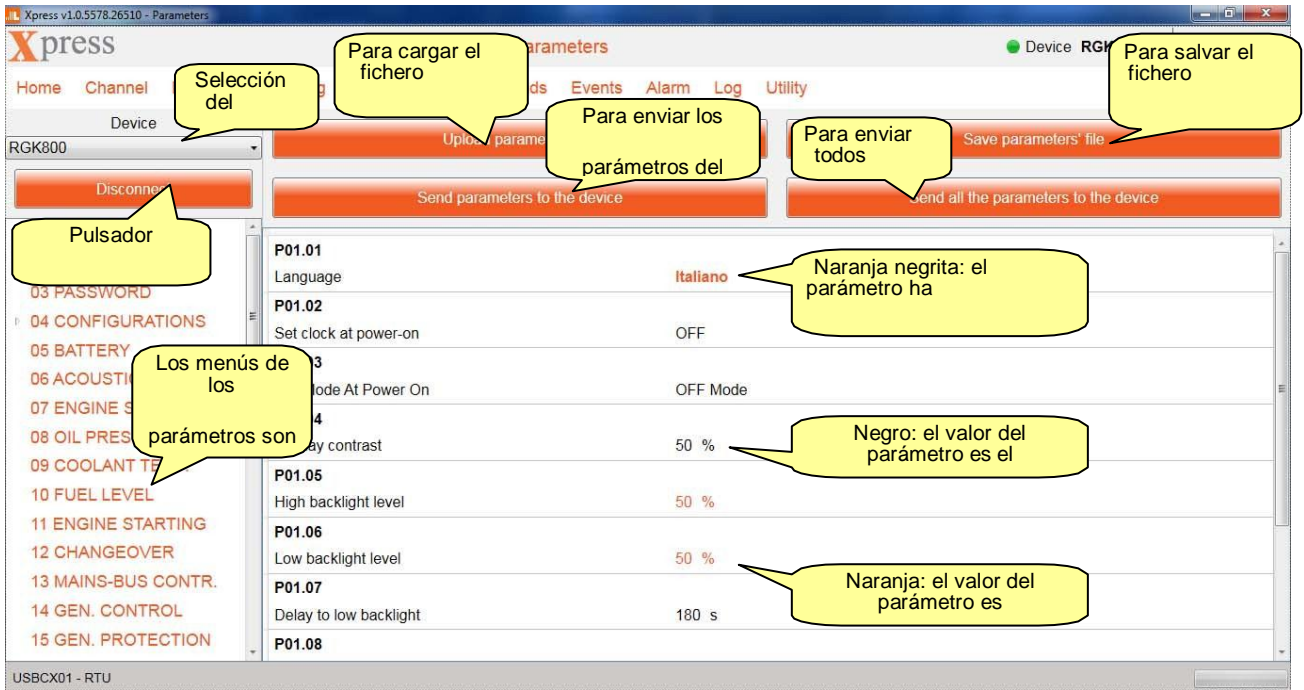


## 9 Parámetros

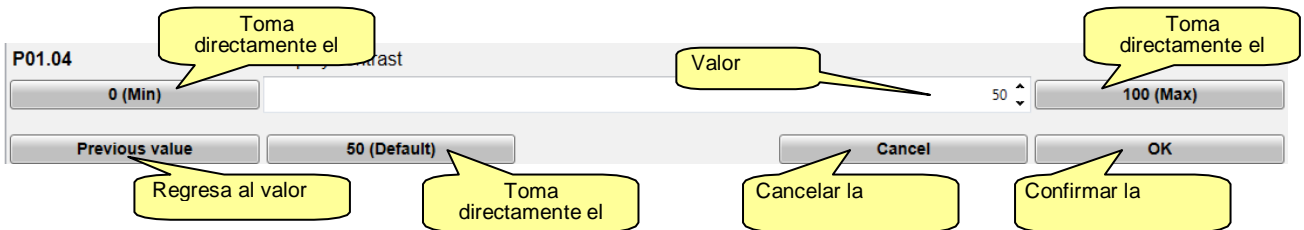
Una de las misiones de Xpress es la configuración de los parámetros de los dispositivos. Una vez que el dispositivo ha sido seleccionado, el usuario puede seguir dos modos diferentes para operar:

- en línea: al hacer clic en el botón "Conectar", el enlace entre el PC y el dispositivo se activa y al principio de la selección de cada menú de parámetros, los parámetros se leen y se ofrecen al usuario para su modificación;
- fuera de línea: en caso de que no se puede conectar con el dispositivo, el archivo de parámetros adecuado se puede cargar desde el disco duro y se utiliza para preparar un nuevo archivo que se puede guardar en el disco duro.

