



Aprovechamiento de la potencia excedente de los motores eléctricos en Nutilácteos El Roble.

Elberth Henry Fonseca González
Gerardo Pacheco Rodríguez

Universidad Antonio Nariño
Facultad de Ingeniería Mecánica, Electrónica y Biomédica
Tunja, Colombia
2021

Aprovechamiento de la potencia excedente de los motores eléctricos en Nutilácteos El Roble.

Elberth Henry Fonseca González
Gerardo Pacheco Rodríguez

Proyecto de grado presentado como requisito parcial para optar al título de:
Ingeniero Electromecánico

Directora:
Ingeniera, Mercy Tatiana Villate Fonseca

Línea de Investigación:
Línea investigación de la propuesta: Generación y eficiencia energética.

Universidad Antonio Nariño
Facultad de Ingeniería Mecánica, Electrónica y Biomédica
Tunja, Colombia
2021

(Dedicatoria o lema)

A Dios porque sentimos que es el principal inspirador de este logro, a nuestras familias quienes con su paciencia y motivación aportaron a la culminación de este proceso, que hoy es nuestro orgullo.

Elberth Henry y Gerardo

Agradecimientos

A todas las personas que de alguna forma aportaron en nuestra formación durante este proceso, y a los docentes quienes a lo largo de nuestras vidas han sabido cultivar lo que hoy somos, especialmente a nuestra directora de investigación Ingeniera Mercy Tatiana Villate Fonseca, por su apoyo, conocimiento y generosidad al orientar cada etapa de este trabajo de investigación. A la Universidad Antonio Nariño por ser cuna del saber y abrirnos un portal de conocimiento para nuestro crecimiento personal y profesional.

A la empresa Nutrilácteos El Roble, en cabeza de su gerente José Bertulfo Martínez por permitirnos analizar sus necesidades y proponer soluciones, fortaleciendo el proceso investigar en nuestra formación profesional.

Resumen

En Chiquinquirá Boyacá, Colombia, está ubicada la Planta “Nutrilácteos El Roble”; que como parte de su proceso de producción emplea energía eléctrica cuyo valor facturado por la empresa prestadora del servicio es excesivo, con promedio anual de \$ 15.191.762, aumentando los costos de producción y reduciendo utilidades de la empresa. El diagnóstico permite encontrar que existe excedente en potencia de los motores eléctricos usados, que es desperdiciada, por lo que como objetivo general se propone aprovechar estas pérdidas para optimizar el uso energético reduciendo el costo en consumo, mejorando la productividad y competitividad de la empresa por medio de un sistema electromecánico que transforma la potencia desperdiciada en energía mecánica y que por medio de un generador la transforma nuevamente en energía eléctrica para ser usada en los procesos. Para desarrollar la propuesta se caracterizaron los procesos de producción y consumo de energía eléctrica. Luego se propuso el sistema electromecánico y finalmente se analizó los resultados de la propuesta y el aprovechamiento que se obtendría al implementar el sistema, concluyendo que la potencia excedente en los motores eléctricos se da debido a que hay intervalos en su uso y siguen operando sin generar ninguna utilidad, lo que es una oportunidad de mejoramiento para proponer un sistema electromecánico innovador, de bajo costo, con componentes de fácil accesibilidad comercial y que genera cero emisiones CO₂. El ahorro promedio que se proyecta al implementar el sistema es del 31% representado en \$ 7.318.711 por periodo sobre el costo de consumo facturado.

Palabras clave: Aprovechamiento de la energía, potencia excedente, sistema electromecánico.

Abstract

In Chiquinquirá Boyacá, Colombia, is located the Plant "Nutrilácteos El Roble"; that as part of its production process it uses electrical energy whose value billed by the company providing the service is excessive, with an annual average of \$ 15,191,762, increasing production costs and reducing profits of the company. The diagnosis allows to find that there is surplus in power of the used electric motors, which is wasted, so as a general objective it is proposed to take advantage of these losses to optimize the energy use reducing the cost in consumption, improving the productivity and competitiveness of the company. To develop the proposal, the processes of production and consumption of electrical energy suitable for optimizing the energy use in the plant were characterized. Then an electromechanical system was proposed to use the excess power wasted and convert it into mechanical energy usable in the process and finally analyzed the use that would be obtained by implementing the system, concluding that the excess power in the electric motors is given because there are intervals in their use and continue to operate without generating any utility , which is an opportunity for improvement to propose an innovative electromechanical system, low cost, with components of easy commercial accessibility and that generates zero CO2 emissions The average savings that are projected when implementing the system is 31% represented in \$ 7,318,711 per period on the cost of consumption billed.

Keywords: use of energy, surplus power, electromechanical system.

Contenido	Pág.
Resumen	VII
Lista de figuras	VII
Lista de tablas	IX
Lista de Símbolos y abreviaturas	X
Introducción	20
1.Marco teórico	23
1.1 Norma UNE-EN ISO 50001.....	
1.2 Uso energético.....	23
1.3 Energía Eléctrica.....	25
1.4 Consumo de energía eléctrica.....	25
1.5 Sistema electromecánico.....	26
1.6 Componentes del sistema electromecánico.....	23
1.6.1 Motor eléctrico.....	27
1.6.2 Generador de corriente alterna.....	27
1.6.3 Tablero de control y transferencia.....	27
1.6.4 Tablero de distribución.....	28
1.6.5 Variador de frecuencia.....	29
1.6.6 Polea.....	30
1.6.7 Correa.....	31
1.7 Referentes.....	31
1.7.1 Nacionales.....	31
1.7.2 Internacionales.....	32
1.8 Plan energético nacional.....	34
2.Procesos de producción y consumo de energía eléctrica	37
2.1 Procesos sobre planos.....	38
2.1.1 Planos de Procesos.....	38
2.1.2 Plano Eléctrico.....	39
2.2 Procesos de producción.....	40
2.3 Inventario de equipos por proceso.....	49
2.4 Consumo de energía por proceso.....	50
2.5 Comportamiento de motores por proceso.....	57
2.6 Potencia requerida para el nuevo sistema.....	59
2.7 Sistema óptimo para aprovechamiento de potencia excedente.....	64
3. Propuesta de sistema electromecánico	65
3.1 Componentes y cálculos eléctricos requeridos.....	65
3.1.1 Motor eléctrico.....	67

3.1.2	Generador trifásico.....	67
3.1.3	Tablero de control y transferencia.....	68
3.1.4	Variador de frecuencia.....	68
3.1.5	Tablero de distribución.....	68
3.1.6	Cable conductor.....	68
3.1.7	tubería y ductos PVC y MT.....	69
3.2	Componentes y cálculos mecánicos requeridos.....	69
3.2.1	Poleas.....	70
3.2.2	Correas.....	71
3.3	Cálculos electromecánicos.....	71
3.4	Elaboración de plano y caracterización del sistema.....	74
3.5	Presupuesto del sistema.....	77
4.	Resultados de la propuesta.....	80
5.	Conclusiones y recomendaciones.....	85
5.1	Conclusiones.....	85
5.2	Recomendaciones.....	86
	Bibliografía.....	87

Lista de Anexos en carpeta adjunta.

Anexo A Fichas de Observación propuesta para visitas a Nutrilácteos El Roble

Anexo B Carta de Autorización para desarrollar proyecto de investigación titulado en la planta Nutrilácteos El Roble.

Anexo C Plano de procesos

Anexo D Planos eléctricos

Anexo E Manual resumido VFD

Anexo F Planos de transferencia entre red eléctrica y nuevo sistema.

Anexo G Plano del Sistema Electromecánico elaborado en SOLIDWORKS 2020.

Anexo H Manual de seguridad y operación.

Anexo I Facturas de consumo Nutrilácteos 2020

Lista de figuras

	Pág.
Figura 1: Concepto de desempeño energético.....	24
Figura 2: Ejemplo de sistema electromecánico con poleas y correas.....	26
Figura 3: Enfoque para la transformación energética.....	35
Figura 4: Mapa Ubicación Nutrilácteos El Roble.....	37
Figura 5: Esquema, política de Sustentabilidad Nutrilácteos El Roble.....	38
Figura 6: Plano de procesos Nutrilácteos El Roble.....	39
Figura 7: Plano de diseño eléctrico Nutrilácteos El Roble.....	40
Figura 8: Recepción del producto Nutrilácteos El Roble.....	41
Figura 9: Zona de descremado Nutrilácteos El Roble.....	41
Figura 10: Zona de enfriamiento de la crema Nutrilácteos El Roble.....	42
Figura 11: Zona proceso de pasteurización Nutrilácteos El Roble.....	42
Figura 12: Zona de cuajado Nutrilácteos El Roble.....	43
Figura 13: Proceso de Batido Nutrilácteos El Roble.....	43
Figura 14: Proceso de prensado Nutrilácteos El Roble.....	44
Figura 15: Zona de empacado y almacenado Nutrilácteos El Roble.....	44
Figura 16: Zona cuarto frío y maduración Nutrilácteos El Roble.....	45
Figura 17: Zona de procesamiento de queso doble crema Nutrilácteos El Roble.....	45
Figura 18: Caldera Nutrilácteos El Roble.....	46
Figura 19: Almacenamiento de agua potable Nutrilácteos El Roble.....	46
Figura 20: Zona de Laboratorios Nutrilácteos El Roble.....	47
Figura 21: Zona de lavado de vehículos Nutrilácteos El Roble.....	47
Figura 22: Oficina de procesos administrativos Nutrilácteos El Roble.....	48
Figura 23: Producto final Nutrilácteos El Roble.....	48
Figura 24: Pinza amperimétrica UNI_T y especificaciones (UT202A).....	50
Figura 25: Comportamiento de los motores por proceso Nutrilácteos El Roble.....	59
Figura 26: Esquema del sistema electromecánico.....	64
Figura 27: Diagrama unifilar.....	75
Figura 28: Diagrama de conexión de potencia.....	75
Figura 29: Diagrama de control de incendio y vigilancia de tensión.....	76
Figura 30: Consumos facturados 2020 sobre promedio teórico.....	81
Figura 31: Porcentaje costo beneficio teórico.....	83

Lista de tablas

	Pág
Tabla 1 Procesos y componentes planta Nutrilácteos El Roble	49
Tabla 2 Caracterización de consumo de energía de los equipos en cada proceso	53
Tabla 3 Tabla de medidas tomados por proceso con mayor variación de uso...	55
Tabla 4 Rango de generación en potencia para suministrar el sistema.....	60
Tabla 5 Componentes eléctricos requeridos para el sistema electromecánico...	65
Tabla 6 Descripción de los componentes mecánicos requeridos.....	69
Tabla 7 Cálculo de poleas.....	71
Tabla 8 Cálculo de correas.....	71
Tabla 9 Cálculos electromecánicos para el nuevo sistema.....	72
Tabla 10 Presupuesto para la implementación del proyecto.....	77
Tabla 11 Comparativo consumos trimestrales facturados sobre teóricos.....	81
Tabla 12 Comparativo costo facturado sobre costo teórico	82
Tabla 13 Ventajas y desventajas del nuevo sistema.....	84

Lista de Símbolos y abreviaturas

Magnitud	Unidad	Símbolo
Longitud (l)	metro	m
Masa (m)	kilogramo	Kg
Tiempo (t)	Segundo	s
Temperatura (T)	Kelvin	K
Intensidad de corriente (I)	Amperio	A
Velocidad (v)	metro por segundo	m/s
Fuerza (F)	Newton	N
Energía (E)	Julio	J
Potencia (P)	Watio	W
Carga electrica (q)	Culombio	C
Resistencia electrica (R)	Ohmio	Ω
Voltaje (V)	Voltio	V

Abreviaturas

Abreviaturas	Termino
KVA	Kilovoltiamperios
KW	Kilovatios
a	Distancia entre centros polea
d	Diámetro de polea menor
D	Diámetro de polea menor
W	Velocidad angular
Lc	Longitud de correa
CA	Corriente alterna

M	Motor
Tt	Tablero de transferencia
G	Generador
kWh	kilovatios Hora
RPM	Revoluciones por minuto
NTC -2050	Código Eléctrico Nacional
SGen	Sistema de Gestión Energética

Lista de Fórmulas

Ecuación 1 $1HP = 0,7457Kw = 0.746w$

Ecuación 2 kVA obtenida por placa

Ecuación 3 kW= Kilowatt = 1000 watt ó se divide la cantidad de watt en 1000 dando los kilowatts

Ecuación 4 kWh = P*h

P= 18,034 +1,80=19,834kVA = 20 kVA aproximados.

Ecuación 4 $P3f= PT*\sqrt{3}$

Ecuación 6 Formula cálculo de poleas $D1 * n1 = D2 * n2$

Ecuación 7 Relación de transmisión $i = n1/n2 = D2/D1$

D1=Diametro1

D2= Diametro2

n1= número de revoluciones de la polea conductora

n2= número de revoluciones de la polea conducida

$i=n2/n2$ Relación de Transmisión

$i=D2/D1$

$i>1$ = Mecanismo multiplicador

$i=1$ = Mecanismo conservador de velocidad

$i<1$ = mecanismo reductor de velocidad

Cálculo de correa

Ecuación 8 $Lc = ((\pi/2)(D + d) + 2a + (D - d/4a)$

Lc= longitud de correa

D= diámetro polea mayor

D= diámetro de polea menor

a= distancia entre centros de

Ecuación 9 Convertir w a N m/s.

Ecuación 10 $W=1730 \text{ rpm} \frac{2\pi}{60} = 181.16 \text{ rad/s}$

Introducción

Con el avance en la industria, la competitividad de los mercados teniendo en cuenta que según el programa de Colombia productiva de El Ministerio de Comercio de Colombia “La energía es uno de los factores más impactantes en las empresas” (Ministerio de Comercio, Industria y Turismo, 2008) la planificación energética juega un papel muy importante en la organización de las empresas, es fundamental que en ellas se haga el estudio de los usos y consumos de energía, la identificación de sus fuentes y variables que afectan su uso, para establecer un plan de mejora que pueda ejecutarse, monitorearse y evaluarse. Es importante además determinar los consumos que pueden ser gestionables sin modificar el bienestar de la empresa. Según la norma ISO 50001, para lograrlo deben contemplar la identificación de requerimientos para el aprovechamiento total de la energía que consumen, además establecer, implementar y mantener un sistema de gestión que incluye, la medición, documentación e información, las prácticas para el diseño y adquisición de equipos, procesos y personal que aporten a su desarrollo en el mercado. (UNE normalización española, 2018)

Con la información anterior y resaltando la responsabilidad del aporte de los profesionales próximos a graduarse se pueden proyectar acciones que estén basadas en analizar las necesidades de un escenario específico y dar alternativas de solución factibles y efectivas, por consiguiente, en el campo electromecánico y referenciados en la Planta Nutrilácteos El Roble, los aportes en electromecánica son relevantes para dar origen a soluciones para mejorar la productividad y competitividad de la empresa.

Nutrilácteos El Roble es una planta productora de queso en donde como parte de su proceso de producción se emplea energía eléctrica cuyo valor facturado por la empresa prestadora del servicio es excesivo y tiene un promedio anual de \$ 15.191.762 como se

demuestra en el **(Anexo I)** , lo que hace que la administración piense en alternativas de solución, se origina así un interrogante ¿Cómo aprovechar la potencia excedente de los motores eléctricos para reducir el consumo de energía eléctrica en la empresa Nutrilácteos El Roble?, con base en la visita diagnóstica **(Anexo A)** se determina la existencia de potencia excedente de los motores eléctricos que es desperdiciada en la planta y que puede ser aprovechada para la optimización de procesos y la reducción de costos al proponer un sistema electromecánico que transforma la potencia desperdiciada en energía mecánica y que por medio de un generador la transforma nuevamente en energía eléctrica para ser usada en los procesos por lo que se propone el “Aprovechamiento de las pérdidas en potencia excedente de los motores eléctricos en Nutrilácteos El Roble”. El objetivo general de este trabajo es Aprovechar la potencia excedente desperdiciada de los motores eléctricos y los objetivos específicos son:

1. Caracterizar los procesos de producción y consumo de energía eléctrica aptos para optimizar el uso energético en la planta.
2. Proponer un sistema electromecánico que permita hacer uso de la potencia excedente en los motores eléctricos en la planta.
3. Analizar los resultados de la propuesta y los beneficios que se obtendría al implementar el sistema.

Se toma como referencia la Línea de investigación “Generación y Eficiencia Energética” que se centra en la generación, desarrollo, apropiación y aplicación de conocimientos científicos y tecnológicos relacionados con el uso racional de la energía en todas sus formas, con el mejoramiento de los rendimientos en los procesos de captura de energía del medio ambiente y en los procesos de transformación de energía en general. (Universidad Antonio Nariño, 2008-2021)

El presente trabajo se realiza teniendo en cuenta la investigación cuantitativa que es aquella en la que se recogen y analizan datos cuantitativos sobre variables , trata de determinar la fuerza de asociación o correlación entre éstas variables (Pita Fernández, 2002); las actividades a desarrollar están organizadas en las siguientes fases: fase de caracterización de los procesos y consumo de energía eléctrica de la planta. fase 2) Propuesta de un sistema electromecánico para hacer uso de la potencia excedente; fase 3) Análisis de resultados. Una vez realizadas las fases, de la primera se puede comprobar que existe potencia excedente en los motores eléctricos, debido a que hay intervalos en

su uso y no son apagados, siguen operando sin generar ninguna utilidad. También se encontró, que en la planta hay un consumo de energía eléctrica de 23.187 kWh promedio anual con una carga instalada de 38.966 kW dando un consumo teórico de 23.476 kWh, además se observó que a causa de la pandemia la planta programa las horas de producción de acuerdo a la demanda por parte de sus clientes, lo que representa variaciones en el consumo de energía.

En la fase dos al proponer y, además, permite aprovechar la potencia excedente de los motores eléctricos generando cero emisiones de CO₂. Otro hallazgo es que al realizar los cálculos con un sistema trifásico la potencia real medida es de 18, 034 kW, para tomar la capacidad para el sistema a diseñar se da una tolerancia del 10% que daría 19,834 kVA y aproximando resulta apto emplear para el sistema electromecánico un generador de 20 kVA el cual se conecta al sistema eléctrico mediante un tablero de control y transferencia propuesto para este fin. Además, El costo de implementación del sistema a se encuentra en un valor de \$ 13.256.000 que se recuperará en el ahorro de dos periodos facturados, con un monto de \$14.637.422 demostrando así la viabilidad de la propuesta. (Ver Tabla 10)

Y finalmente y con el estudio de la fase 3 se logra determinar que el sistema se analizó que es innovador, tiene bajo costo, sus componentes tienen fácil accesibilidad en el mercado y el ahorro promedio que se proyecta al implementar el sistema es del 31% representado en \$ 7.318.711 por periodo sobre el costo de consumo facturado.

1. Marco teórico

Este capítulo del trabajo reconoce la importancia de una variedad de conceptos que son fundamentales y que se mencionarán en el desarrollo de la propuesta.

1.1 Norma UNE-EN ISO 50001:

Esta Norma internacional fue importante para el desarrollo del trabajo ya que reglamenta e identifica los requerimientos para establecer, implementar, mantener y mejorar un sistema de gestión de energía con el propósito de permitir a una organización contar con un enfoque sistemático para alcanzar una mejora continua en su uso energético, incluyendo la eficiencia energética, el uso y el consumo de la energía. Además, en ella se puede encontrar la especificación de los requisitos aplicables que incluyen la medición, documentación e información, las prácticas para el diseño y adquisición de equipos, procesos y personal que contribuyen al uso energético. (UNE normalización española, 2018)

Teniendo en cuenta que en la planta Nutrilácteos El Roble, es necesario reducir costos de consumo de energía eléctrica se procede a realizar la caracterización de equipos, la medición de consumos por proceso tanto físicos como facturados, la recolección y documentación de información sobre el funcionamiento de producción para analizar las necesidades en cuanto a la adquisición de equipos requeridos, mejoramiento en procesos y capacitación del personal para contribuir al uso energético.

1.2 Uso energético

El trabajo se enfoca en el aprovechamiento de la potencia excedente de los motores eléctricos para mejorar el uso energético, para lo que se establece relación entre la medida de consumo de energía eléctrica actual y la que podría llegar a medirse si el sistema se

implementara en la empresa. Para enfatizar, el uso energético está dado por “Los resultados medibles relacionados con la eficiencia energética, el uso y consumo de la energía (Sánchez, Antonio Carretero Peña y Juan Manuel García, (2012)),

El concepto de uso energético considera los usos que se dan a la energía, la forma en que se consume, la intensidad energética (la energía necesaria para obtener una unidad de producto o servicio) y las medidas disponibles para fomentar la eficiencia y el ahorro de energía. El desarrollo de un Sistema de Gestión Energética (SGEn) requiere de al menos una planificación básica de administración de proyectos. En esta etapa se obtiene la situación energética presente de la organización para realizar una comparación con los consumos pasados y prever los consumos futuros de energía. Para llegar a una evaluación del uso energético, las organizaciones deben: Analizar sus consumos pasados o presentes de energía. Identificar las variables relevantes que afectan el uso y consumo de la energía. Lo anterior, con objeto de establecer la Línea de Base Energética, que tendrá como finalidad ayudar a definir un parámetro inicial para la evaluación de los resultados obtenidos por la organización. Elementos que se pueden observar en la siguiente figura. (eficiencienerg.blogspot, 2016)

Figura 1: Concepto de uso energético



Fuente: (eficiencienerg.blogspot, 2016)

1.3 Energía eléctrica

Es un término importante en el tema de estudio, se puede aclarar que la energía eléctrica es una forma de energía que resulta de la existencia de una diferencia de potencial entre dos puntos, lo que permite establecer una corriente eléctrica entre ambos cuando se los pone en contacto por medio de un conductor eléctrico. (Quintela, F. R., Redondo, R. C., & Redondo, M. M, 2006)

El consumo y el costo de la energía eléctrica en la planta Nutrilácteos es muy alto según la facturación registrada en el año 2020, para determinar la causa se programan visitas de toma de mediciones a los motores eléctricos para determinar el motivo del exceso.