En ambos casos, los parámetros pueden ser copiados por cada menú o como un solo bloque desde el ordenador al dispositivo.

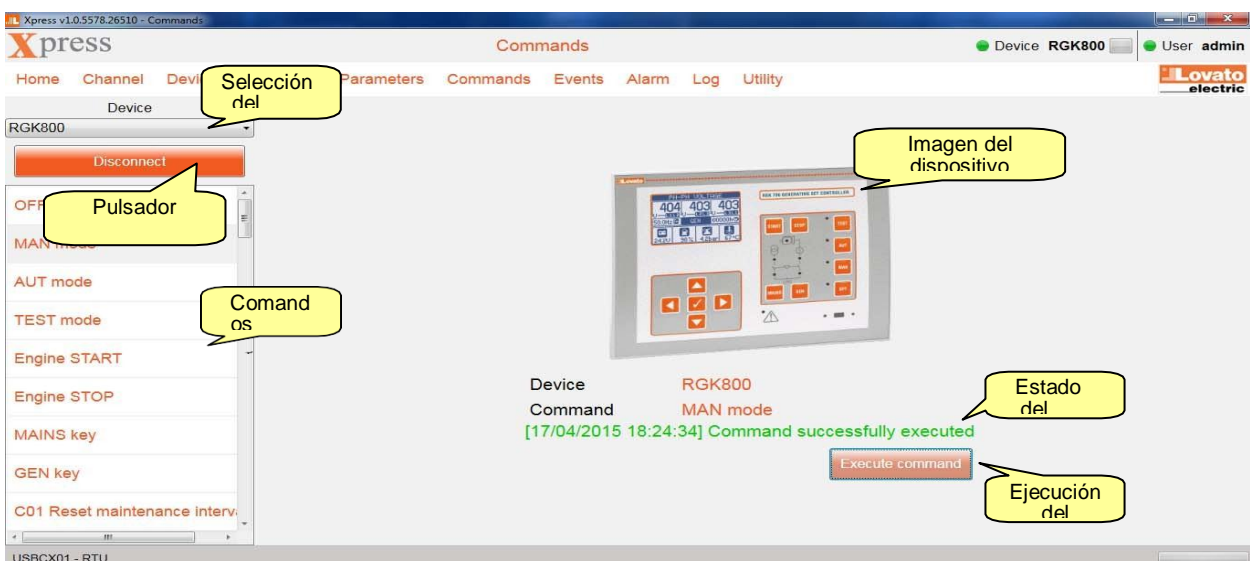


Cuando se selecciona un parámetro, una máscara (ventana) de modificación se abre y puede entrarse el nuevo valor.



## 10. Comandos

Accediendo al menú de comandos, aparece la lista de comandos soportados por el dispositivo seleccionado.



## 11. Eventos

Si el dispositivo conectado soporta la memoria de eventos, es posible descargar una copia de esta en formato Excel o de fichero de texto.

The screenshot shows the 'Events' page in the Xpress software. The device is set to 'RGK800'. The interface includes a 'Disconnect' button and buttons for 'Export TXT', 'Export XLS', and 'Delete events'. A table of events is displayed below, with callouts identifying key UI elements.