1.4 Consumo de energía eléctrica

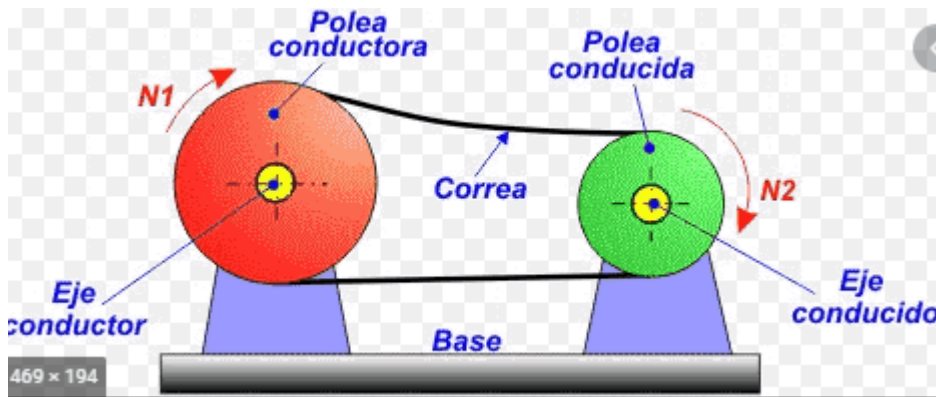
El consumo de energía eléctrica es la cantidad de energía utilizada. El término hace referencia al conjunto de la energía eléctrica empleada para distintos usos, como por ejemplo la fabricación industrial, mover un vehículo eléctrico, o el uso de dispositivos electrónicos. La electricidad consumida se mide en el punto de acceso en las instalaciones del usuario final a través de los contadores eléctricos inteligentes. Consumir energía es necesario para el desarrollo económico y social actual. El consumo energético en el mundo se sustenta mayoritariamente en las fuentes de energía de origen fósil, lo que plantea grandes problemas, como el agotamiento de reservas, dependencia energética, dificultad e inseguridad de abastecimiento energético, y el impacto negativo sobre el medio ambiente. Como solución, se apuesta por reducir el consumo eléctrico y utilizar más energías renovables. (Apaza Condori, Juan Pablo Flórez Garante & Abraham Luis, 2018, Arequipa Perú)

Teniendo en cuenta que optimizar el uso de la energía es clave para reducir costos en la empresa, y que ésta es necesidad actual de Nutrilácteos, el alto costo ocasionado por la potencia excedente en motores eléctricos desperdiciada, es una oportunidad de mejoramiento al ser aprovechada para proponer un sistema electromecánico que optimice el uso energético en la planta y reduzca los costos.

1.5 Sistema electromecánico

Teniendo en cuenta que lo que pretende este estudio es aprovechar los excedentes de potencia para proponer un sistema electromecánico que transforma la potencia desperdiciada en energía mecánica y que por medio de un generador la transforma nuevamente en energía eléctrica para ser usada en los procesos. Este espacio se ocupa de su definición. Los Sistemas Electromecánicos son aquellos sistemas híbridos de variables mecánicas y eléctricas”. Las aplicaciones para componentes electromecánicos cubren un amplio espectro, desde sistemas de control para robots y rastreadores de estrellas, hasta electrodomésticos y controles de posición del disco duro en una computadora, o el control de motores DC en sistemas de aire acondicionado para instalaciones residenciales. (carakenio73, 2019) En la siguiente figura se aprecia un ejemplo de sistema electromecánico con poleas y correas.

Figura 2: Ejemplo de sistema electromecánico con poleas y correas



Fuente: (electrolarissa.blogspot.com, 2016)

1.6 Componentes del sistema electromecánico

No todos los sistemas electromecánicos funcionan o requieren de los mismos componentes, en este apartado se definirá los componentes que se usarán en la propuesta de un sistema electromecánico para aprovechar la potencia excedente en los motores para reducir costos en el consumo.

1.6.1 Motor Eléctrico

El motor eléctrico es un artefacto que transforma la energía eléctrica en energía mecánica, de manera que puede impulsar el funcionamiento de una máquina. Esto ocurre por acción de los campos magnéticos que se generan gracias a las bobinas, (aquellos pequeños cilindro con hilo metálico conductor aislado). Los motores eléctricos son muy comunes, se pueden encontrar en trenes, máquinas de procesos industriales y en los relojes eléctricos; algunos de uso general tienen proporciones estandarizadas, lo que ayuda a mejorar la selección de acuerdo a la potencia que se desea alcanzar para el dispositivo en el que se incluirá En el sistema el motor se encargará de transformar la energía eléctrica en CA en mecánica. Quintela, F. R., Redondo, R. C., & Redondo, M. M. (2006).

1.6.2 Generador

El fin del alternador, como el de todos los generadores eléctricos, es transformar algún tipo de energía en energía eléctrica. La palabra 'rotativo', también incluida, tiene un significado preciso en electrotecnia. Se utiliza principalmente en la expresión 'máquinas eléctricas rotativas', que designa a todas las máquinas que transforman energía mecánica en eléctrica o energía eléctrica en mecánica por medio del giro de un constituyente fundamental, que se llama rotor, y con la intervención de campos magnéticos. Quintela, F. R., Redondo, R. C., & Redondo, M. M. (2006).

El generador eléctrico en el sistema propuesto será movido por el motor mediante una acción mecánica con un sistema de conectores que transformará nuevamente la energía mecánica en eléctrica que se aprovechará en parte del consumo final de la planta.

1.6.3 Tablero de control y transferencia

Es un dispositivo eléctrico y mecánico encargado de alternar entre la alimentación comercial normal y la alimentación de una planta eléctrica de emergencia para alimentar una carga definida, así como controlar y monitorear los distintos parámetros del motor-generador además de controlar su operación. Entre sus funciones se encuentra 1.- Monitorea los valores del suministro comercial de electricidad (normal), como son: Voltaje, Frecuencia, que existe energía en cada una de sus fases. 2.- Al detectar alguna falla o variación importante en estos parámetros, en una o todas sus fases, envía una señal de

arranque a la planta de emergencia. 3.- Una vez que el grupo electrógeno se encuentra dentro de los parámetros definidos hace la transferencia de la carga de normal (Alimentación comercial) a Emergencia (alimentación planta eléctrica). 4.- Una vez operando la planta eléctrica de emergencia el módulo de control se encarga de monitorear: A. Los elementos de protección del equipo como son: Temperatura, Presión de Aceite, Frecuencia, algunos otros que se pueden configurar. B. Los parámetros de Generación del equipo: Voltaje, Frecuencia, Amperaje (carga). C. Los parámetros de la alimentación de la red comercial. 5.- Una vez que registra que la alimentación Normal (Red comercial) tiene parámetros adecuados hace la re-transferencia de la carga de Emergencia a Normal. 6.- Deje un tiempo a que el equipo pierda calor (se desfogue) y la alimentación comercial no tenga variaciones y envía una señal para parar el equipo, quedando en espera del siguiente evento. (Planta Lerma, 2021)

Para el nuevo sistema electromecánico el tablero de control y transferencia integrará la energía eléctrica obtenida del generador al sistema eléctrico de la planta para ser aprovechada en parte de los procesos necesarios para su funcionamiento.

1.6.4 Tablero de distribución

En una instalación eléctrica, un tablero de distribución es la parte principal. En términos generales los tableros son gabinetes que contienen los dispositivos de conexión, maniobra, comando, medición, protección, alarma y señalización, que cumplen una función específica dentro de un sistema eléctrico. Su principal función es proteger cada uno de los distintos circuitos en los que se divide la instalación. Deben también soportar los niveles de corrientes de cortocircuito. Para diseñar un tablero hay que tener en cuenta ciertas consideraciones: si es para baja o media tensión y normas, para garantizar la continuidad y protección del tablero y de sus operadores. Hay que tener presente varios factores y variables antes de instalar y diseñar un tablero: Potencia a manejar, Sistema de Control de los Aparatos, Política de Mantenimiento, Seguridad de las instalaciones que controlarán y de los operarios. También deben someterse a ciertos ensayos para comprobar su funcionalidad y eficacia: Ensayos dieléctricos, ensayos térmicos, ensayos de corto circuito, grado de protección, maniobras mecánicas. Hay varios tipos de tableros, según su ubicación son:

- Tablero principal de distribución: Está conectado a la línea eléctrica principal y de éste se derivan los circuitos Tableros secundarios de distribución: Son alimentados por el principal, auxiliares en la protección y operación de sub-alimentadores
- Tableros de paso: Su propósito es proteger a las derivaciones, que por su capacidad alimentadores o sub-alimentadores, no pueden ser conectados directamente
- Tableros de comando: Contienen dispositivos de seguridad y maniobra.

Tienen diversos usos por la múltiple aplicación de la energía eléctrica: Centros de control de motores, Subestaciones, Alumbrado, Centros de carga, celdas de seccionamiento, centro de distribución de potencia, centros de fuerza etc. (*Tableros de distribución.*, 2012)

El tablero de distribución es necesario en el sistema electromecánico ya que es el encargado de recibir la energía del tablero de transferencia, de distribuir y proteger los diferentes circuitos eléctricos de la planta.

1.6.5 Variador de frecuencia

Hoy es imposible entender la vida cotidiana sin las decenas de diferentes tipos de aparatos eléctricos que facilitan nuestras actividades, ya sea en nuestros hogares, en comercios, o en el entorno industrial. Todos estos aparatos, consumen energía y, para funcionar, necesitan de un motor eléctrico que se alimenta de la red de forma habitual. Independientemente de cuál sea su función, es decir, si se destinan al ocio o al trabajo, estos motores eléctricos utilizan la electricidad para poder generar par y velocidad, siendo el objetivo último hacer funcionar el aparato al que estén conectados. Básicamente, los motores eléctricos no siempre generan la velocidad o frecuencia necesitada por el aparato en cuestión al que sirven. Es aquí donde entra en juego el variador de frecuencia, que actúa como un intermediario para que se utilice únicamente la energía necesaria. Además, tal y como explicaremos más adelante, los variadores o convertidores de frecuencia no solo sirven para mejorar la eficiencia energética de los aparatos conectados a la red, sino que colaborará a la reducción de costes de mantenimiento y de emisiones contaminantes (entre otras ventajas). (El Blog de la ventilación eficiente, 220)

El variador de frecuencia seleccionado para el sistema del nuevo sistema se empleará para arrancar el motor eléctrico a una velocidad mínima hasta llegar a las revoluciones necesarias de funcionamiento.

El variador de frecuencia en el sistema es importante porque aumenta la potencia en el impulso del motor para realizar su trabajo.

1.6.6 Polea

Rueda plana de metal que gira sobre su eje y sirve para transmitir movimiento en un mecanismo por medio de una correa. Una polea es una máquina simple, un dispositivo mecánico de tracción, que sirve para transmitir una fuerza. Además, formando conjuntos —aparejos o polipastos— sirve para reducir la magnitud de la fuerza necesaria para mover un peso. 1- Poleas simples: Uno de los tipos de poleas que hemos mencionado anteriormente son el de las poleas simples. Seguramente si piensas en una polea, la imagen que te vendrá a la cabeza será la de una polea simple. Este tipo de poleas son de lo más fácil de utilizar puesto que solo tienen una polea fija por donde pasa la correa. En un extremo tendremos la carga y en la otra el elemento que se encarga de elevarla. Se deberá realizar la misma fuerza que ejerce el peso de la carga que se quiere levantar con tal de poder moverla. 2- Poleas móviles o compuestas: Este tipo de poleas móviles pueden estar compuesta por una polea fija acompañada de una móvil. Permiten el desplazamiento hacia arriba o hacia abajo dependiendo de la posición de la carga. Gracias a eso el esfuerzo requerido para desplazarla es menor. No obstante, cuenta con el hándicap de que la distancia que debe recorrer la correa es el doble que la de la altura a la que se trabaja. 3- Poleas polipastos: Las poleas de polipastos combinan el uso de poleas fijas y poleas móviles por las cuales pasa una misma correa. La gran ventaja que tienen este tipo de poleas es que por cada polea que se añade a la cadena de poleas se reduce notoriamente la fuerza que ejerce la carga. Las poleas polipastos tienen dos variantes: la de aparejo potencial y la de aparejo factorial. Los polipastos de aparejo potencial están compuestos por una polea fija y mínimo 2 móviles. Muy útil, pero de recorrido limitado puesto que depende de la distancia de separación entre las dos primeras poleas (fija y móvil). Por otro lado, los polipastos con aparejo factorial cuentan con una cantidad par de poleas donde hay las mismas poleas fijas que poleas móviles. Cuantas más poleas se utilice más fácil será desplazar la carga. (SADI.Transmisiones. S.L, 2021)

Las poleas empleadas para el sistema deben ser seleccionadas de acuerdo a la potencia que transmite el motor, sus RPM y las requeridas por el generador mediante movimiento giratorio por correas para obtener la eficiencia deseada.

1.6.7 Correa

Las correas son cintas cerradas de cuero y otros materiales que se emplean para transmitir movimiento de rotación entre dos ejes generalmente paralelos. Pueden ser de forma plana, redonda, trapezoidal o dentada. Elemento mecánico que efectúa la transmisión del movimiento entre árboles paralelos, mediante las fuerzas de rozamiento que se producen entre la correa y las poleas sobre las cuales se enrolla. Las correas pueden ser planas, trapeciales o dentadas. Las últimas difieren fundamentalmente de las demás, pues el movimiento no se transmite en ellas por rozamiento, sino por el empuje que ejercen los dientes de la correa sobre los de las poleas. (Apaza Condori, Juan Pablo Flórez Garante & Abraham Luis, 2018, Arequipa Perú.)

En el sistema que se propone implementar se sugiere el uso de correas tipo v, teniendo en cuenta que son accesibles en el comercio, resistentes, no producen ruidos exagerados y son de fácil cambio o mantenimiento.

1.7 Referentes

Las propuestas de investigación que se mencionan a continuación se relacionan directamente con el trabajo propuesto en cuanto a uso energético, consumo, reducción de costos y confiabilidad en el sistema eléctrico.

1.7.1 Nacionales

- Estudio comparativo entre la legislación de la eficiencia energética entre Colombia y España: La mejora en la eficiencia de conversión, distribución y uso de la energía, presenta un importante potencial para mitigar los efectos del consumo energético y su impacto en el problema mundial del cambio climático. Las políticas públicas de eficiencia energética, son implementadas a través de diferentes mecanismos incluyendo regulación de precios, reglamentación o legislación e incentivos económicos y fiscales. Este trabajo se centra en la reglamentación y legislación, desde

la perspectiva de dos países con niveles sociales y económicos muy diferentes: Colombia y España. Se realiza una comparación de los resultados de su aplicación, medidos con base en la intensidad energética. (Mejía, 2014)

Con el estudio se identificó que para el caso de Colombia la eficiencia energética ha mejorado en los últimos 8 años debido a la aplicación de estrategias de mejoramiento en el consumo energético, lo que es alentador para los autores, considerando que se propone en este trabajo la aplicación de estrategia para reducir el consumo de energía eléctrica en la planta.

■ Indicadores de uso energético en plantas de beneficio de aceite de palma en Colombia:

En este artículo se evalúan las consecuencias de trasladar los precios de la energía desde el Mercado de Energía Mayorista al Mercado de Energía Minorista como un mecanismo para promover cambios en los patrones de consumo. A partir de un caso de estudio de un Mercado de Clientes No Regulados (MCNR) en Colombia, se miden los beneficios obtenidos al variar el consumo de energía eléctrica de una hora a otra (horas pico de demanda a horas no pico). Se proponen algunos indicadores que les servirán a las empresas comercializadoras de energía y a los operadores del sistema eléctrico para hacer un seguimiento a los rendimientos reales de estos programas. Los resultados muestran que se obtienen beneficios de aproximadamente doscientos millones de pesos anuales y reducciones de los picos de demanda de 1%, aunque se aclara que estos beneficios dependen del número de consumidores que se acojan al programa y de sus curvas de carga. (Juan Barrera , Nidia Ramírez & Jesús García, 2016)

Éste referente es importante para el presente trabajo al mencionar los beneficios que se presentan al gestionar el consumo energético en las organizaciones, al igual que se pretende hacer con la empresa Nutrilácteos El Roble al hacer un plan de mejora en el uso y el consumo de la energía.

1.7.2 Internacionales

■ Análisis de indicadores de uso energético en Ecuador:

Ecuador ha implementado varias acciones en el sector energético, por lo que es necesario medir su uso aplicando indicadores. El objetivo de este artículo consistió en determinar la evolución y el impacto de acciones realizadas en los últimos 15 años. En el artículo se presenta la metodología para determinar los principales indicadores energéticos. En base a la disponibilidad de información, se seleccionó los indicadores más representativos y factibles para evaluar el uso energético del país para el período 2000-2015. Una vez obtenidos los resultados de las series históricas se analizó su tendencia y se comparó con los países de América del Sur. Finalmente se identificó posibles líneas de acción para mejorar el desarrollo energético. (Verónica Guayanlema, 2017)

Este referente internacional permite dar una mirada al comportamiento energético de otro país e identificar las líneas de acción por ejemplo el autoabastecimiento de energía para prepararse ante el crecimiento demográfico y económico, fortalecimiento de finanzas para prever los cambios y usos de energías renovables, empleadas para mejorar el uso energético y que aportan ideas sobre la forma eficiente de gestionar la planificación energética a pequeña escala.

■ Aplicación metodológica para la determinación del uso energético en hospitales de la región Metropolitana Santiago de Chile.

El objetivo principal de esta memoria es estudiar el comportamiento energético de hospitales y clínicas emplazados en la Región Metropolitana. Para ello se analizan metodologías reconocidas en el tratamiento de la eficiencia energética y se realiza su aplicación para la obtención de un estándar de uso energético dentro de los recintos considerados en la muestra. Tal estudio se realiza analizando el consumo individual de electricidad, agua potable y combustibles, sobre la base comparativa de cantidad de camas, superficie construida y año de edificación. Mediante una evaluación precisa de la situación energética de estos edificios, se pretende establecer indicadores de consumo diferenciados que permitirán el mejoramiento energético con uso racional de la energía, con el fin último de que el parque hospitalario demande cada vez menos energía, reduciendo los costos energéticos globales. En una primera etapa, se da a conocer aspectos generales del uso de la energía y la incorporación de la gestión energética en el tratamiento de edificios. Posteriormente, se toca el tema de la situación actual nacional abordando aspectos económicos y energéticos, y exponiendo la situación hospitalaria de

nuestro país. Un análisis de la situación energética Internacional es mencionado a continuación a través de legislaciones y ejemplos de gestión energética. (Sepúlveda, 2008)

La información planteada en este referente es relevante, entendiendo que un plan energético bien estructurado tiene beneficios ambientales y económicos, favoreciendo a las organizaciones que dediquen tiempo a sus planes de mejoramiento, en el caso particular la investigación beneficia ampliamente al sector salud de Santiago de Chile.

1.8 Plan Energético Nacional

La transformación energética entendida como el proceso de descarbonización, descentralización y digitalización de las cadenas de valor del sector, implica un cambio en la forma de producir y consumir energía que se compagina con la apuesta de desarrollo sostenible del país a largo plazo, en la que se busca un equilibrio entre el crecimiento económico, la protección del medio ambiente y la mejora en calidad de vida de las poblaciones más vulnerables. Las señales de mercado y los mecanismos de financiación para el recambio tecnológico son fundamentales para la descarbonización. La transformación energética brinda oportunidades para la creación una nueva industria a nivel nacional y el empoderamiento local. (Colombia, Ministerio de Minas y Energía de, 2021)

Como lo menciona el PEN, el cambio en la forma de producir y consumir energía, permite un desarrollo sostenible en el que se beneficia el desarrollo económico, el cuidado del medio ambiente y el mejoramiento de las oportunidades para el empoderamiento local a través del crecimiento de la pequeña empresa, lo que proporciona una esperanza en el progreso de la calidad de vida de sectores necesitados, aspecto que tiene en cuenta este trabajo para ayudar a impulsar la empresa Nutrilácteos.

La gráfica que se presenta a continuación muestra los pilares para la transformación energética, empleando los recursos disponibles, las posibilidades para realizar cambios tecnológicos, la digitalización y el cambio comportamental del usuario lo que dará origen a un buen uso energético cuidando el uso y consumo final de la energía eléctrica.

Figura 3: Enfoque para la transformación energética.



Fuente: (Colombia, Ministerio de Minas y Energía de, 2021)

Habiendo registrado y destacado el uso de cada uno de los conceptos inherentes al desarrollo del trabajo propuesto, se procede a describir y analizar los procesos de producción y consumo de energía eléctrica en la planta Nutrilácteos El Roble para determinar los procesos más aptos para optimizar el uso energético y reducir costos en la planta, que se presentan en el siguiente capítulo.

2. Procesos de producción y consumo de energía eléctrica

En este segundo capítulo se caracterizaron procesos de producción y consumo de energía eléctrica aptos para optimizar el uso energético en la planta, la información descrita en este capítulo se fundamenta en mediciones realizadas en cada una de las visitas a sitio. Ver **Anexo A** Fichas de Observación propuesta para visitas a Nutrilácteos El Roble (7 Visitas)

La planta Nutrilácteos El Roble, está ubicada en la ciudad de Chiquinquirá Carrera 30 Avenida Circunvalar Casa Blanca, maneja aproximadamente 20 empleados, provee el queso de esa zona de la ciudad y además tiene mercado en la ciudad de Bogotá.

Figura 4: Mapa de Ubicación de la planta.



Fuente: Google Maps, 10 de abril de 2021.

La empresa ha diseñado su página web, donde ofertan sus productos y tienen los datos relevantes. Además, tienen una política ambiental como se relaciona “Nuestros productos reflejan, en su variedad, la tradición de excelencia de la industria de producción de quesos que se ha desarrollado a lo largo de varios siglos. En quesos El Roble trabajamos todos los días por aportar en un granito de arena a ser conscientes con el mundo en que vivimos. Es por esto que tenemos una política de Sustentabilidad que nos lleva a ser una marca amigable con el medio ambiente.” (Nutrilácteos, 2021)

Figura 5: Esquema, política de Sustentabilidad Nutrilácteos El Roble.



Fuente: Tomado de (*NUTRILACTEOS – EL ROBLE*, s. f.)

2.1 Identificación de los procesos sobre planos existentes

En visita técnica a la planta de Nutrilácteos el Roble, se sostiene charla informal con el propietario el señor, José Bertulfo Martínez, quien indica que no cuenta con ningún tipo de plano ni diseño arquitectónico, ya que la empresa se fue formando de una manera improvisada y fue avanzando su construcción de acuerdo a la necesidad de producción, por lo que autorizó a tomar esta información en el sitio de la planta, la toma de información da origen al plano de procesos y el diseño eléctrico sobre la instalación existente que se relacionan a continuación.

2.1.1 Plano de Procesos

El plano de procesos fue diseñado de acuerdo a la obra arquitectónica del sitio y ubicación de los equipos por los autores ya que no se contaba con dicho plano. (Ver **Anexo C Plano de procesos**)

Se realizó diseño de plano de procesos, en donde se puede apreciar la construcción arquitectónica de la planta y se enumeran los procesos de acuerdo al paso a paso registrado en las visitas y orientado por el personal que allí labora, se puede detallar que algunos procesos son combinados por tanto se realizan dentro de la misma área

Figura 6: Plano de procesos Nutrilácteos El Roble [2,1,1].

PLANTA NUTRILACTEOS EL ROBLE PLANO DE PROCESOS



Fuente: Elaborado por los autores.

2.1.2 Plano de diseño eléctrico

El plano eléctrico fue diseñado por los autores teniendo en cuenta que no existía, se especifica que el montaje del diseño electromecánico se ubicaría entre el equipo de medida y los tableros de distribución. **(Ver Anexo D: Plano Eléctrico).**

Figura 7: Plano de diseño eléctrico Nutrilácteos El Roble.



Fuente: Elaborado por los autores.

En las visitas realizadas se toma la ubicación y medidas de los componentes eléctricos de la instalación que son plasmados dentro del diseño eléctrico para determinar la mejor ubicación y funcionalidad del sistema electromecánico, en caso de ser implementado.