Events	
<b>Nr. 250 - Code A0200</b>	
2012/02/09 14:15:12	
UA1 ALARM BEGIN UA1	
<b>Nr. 249 - Code E1101</b>	
2012/02/09 14:15:12	
MODE CHANGE TO: MAN MODE	
<b>Nr. 248 - Code E0500</b>	
2012/02/09 12:35:23	
REMOTE CONTROL: START COM IR PORT	
<b>Nr. 247 - Code E0501</b>	
2012/02/09 08:50:25	
REMOTE CONTROL: END COM IR PORT	
<b>Nr. 246 - Code E1401</b>	
2012/02/09 06:24:07	
ENGINE STOP:STOP	
<b>Nr. 245 - Code E1800</b>	
2012/02/09 06:24:07	

USBCX01 - RTU

## 12. Alarma

Todas las alarmas activas en el dispositivo conectado pueden agruparse en una sola pantalla para tener la lista completa.

The screenshot shows the 'Alarms' page in the Xpress software. The device is set to 'RGK800bis'. The interface includes a 'Disconnect' button and a list of active alarms. Callouts identify key UI elements.

Description
A16 Low Battery Voltage
A23 Emergency Stop

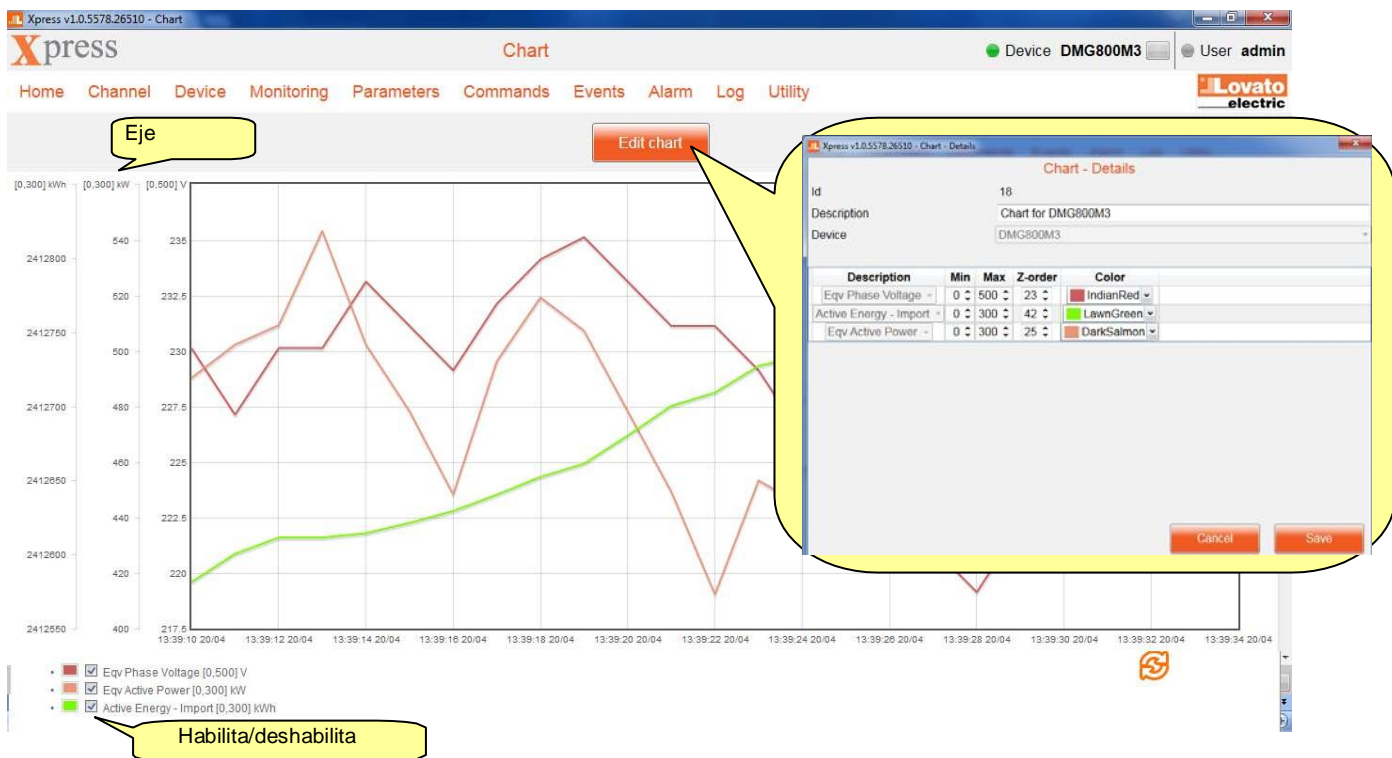
USBCX01 - RTU

### 13. Registro (Registro de datos)

Un registro de datos es una tabla de datos con un juego de medidas asociadas a los dispositivos de campo, tomadas a intervalos de tiempo regulares. Xpress gestiona registros de datos guardados en los módulos de memoria EXM1030 y EXP1030, gracias a los botones el usuario puede hacer las siguientes acciones.

- Leer configuración. Leer la configuración predefinida del módulo de memoria. Mostrándose así una tabla con la lista de medidas, mientras que debajo estas se puede encontrar lo siguiente:
  - ✓ Modo de registro, describe el comportamiento de la memoria cuando esta se llena: con la opción BUCLE(LOOP) los datos más antiguos se sobre escriben (lógica FIFO); con la opción STOP la grabación se para;
  - ✓ estado del registro: ON cuando está activo, OFF cuando está parado;
  - ✓ intervalo de muestreo en horas, minutos y segundos;
  - ✓ memoria llena indica el espacio vacío de la ventana de tiempo de registro (historial de datos).
- Escribir configuración. Escribe sobre la memoria el juego de configuraciones. La memoria se resetea y se borran los datos de la memoria.
- Editar configuración. Permite al usuario seleccionar las medidas a registrar y el tiempo de muestreo en horas, minutos y segundos.
- Ajuste del reloj. Ajusta el reloj del módulo de memoria con el valor del PC.
- Ajustar bucle/stop. Ajusta el modo de registro a BUCLE (LOOP) o STOP.