Al levantar este plano se analiza que la distribución eléctrica existente no es la más adecuada teniendo en cuenta que los motores eléctricos no están organizados según los procesos, los conductores y tableros eléctricos no cumplen el RETIE.

2.2 Procesos de producción

Con las visitas realizadas se logra organizar la siguiente información sobre procesos:

- **Recepción del producto (leche cruda).** Es la parte del proceso donde se realiza el descargue de la leche del vehículo, debe ser estacionado en un sitio limpio, el personal de la empresa realiza un conjunto de pruebas que permiten determinar si cumple con los estándares de calidad, es decir comprueban que sea apta para su almacenamiento en tanques de acero inoxidable.

Figura 8: Recepción del producto Nutrilácteos El Roble



Fuente: Tomado por los autores.

▪ **Descremado:** Proceso por el cual se elimina la grasa de la leche mediante centrifugado, con la grasa extraída se hace crema de leche y mantequilla, después de este proceso es almacenada en canecas plásticas tapadas herméticamente.

Figura 9: Zona de descremado Nutrilácteos El Roble



Fuente: Tomado por los autores.

- **Enfriamiento de crema:** la crema empacada debe ser almacenada bajo refrigeración adecuada de 5 °C, en un ambiente libre de humedad, sellado, con acceso restringido y en anaqueles separados de productos que puedan contaminarla.

Figura 10: Zona de enfriamiento de la crema Nutrilácteos El Roble



Fuente: Tomado por los autores.

- **Pasteurización:** proceso por el cual es posible destruir los microorganismos mediante la aplicación de calor a temperaturas de 70 a 72 ° C. con una duración de 15 a 30 minutos suficientes para aniquilarlos, pero sin alterar los componentes de la leche., una vez transcurrido el tiempo de pasteurización la leche se debe enfriar lo más rápido posible. Es necesario enfriarla haciendo circular agua fría por la doble pared de la tina a una temperatura 37° C.

Figura 11: Zona proceso de pasteurización Nutrilácteos El Roble



Fuente: Tomado por los autores.

- **Cuajado:** Proceso donde aplican cuajo líquido, en pastillas o en polvo y con diferente fuerza o poder de cuajado, la cantidad aplicada depende de la cantidad de leche. se deja reposar entre 30 – 45 minutos y se debe mantener la temperatura entre 32 – 35 °C, ya que si, durante la coagulación, la leche y la cuajada en formación se enfrían, los granos resultan de tamaño irregular y la humedad no será uniforme luego viene el corte y el batido de la cuajada que se realiza con una lira o con un cuchillo de hoja larga, con la finalidad de liberar el suero y obtener los granos de cuajada.

Figura 12: Zona de cuajado Nutrilácteos El Roble



Fuente: Tomado por los autores.

- El batido tiene como finalidad darle consistencia al grano de cuajada, se realiza de forma suave para no pulverizar la cuajada y conforme avanza el batido se le aplica más fuerza, el grano disminuye de volumen y se torna más consistente, por la pérdida del suero. Al finalizar la agitación, se deja algunos momentos en reposo. Los granos de cuajada se depositan en el fondo de la tina mientras que el suero quedará en la parte superior. De esta manera será posible extraer el suero sin dificultad.

Figura 13: Proceso de Batido Nutrilácteos El Roble



Fuente: Tomado por los autores.

Aprovechamiento de la potencia excedente en los motores eléctricos en
Nutrilácteos El Roble

- **Prensado:** Para iniciar el prensado la cuajada es colocada dentro de moldes, El objetivo del prensado es eliminar algo más de suero, unir el grano haciendo la masa más compacta y dar definitivamente el formato deseado.

Figura 14: Proceso de prensado Nutrilácteos El Roble



Fuente: Tomado por los autores.

- **Empacado y almacenado:** el queso debe ser empacado en envases o bolsas que no dañen su calidad el producto terminado debe ser almacenado bajo refrigeración para evitar acidificación y sobre maduración.

Figura 15: Zona de empacado y almacenamiento



Fuente: Tomado por los autores.

- **Producto cuarto frío y maduración:** es un almacén en que se genera artificialmente a una temperatura - 4°C específica diseñado para el almacenamiento de productos en un

ambiente por debajo de la temperatura ambiente. su maduración es la fase final en la elaboración del queso en esta etapa se producen una serie de reacciones y cambios físicos y químicos que determinan el aroma, el sabor, la textura, el aspecto y la consistencia del queso.

Figura 16: Zona cuarto frío y maduración Nutrilácteos El Roble



Fuente: Tomado por los autores.

- **Doble crema:** es la transformación de la leche en queso generalmente comprende siete etapas tratamiento de la leche, coagulación corte de la cuajada y su desuerado, moldeo, prensado, salado, afinado o maduración.

Figura 17: Zona de procesamiento de queso doble crema Nutrilácteos El Roble



Fuente: Tomado por los autores.

- **Caldera:** su función es producir calor al quemar combustible se trata de un instrumento térmico que tiene como propósito incrementar la temperatura a la presión del agua hasta transformar el fluido en vapor a la presión necesaria.

Figura 18: Caldera Nutrilácteos El Roble



Fuente: Tomado por los autores.

- **Almacenamiento de agua potable:** en este proceso se reutiliza el vapor de agua que sobra de los procesos internos se lleva un tanque subterráneo que en este caso está instalado debajo de la planta aprovechando así el espacio debidamente construido para este fin, donde llega agua potable de la red, mezcla que se realiza para enfriar el vapor de agua y de ahí mediante una electro-bomba es llevado a los tanques altos que queda sobre el área de recepción de leche cruda y de este sitio está conectado al caldera nuevamente para iniciar el proceso nuevamente.

Figura 19: Almacenamiento de agua potable Nutrilácteos El Roble



Fuente: Tomado por los autores.

• **Laboratorio**, cuarto de ubicación del equipo o maquina analizadora química, donde se llevan las muestras de leche cruda para analizar sus componentes, si estos son los óptimos de calidad para la producción de queso, Las pruebas y el control de calidad de la leche deben realizarse en todas las fases de la cadena láctea. La leche puede someterse a pruebas de:

- Cantidad – medida en volumen o peso;
- Características organolépticas – aspecto, sabor y olor.
- Características de composición – especialmente contenido de materia grasa, Materia sólida y de proteínas.
- Características físicas y químicas.
- Características higiénicas – condiciones higiénicas, limpieza y calidad.
- Adulteración – con agua, conservantes, sólidos añadidos, entre otros.

Figura 20: Zona de laboratorios Nutrilácteos El Roble



Fuente: Tomado por los autores.

• **Lavado vehículos:** Para este proceso existe una rampa y un tanque subterráneo de aguas residuales o recogidas de fuentes hídricas cercanas, el cual se utiliza para mantenimiento y aseo de vehículos propios de la planta, lavado de tanques y demás servicios.

Figura 21: Zona de lavado de vehículos Nutrilácteos El Roble



Fuente: Tomado por los autores.

Aprovechamiento de la potencia excedente en los motores eléctricos en
Nutrilácteos El Roble

- **Procesos administrativos:** existe una oficina con equipos tecnológicos e inmuebles donde se hace la recepción de documento, pagos, certificaciones, se organiza la papelería necesaria para el funcionamiento de la planta en los equipos de en general desde allí se administra la planta.

Figura 22: Oficina de procesos administrativos Nutrilácteos El Roble



Fuente: Tomado por los autores.

- **Producto final:** es el lugar determinado para la manipulación de productos frescos y productos finales listos para su comercialización.

Figura 23. Producto final Nutrilácteos EL Roble



Fuente: Tomado por los autores.

2.3 Inventarios y caracterización de equipos por cada proceso.

Con autorización del gerente de la planta, los empleados describen los procesos realizados diariamente para la producción del queso y los autores toman atenta nota y fotografías de cada uno. En la tabla siguiente se encuentra numerados los procesos según la distribución de la planta y además se mencionan elementos, equipos y espacios empleados para su ejecución como se muestra en la tabla.

Tabla 1. Procesos y componentes planta Nutrilácteos El Roble

Procesos directos	Procesos	Componentes
1	Recepción de leche cruda	Patio de ingreso vehículos, zona de descargue, tanques de recibo y condensado, motor eléctrico 1HP agitador, motor 2HP de envío a descremado.
2	Descremado	Tanque recepción de leche, batido y descremado, motor eléctrico 1descremadora, llenado de crema en canecas.
3	Enfriamiento de crema	Cuarto frío, refrigeración de crema en canecas T °C -5° transporte manual
4	Pasteurización	Tanque, batidora motor eléctrico
5	Proceso de Cuajado	Tanque proceso manual
6	Prensado	Proceso manual
7	Producto a cuarto frío y maduración	Cuarto frío procedimiento a -5 °C
8	Proceso doble crema	Dos Tanques de batido, ,2 motor eléctrico de 7,5HP c/u canecas de envase.
Procesos	Auxiliares	

Aprovechamiento de la potencia excedente en los motores eléctricos en
Nutrilácteos El Roble

9	Proceso de funcionamiento caldera	Carbón o leña, tolva, tanque de agua, motor eléctrico de 3HP carga al tanque, motor eléctrico de 2HP, ductos de vapor hacia los procesos.
10	Cuarto frío producto final	Cuarto de refrigeración unidad proceso manual
11	Laboratorio	Mediciones mediante máquina Fisicoquímica y Organoléptica de leche, escritorio
12	Lavado de vehículos	Tanque subterráneo patio de lavado 1 motor eléctrico de 7,5HP 1 motor eléctrico de 3HP
13	Tanques de agua limpia	Tanque subterráneo, tanques aéreos motor eléctrico de 1HP

Fuente: Elaborado por los autores.

2.4 Consumo de energía por proceso.

En visita realizada al sitio, se miden los parámetros eléctricos y el funcionamiento de los sistemas, con la información obtenida se elabora la tabla de caracterización en la que se establece la relación de motores eléctricos, potencias aparentes en HP y en kVA, la potencia real en kW, voltajes reales en la entrada de equipos, corrientes por equipo, horas de uso, consumo en kW h/m y Frecuencia de línea (Hz). Las mediciones realizadas se tomaron con la pinza UNI-T (UT202A): Pinza amperimétrica UNI-T UT200A es una herramienta diseñada para medir voltaje AC/ DC, corriente AC, resistencia, realizar chequeo de diodos y verificar continuidad de circuitos la pinza se muestra a continuación.

Figura 24: Pinza amperimétrica UNI-T Y especificaciones (UT202A)



Especificaciones:

- Corriente alterna (A) 2A / 20A / 200A \pm (1.5% + 5)
- Voltaje de CA (V) 600V \pm (1.5% + 5)
- Voltaje DC (V) 600V \pm (1% + 3)
- Resistencia (Ω) 20k Ω \pm (1% + 4)
- Cuenta de pantalla 2000
- Rango manual \checkmark
- Capacidad de la mandíbula 28mm
- Prueba de diodo \checkmark
- Zumbido continuidad \checkmark
- Indicación de batería baja \checkmark
- Retención de datos \checkmark
- LCD luz de fondo \checkmark
- Impedancia de entrada $\geq 10M\Omega$ \checkmark
- Batería 9V (6F22)

Fuente: (OSAKA ELECTRONICS, 2021)

En la siguiente tabla se muestran los procesos, su sistema de conexión a una red trifásica, de la que dependen dos acometidas bifásicas que se intercalan internamente componiendo dos circuitos trifásicos para la instalación, en las siguientes columnas de la tabla respectivamente se especifica la cantidad de motores eléctricos por proceso, con lo que se determina que hay excedente de energía debido a que su potencia es superior a la requerida, un ejemplo determinante está en los motores del descremado en los que el motor 1 tiene una potencia de 4.5 HP y es una potencia sobredimensionado para su trabajo y el motor 2 que tiene una potencia de 8 HP, cumpliendo la misma función y que casi duplica la potencia del motor 1, éstas pérdidas en el consumo pueden ser aprovechadas para el funcionamiento del nuevo sistema, además se determina la potencia aparente en HP y kVA datos obtenidos de la Ecuación 1 y 2, se registran además, los voltajes y corrientes por motor determinando así la potencia real kW con la Ecuación 3, con las horas de uso se determina los kWh, ver Ecuación 4, que pueden ser mensual trimestral o anual. Al analizar los datos se puede determinar que entre kVA y kW se encuentran algunas diferencias, debido a las características del motor y la variación del voltaje de red, concluyendo que la potencia real es de 38.966 kW.

Aprovechamiento de la potencia excedente en los motores eléctricos en
Nutrilácteos El Roble

Tabla 2: Continuación

7	Producto a cuarto frio y maduración	2	Unidad M10	6	4.476	4.620	210	22	20	2772
		2	Ventiladores 4	0.58	0.440	0,440	210	0.5	18	237.6
8	Proceso doble crema	2	Batidora1 M11	1	0.746	0.693	210	3.3	3	62.37
		2	Batidora2 M12	1	0,746	0,693	210	3.3	4	83.16
		2	Batidora3 M13	1.5	1.119	1.210	210	5.7	3	108.9
	Procesos auxiliares									
9	Proceso de funcionamiento caldera	2	Motor V M14	1,5	1.119	1.050	210	4.9	8	252
		2	Electrobomba M 15	5	3.730	3.507	210	16.7	6	631.2
10	Cuarto frio producto final	2	Unidad M16	1	0,746	0,714	210	3.4	23	492.76
		2	Ventiladores 4	0.58	0.440	0.440	210	0.5	8	105.6
11	Laboratorio									
12	Lavado de vehículos	2	Electrobomba M17	3	2.200	2.238	210	10.4	0.30	20.14
		2	Electrobomba M18	6	4.476	5.586	210	26.6	1	167.58
13	Compresor	2		2	1.492	1.492	210	7.1	4	179
14	Tanques de agua limpia	2	Electrobomba M19	1	0.746	0,746	210	3.5	4	89.52
	TOTAL					38.966				7825.35
	Consumo trimestral									23476

Fuente: Elaborado por los autores.

2.5 Comportamiento de motores por proceso

Con el informe de visitas realizadas al sitio (5) (ver anexo A) se elaboró la tabla 3, que presenta el resumen de potencia real en kW con medidas de voltajes y amperes ver Ecuación 3 y kWh en horas diarias trabajadas en la planta en tiempo real, lo que da como resultado un promedio mensual ver Ecuación 4.

Tabla 3: Tabla de datos y medidas tomados por proceso con mayor variación de uso.

	Proceso	Equipo	fecha	Potencia Real kW	Volt.	Amp.	Horas día	kWh
1 recRecepción de leche cruda		Agitador M1	06/03/21	0.693	210	3.3	6	134.28
			13/03/21	0.693	210	3.32	5.40	112.26
			20/03/21	0.693	210	3.31	5.30	110.18
			27/03/21	0.693	210	3.3	5.35	111.22
			28/03/21	0.693	210	3.3	5.50	114.34
		Electrobomba M2	06/03/21	1.333	210	6.35	6	239.94
			13/03/21	1.333	210	6.35	6.10	243.93
			20/03/21	1.333	210	5.34	5.55	221.94
			27/03/21	1.333	210	6.34	5.40	215.94
			28/03/21	1.333	210	6.35	5.30	211.94
2 Descremado		Agitador M3	06/03/21	3.217	211	8.8	4	368
			13/03/21	3.217	211	8,82	4.20	405.34
			20/03/21	3.217	211	8.81	3.50	337.78
			27/03/21	3.217	211	8.8	4.05	390.86
			28/03/21	3.217	211	8.81	3.40	328.13
		Agitador M4	06/03/21	5.667	211	15.5	3	510
			13/03/21	5.667	211	15.51	3.20	544
			20/03/21	5.667	211	15.5	3.30	561
			27/03/21	5.667	211	15.53	3.10	527
			28/03/21	5.667	211	15.51	3.45	586.53

Aprovechamiento de la potencia excedente en los motores eléctricos en
Nutrilácteos El Roble

4	Pasteurización	Agitadora M6	06/03/21	1.123	210	5.35	4	134.76
			13/03/21	1.123	210	5.35	3.55	119.59
			20/03/21	1.123	210	5.33	4	134.76
			27/03/21	1.123	210	5.35	3.50	117.91
			28/03/21	1.123	210	5.34	3.55	119.59
		Agitadora A M7	06/03/21	0.907	210	4.32	4	108.84
			13/03/21	0.907	210	4.33	4.50	122.44
			20/03/21	0.907	210	4.32	4.20	114.28
			27/03/21	0.907	210	4.31	4	108.84
			28/03/21	0.907	210	4.32	4.10	111.56
		Agitadora A M8	06/03/21	0.907	210	4.32	4	108.84
			13/03/21	0.907	210	4.32	4.10	111.56
			20/03/21	0.907	210	4.31	4	108.84
			27/03/21	0.907	210	4.32	3.50	95.23
			28/03/21	0.907	210	4.31	4	108.84
		Electrobomba ... M9	06/03/21	1.491	210	7.1	8	357.84
			13/03/21	1.491	210	7.13	7.30	326.52
			20/03/21	1.491	210	7.15	7.40	331
			27/03/21	1.491	210	7.12	7.40	331
			28/03/21	1.491	210	7.13	7.35	328.76
8	Proceso doble crema	Batidora1 M11	06/03/21	0.693	210	3.3	3	62.37
			13/03/21	0.693	210	3,32	4	83.16
			20/03/21	0.693	210	3.31	3.50	72.76
			27/03/21	0.693	210	3.3	3.45	71.72
			28/03/21	0.693	210	3.32	3.30	68.6
		Batidora2 M12	06/03/21	0,693	210	3.3	4	83.16
			13/03/21	0.693	210	3.3	3.40	70.68
			20/03/21	0.693	210	3.3	3.30	60.60
			27/03/21	0.693	210	3.32	3.40	70.68
			28/03/21	0.693	210	3.31	3.55	73.80

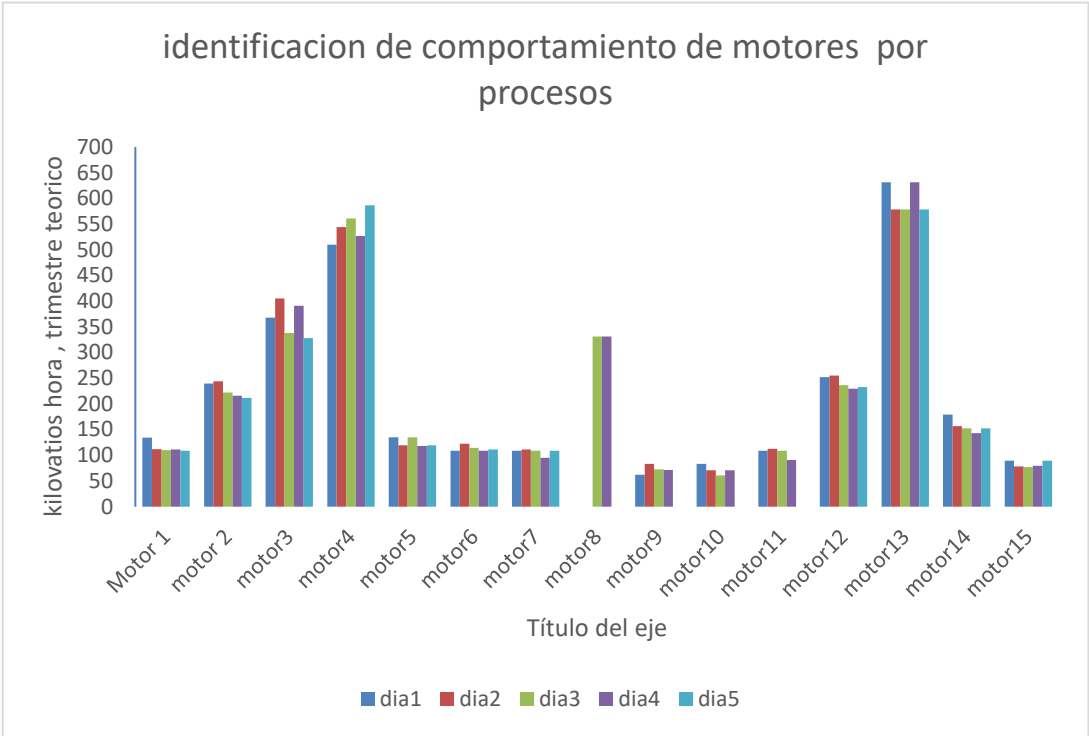
		Batidora3 M13	06/03/21	1.210	210	5.7	3	108.9
			13/03/21	1.210	210	5.69	3.10	112.53
			20/03/21	1.210	210	5.7	3	108.90
			27/03/21	1.210	210	5.71	2.50	90.75
			28/03/21	1.210	210	5.7	3.05	110.71
		Procesos auxiliares						
9	Proceso de funcionamiento caldera	Motor V M14	06/03/21	1.050	210	4.9	8	252
			13/03/21	1.050	210	4.92	8.10	255
			20/03/21	1.050	210	4.91	7.50	236.25
			27/03/21	1.050	210	4.9	7.30	229.95
			28/03/21	1.050	210	4.9	7.40	233
		Electrobomba M 15	06/03/21	3.507	210	16.7	6	631.2
			13/03/21	3.507	210	16.72	5.50	578.65
			20/03/21	3.507	210	16.7	5.55	578.65
			27/03/21	3.507	210	16.7	6	631.26
			28/03/21	3.507	210	16.69	5.50	578.65
13	Compresor	M19	06/03/21	1.492	210	7.1	4	179
			13/03/21	1.492	210	7.12	3.50	156.66
			20/03/21	1.492	210	7.1	3.40	152.18
			27/03/21	1.492	210	7	3.20	143.23
			28/03/21	1.492	210	7.14	3.40	152.18
14	Tanques de agua limpia	Electrobomba M20	06/03/21	0,746	210	3.5	4	89.52
			13/03/21	0,746	210	3.5	3.50	78.33
			20/03/21	0,746	210	3.5	3.45	77.21
			27/03/21	0,746	210	3.52	3.55	79.44
			28/03/21	0,746	210	3.5	4	89.52

Fuente: Elaborado por los autores.

En la tabla se pueden apreciar los datos y medidas tomados por proceso con mayor variación de uso, luego se especifican los motores y luego las fechas de toma de datos, la potencia real en kW, los voltajes y corrientes para la misma, las horas de uso y los kWh para determinar el comportamiento de utilidad de los motores, Observando los resultados de la columna de los kWh se aprecia que hay variación en los consumos diarios lo que justifica la variación del consumo por periodo facturado.

La gráfica presenta la comparación entre los datos tomados por día y el cálculo de kWh, lo que permite ver que existe gran variación en los consumos por periodo, y se analiza que las producciones son variables considerando que están determinadas por la recepción de la materia prima.

Figura 25: Comportamiento de los motores por proceso Nutrilácteos El Roble.



Fuente. Los Autores

2.6 Potencia requerida, para el nuevo sistema

Para hallar el rango de generación en potencia requerida para el nuevo sistema se emplea la información de las Tablas 2 Caracterización de consumo de energía de equipos por procesos, Tabla 3: Datos y medidas tomados por proceso con mayor variación de uso, datos determinados HP de la Ecuación1, kVA de la Ecuación 2, kW de la Ecuación 3 y potencia trifásica ver Ecuación 5, dando origen a la siguiente tabla.