- Ajustar inicio. Selecciona el evento que provoca el inicio de registro, que puede ser la puesta en marcha del módulo, una alarma o cualquier evento típico del dispositivo conectado.
- Leer datos. Descargar datos relevantes del módulo de memoria de la ventana de tiempo seleccionada.
- Importar XLS. Actualizar un archivo de Excel con los datos del módulo de memoria guardados anteriormente. La carga de archivos sólo tiene éxito si el archivo guardado nunca ha sido cambiado por otros softwares.
- Exportar XLS. Guardar en el disco en formato Excel los datos descargados del módulo de memoria.
- Exportar TXT. Guardar en el disco en formato de texto los datos descargados del módulo de memoria.
- Gráfico. Trazar un gráfico con los datos de la tabla. Una o más escalas se dibujan en el eje vertical: se muestra una nueva escala por cada unidad y por cada rango de cantidades. El eje vertical es dinámico y cambia para adaptarse al valor que se muestra (auto escala). Se muestran todas las curvas. No obstante, el usuario puede ocultar las que no sean de su interés. Al hacer clic en el botón "Editar tabla", los colores y rangos de cada cantidad pueden ser modificados.





## 14 Utilidad

### 14.1 Usuario (Utilidad → Usuario)

Esta función está protegida, se le pide al usuario que introduzca una contraseña. Con el fin de establecer la contraseña, el usuario debe acceder a la presente sección, donde el idioma de la interfaz también se puede seleccionar. Después de la modificación del lenguaje, salir y volver a ejecutar el software para activar el nuevo lenguaje.

### 14.2 Actualizar controlador (Utilidad → Actualizar controlador)

En caso de tener que actualizar el controlador, es decir, las tablas con las que Xpress es capaz de comunicarse con los dispositivos, existen dos formas de actualizar:

- Si el PC está conectado a Internet, utilizar el botón "download";
- De forma alternativa, es posible importar un archivo anteriormente descargado desde la página web [www.lovatoelectric.com](http://www.lovatoelectric.com) en la sección dedicada del software y se guarda en el disco haciendo clic en botón "importar".

En ambos casos, la operación requiere varios minutos. Se recomienda realizar una actualización del controlador se ejecutar por primera vez Xpress después de la instalacio