Aprovechamiento de la potencia excedente en los motores eléctricos en
Nutrilácteos El Roble

Tabla 4. Rango de generación en potencia requerida, para suministrar el nuevo sistema, extraída de la tabla 2.

	Proceso	N° Fase	Equipo	Potencia HP	Potencia kVA	Potencia Real kW
	Recepción de leche cruda	2	Agitador M1	1	0.746	0.746
		2	Electrobomba M2	2	1.492	1.333
	Descremado	3	Agitador M3	4, 5	3.357	3.217
		3	Agitador M4	8	5.968	5.667
	Pasteurización	2	Agitadora M6	1. 5	1.199	1.123
		2	Agitadora A M7	1	0.746	0.907
		2	Agitadora A M8	1	0.746	0.907
		2	Electrobomba M9	2	1.492	1.491
	Proceso doble crema	2	Batidora1 M11	1	0.746	0.693
		2	Batidora2 M12	1	0,746	0,693

Continuación tabla 4

		2	Batidora3 M13	1.	1.119	1.210
				5		
	Procesos auxiliares					
	Proceso de funcionamiento caldera	2	Motor V M14	1,	1.119	1.050
		2	Electrobomba M 15	5	3.730	3.507
3	Compresor	2		2	1.492	1.492
4	Tanques de agua limpia	2	Electrobomba M19	1	0.746	0,746
	TOTAL					24732
	TOTAL TRIFÁSICO					8.884
	TOTAL BIFÁSICO $=p\sqrt{3}$					9.150
	TOTAL CARGA REQUERIDA EN KVA					18.034

Fuente: Elaborado por los autores.

Capítulo

En la tabla anterior se pueden apreciar en primer lugar los procesos que tienen motores eléctricos que originan una potencia excedente aprovechable para proponer el sistema electromecánico, en la segunda columna se encuentra el tipo de sistema de conexión eléctrica resaltando que en su mayoría son bifásicos, en la tercera columna se encuentra especificado el equipo y su función en el proceso, en la siguiente columna se ubica la potencia en HP de cada uno de los motores, lo que afirma la conclusión antes dada sobre que las potencias son altas para los usos en algunos casos, en la siguiente columna está dada la potencia aparente en kW, que se halla al tomar los registros en sitio y con lo que se puede deducir que al realizar los cálculos y tomando un sistema trifásico la potencia real medida es de 18,034 kW, para tomar la capacidad para el sistema a diseñar se da una tolerancia del 10% que daría 19,834 kVA y aproximando resultaría apto emplear para el sistema un generador de 20 kVA así:

Para la elaboración de las tablas se tomó como referencia las siguientes fórmulas:

HP= caballos de fuerza

$$1HP = 0,7457Kw = 0.746w$$

kW= Kilowatt = 1000 watt ó se divide la cantidad de watt en 1000 dando los kilowatts

$$kW= (V*I)/1000$$

Eje. 18034 W en kW = 18034/1000= 18.034 KW

Potencia bifásica $P = V * I = Watt$

Potencia trifásica $P = V * I * \sqrt{3} = Watt$

Consumo kilowatt hora mes $P * h * d * m = kWhm$

Hallo el porcentaje 18,034 kW = 100%

$$X \quad 10\%$$

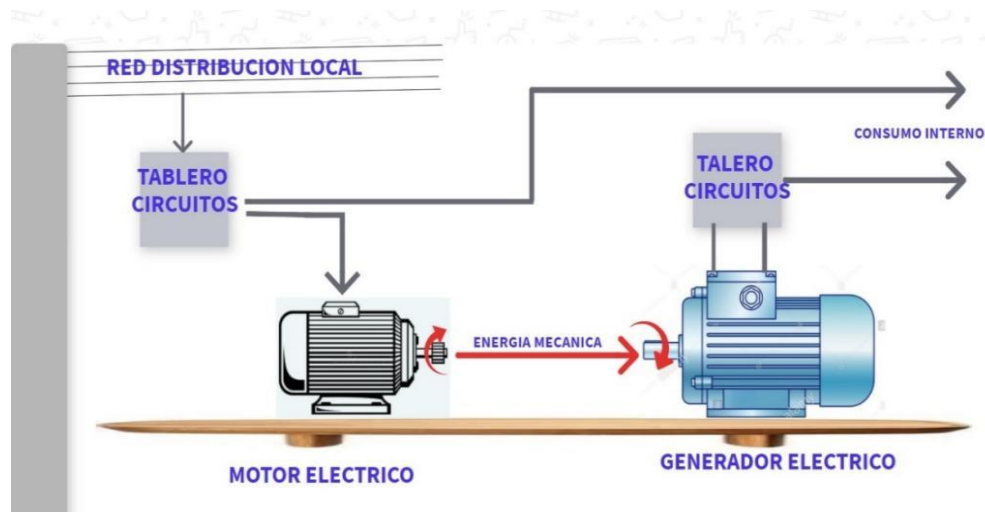
$$X= 18,034 * 10= 180,340/100= 1,8$$

$$kWP= 18,034 +1,80=19,834kVA = 20 kVA aproximados.$$

2.7 Sistema óptimo para el aprovechamiento de potencia excedente.

Para aprovechar la potencia excedente resultante de la variación del consumo y de las capacidades en los motores eléctricos, se determina que el más óptimo es un sistema electromecánico, que funciona con base en un variador de frecuencia que impulsa un motor eléctrico conectado a la red de energía de distribución local, que convierte la energía eléctrica a mecánica, en un movimiento giratorio por intermedio de su eje (Rotor), mediante un sistema correa polea transmite ésta energía al generador, el que a su vez transforma la energía mecánica a eléctrica pudiendo ser aprovechada en los procesos de la planta .

Figura 26: Esquema nuevo sistema electromecánico.



Fuente. Los autores

Tomando como referencia la Tabla 2: Caracterización de consumos de energía de los equipos por proceso y el Anexo I Facturas de consumo Nutrilácteos El Roble (**Anexo I**) se determina que en la planta hay un consumo de energía eléctrica de 23187 kWh promedio anual con una carga instalada de 38.966 kW dando un consumo teórico de 23.476 kWh. Datos que son importantes para la propuesta del sistema electromecánico explicado en el siguiente capítulo.


3. Propuesta del sistema electromecánico

Para hacer un aprovechamiento del desperdicio de la potencia excedente de los motores eléctricos se propone un sistema electromecánico que permita ahorrar consumo de energía, del que se presentarán las principales especificaciones en el presente capítulo.


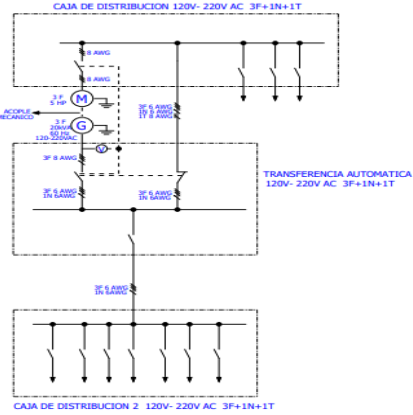


3.1 Componentes eléctricos requeridos.

Con el análisis de la tabla 3, específicamente Observando los resultados de la columna de los kWh se aprecia que hay variación en los consumos diarios lo que justifica la variación del consumo por periodo facturado. De la tabla 4 se toma la potencia real medida de 18,034 kW, para tomar la capacidad para el sistema a diseñar se da una tolerancia del 10% que daría 19,8 kVA y aproximando resultaría apto emplear un generador de 20 kVA.

Tabla 5. Componentes eléctricos requeridos para el sistema electromecánico.

Equipo	Descripción	Figura
Motor eléctrico trifásico de 5 HP	Motor de 5 HP, tensión 208 V, Frecuencia 60hz, 1735 RPM y eficiencia de 89.5%.	

Aprovechamiento de la potencia excedente en los motores eléctricos en
Nutrilácteos El Roble

<p>Generador trifásico de 27 HP a 220v</p>	<p>27 HP a 220 V, trifásico a 60 hz, 1.800 RPM y FP 0.8.</p>	
<p>Tablero de control y transferencia</p>	<p>Guarda motor variable a 50 Amp. Tres contactores trifásicos de 60 Amp. Relé térmico trifásico a 50 amperios viene con graduación de amperaje y temperatura a la potencia requerida. Piloto con señal lumínica, selectores parada de emergencia e indicadores y pulsadores. Dos juegos de barraje trifásico a 80 Amp.</p>	
<p>Variador de frecuencia</p>	<p>Potencia de salida 4 kW, frecuencia nominal 50Hz/60Hz, rango de voltaje 220 V.</p>	
<p>Tablero de distribución</p>	<p>Marca schneider electric, trifásico, 24 circuitos, barraje 200 AMP, barra neutro y tierra.</p>	

Capítulo

Cable conductor	N° 6 AWG del generador al tablero de transferencia y de N° 8 para la alimentación del motor eléctrico	
Tuberías y ductos PVC y EMT	Se utilizará tubería que cumpla con las normas NTC 2050 secciones SECCION 345, 348 para tubería Conduit metálico intermedio IMC y eléctrica metálica EMT, respectivamente, y NTC 2050 PVC SECCION 347	

Fuente: Elaborado por los autores.

La tabla anterior presenta los componentes eléctricos principales del sistema electromecánico que fueron seleccionados teniendo en cuenta los siguientes requerimientos:

3.1.1 El motor Eléctrico

Como se definió en el numeral 1.6.1 el motor eléctrico es un artefacto que transforma la energía eléctrica en energía mecánica, el motor para el sistema será determinado de acuerdo a los cálculos de la potencia excedente que aporten todos los procesos, de acuerdo a la información de la tabla 2 Caracterización del consumo de energía de los equipos en cada proceso, en la que se aprecia que los motores empleados tienen diferentes capacidades y su potencia es excedente en el mismo proceso, en el descremado por ejemplo el motor1 tiene una potencia de 4.5 HP y el motor 2 una potencia de 8 HP y los dos realizan la misma capacidad de trabajo, aportando un excedente aproximado de 4.5 HP, por lo que se propone inicialmente un motor de 5 HP, de potencia excedente en ese proceso, el que se refiere cuando se hable del motor en el sistema.

3.1.2 Generador trifásico de 27 HP a 220v

La potencia del generador es extraída de la tabla Tabla 4. Rango de generación en potencia requerida, para suministrar el nuevo sistema, la potencia real medida es de

18, 034 kW, para tomar la capacidad para el sistema a diseñar se da una tolerancia del 10% que daría 19,834 kVA y aproximando resultaría apto emplear para el sistema un generador de 20 kVA así:

$$18,034 \text{ kW} = 100\%$$

$$X \quad 10\%$$

$$X = 18,034 \cdot 10 = 180,340/100 = 1,8$$

$$\text{kW P} = 18,034 + 1,80 = 19,834 \text{ kVA} = 20 \text{ kVA aproximados para el generador.}$$

3.1.3 Tablero de control y transferencia

El tablero de transferencia y control se propone teniendo en cuenta la carga a suministrar por el generador

3.1.4 Variador de frecuencia

El variador de frecuencia se propone acorde a la potencia del motor, tomando una capacidad superior de 4 kVA sus especificaciones se encuentran en el (Anexo E)

3.1.5 Tablero de distribución

Se propone un tablero de distribución para la alimentación de los diferentes circuitos de motores. El tablero debe poseer totalizador, puerta y chapa. Los diferentes circuitos tendrán sus respectivas protecciones de acuerdo a los diagramas de conexión que se encuentran en los planos y a los cálculos de los cuadros de carga. (Ver Anexo D)

3.1.6 Cable conductor

Se propone usar conductores que se utilicen serán de cobre electrolítico conductibilidad 98%, temple suave, temperatura máxima 90 grados centígrados, con aislamiento plástico para 600 voltios del tipo THHN/THWN y libres de halógenos en marcas certificadas por un organismo acreditado para tal fin por el ONAC en cumplimiento con RETIE, sobre el cual deberán estar debidamente marcados a todo lo largo de su longitud, el tamaño del conductor y el voltaje de su aislamiento. Los materiales y las pruebas de estos conductores corresponderán a requisitos aplicables según normas americanas IPCEA-S-61-402 última revisión. El calibre del cable conductor propuesto para el sistema electromecánico es de N° 6 AWG del generador al tablero de transferencia y de N° 8 para la alimentación del motor

Capítulo

eléctrico de acuerdo a las siguientes recomendaciones: Los conductores eléctricos de la red de tomacorrientes normal y regulados, hasta el calibre 10 inclusive, será de siete (7) hilos del calibre AWG. El cable 8 inclusive, hasta el calibre AWG 2 inclusive, deberán ser de siete (7) hilos; del calibre AWG 2 al calibre AWG 4/0, deberán ser de diecinueve (19) diecinueve hilos. Para el sistema de tierra se utilizarán conductores desnudos de calibre especificado en los planos.

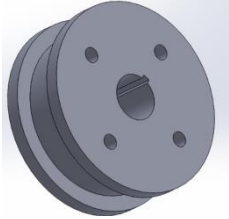
3.1.7 Tuberías y ductos PVC y EMT

Para la ejecución de los trabajos se propone emplear tubería que cumpla con las normas NTC 2050 secciones SECCION 345, 348 para tubería Conduit metálico intermedio IMC y eléctrica metálica EMT, respectivamente, y NTC 2050 PVC SECCION 347 para tubería no metálica rígida PVC, vigentes y estipuladas para cada tipo de tubería. Además, deberán cumplir los requerimientos del RETIE 17.11. La tubería debe estar libre de imperfecciones, defectos superficiales interiores o exteriores y será recta a simple vista, la sección circular de pared uniforme, la tubería será de 3 metros, cada tubo llevará impreso el nombre del fabricante, el país de origen y el número de la norma INCONTEC o entidad similar.

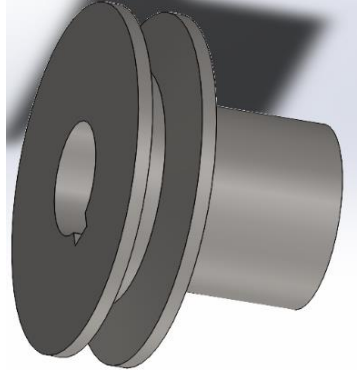
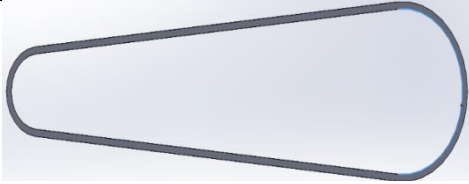

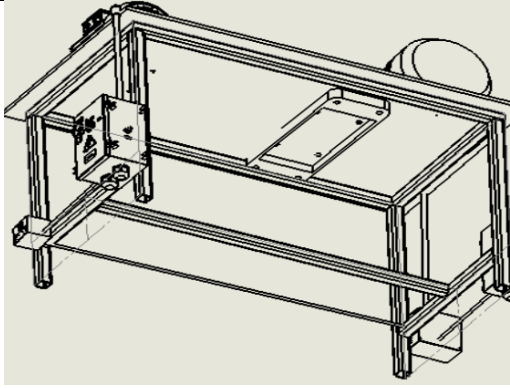
3.2 Componentes mecánicos requeridos

Según el estudio realizado por los autores los componentes mecánicos necesarios para el sistema, con la Ecuación 6 y Ecuación 8 para características del sistema electromecánico están especificados en la siguiente tabla:

Tabla 6: Descripción de los componentes mecánicos requeridos

Equipo	Características	Función	Figura
Poleas	Polea conductora 1: Diámetro 10,48 cm, W 181.16 Radianes/s. Relación de transmisión 2.3 a/1. Polea conducida 1: Diámetro 25,24 cm, W 78.76 Radianes/s. Relación de transmisión 2.3 a/1. Polea conductora 2: Diámetro 19,5 cm, W 78.76 Radianes/s.	Transmitir movimiento	

Aprovechamiento de la potencia excedente en los motores eléctricos en
Nutrilácteos El Roble

	<p>Relación de transmisión 2.5 a/1. Polea conducida 2: Diámetro 7.61 cm, W 188.5 Radianes/s. Relación de transmisión 2.5 a/1.</p>		
Correas	Tipo v	Transmite movimiento de rotación entre 2 ejes	
Eje de soporte	Componente metálico de igual esfuerzo al del motor.	Sirve para recibir transferencia mecánica del mismo.	
Soporte metálico	Base física en ángulos soldados	Soportar elementos para evitar desplazamientos entre sí.	

Fuente: Los autores

3.2.1 Poleas

Se propone un juego de poleas de tipo ranuradas o acanaladas, que son usadas para correas redondas y en V característica el diámetro con la Ecuación 6, velocidad angular con la Ecuación 10 y la relación de transmisión con la Ecuación 7.

Capítulo

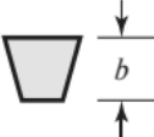
Tabla 7: Cálculo de poleas.

Polea	Diámetro, D. (cm)	Velocidad angular, W (radianes/s)	Relación de transmisión
Conductora 1	10,48	181.16	2.3 a 1
Conducida 1	25,24	78.76	2.3 a 1
Conductora 2	19,5	78.76	2.5 a 1
Conducida 2	7,61	188.5	2.5 a 1

3.2.2 Correas

De acuerdo a lo mencionado en el numeral (numeral 1.8.7) se determinó usar las correas de tipo V, con una longitud de acuerdo a la Ecuación 8 como se muestra en la tabla:

Tabla 8: Calculo de correas.

Tipo de correa	Figura	Intervalo de tamaños	Longitud
En V		$b = \begin{cases} 0.31 \text{ a } 0.91 \text{ pulg} \\ 8 \text{ a } 19 \text{ mm} \end{cases}$	C1=1.76 m C2=2.01 m

3.3. Cálculos electromecánicos

Los cálculos de los elementos electromecánicos se especifican en la siguiente tabla.

Aprovechamiento de la potencia excedente en los motores eléctricos en
Nutrilácteos El Roble

Tabla 9: Cálculos electromecánicos propuestos para el nuevo sistema.

Equipo	Tipo	potencia	revoluciones	Frecuencia Nominal HZ	voltajes	Diámetro	Longitud
Motor eléctrico de	trifásico	5 HP	1735	60	220v	N/A	N/A
Generador eléctrico CA	trifásico	27 HP	1800	60	220/ 127	N/A	N/A
Variador de frecuencia	trifásico	5.3 HP	N/A	50/60	220	N/A	N/A
Polea conductora 1	V	N/A	N/A	N/A	N/A	10,48 cm	N/A
Polea conducida 1	V	N/A	N/A	N/A	N/A	25,24 cm	N/A
Polea conductora 2	V	N/A	N/A	N/A	N/A	19,5 cm	N/A
Polea conducida 2	V	N/A	N/A	N/A	N/A	7,61 cm	N/A
Correa 1	V	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	176,3 cm
Correa 2	V	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	201 cm
Tablero de control y transferencia	Trifásico	N/A	N/A	60	220v		N/A

Fuente: Los autores

Motor eléctrico: Potencia, 5 HP

1HP= 746 w

$P = 5HP * \left(\frac{746 W}{1 HP}\right) = 3730 \text{ watt.}$

Convertir w a N m/s =3730 N m/s.

Velocidad angular=W

W= 1730 rpm se convierte a rad/s

Capítulo

$$1730 \text{ rpm} \frac{2\pi}{60} = 181.16 \text{ rad/s}$$

Generador eléctrico

20 kW = 20000 w se convierten

$$20000\text{w} = 20000 \text{ Nm/s.}$$

Cálculo de poleas

$$T_{P1} = 3730 \text{ Nm/s}$$

$$T_{P2} = T_{P1} * (R_1)$$

$$T_{P2} = (3730 \text{ N m/s}) * (2,3)$$

$$T_{P2} = 8579 \text{ N m/s}$$

$$T_{P4} = (T_{P2}) * (R_2)$$

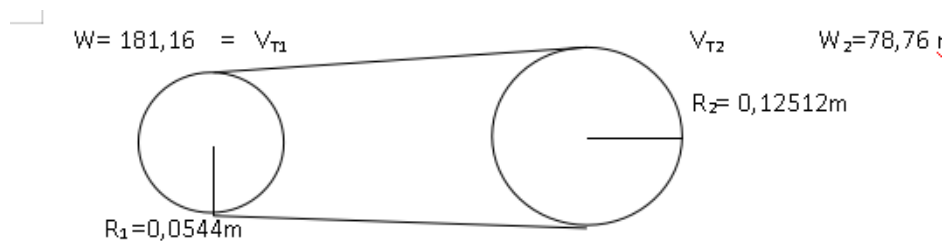
$$T_{P4} = (8579 \text{ N m/s}) (2,5)$$

$$T_{P4} = 21,447,5 \text{ N m/s} R_1 = \frac{12,515}{5,44}$$

$R_1 = 2,3$ =relación polea 1

$$R_2 = \frac{9,525}{3,81}$$

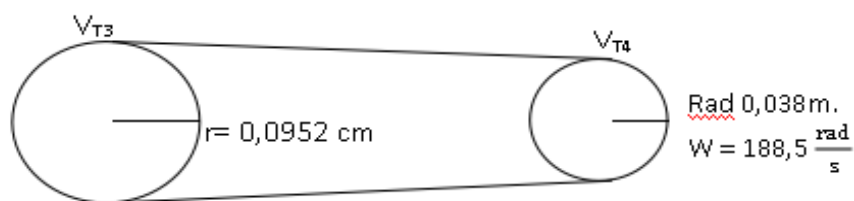
$R_2 = 2,5$ = Relación polea 2



$V_{T1} = V_{T2}$
Relación de transmisión = 2,3
 $W_1 \cdot R_1 = W_2 \cdot R_2$
 $R_2 = 2,3 \cdot (0,0544m)$
 $R_2 = 0,12512m$

de, $181,16 \frac{rad}{s} \cdot 0,054 m = W_2 \cdot (0,125m)$

obtenemos, $W_2 = \frac{181,16 Rad/s \cdot 0,054m}{0,125m} = W_2 = 78,76 rad/s$



relación 2,5
 $r_3 = (2,5) \cdot 0,0381 = 0,0952m$

$V_{T3} = V_{T4}$
 $W_3 \cdot r_3 = W_4 \cdot r_4$

$$W = \frac{78,76 Rad/s \cdot 0,09525m}{0,0381m} = 196,9 rad/s$$

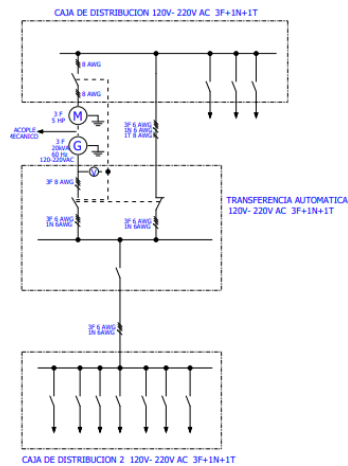
3.4 Elaboración del plano y caracterización del sistema

Teniendo en cuenta el sistema de generación de energía mecánica propuesto, se debe implementar un mecanismo automatizado de control manual para que la energía eléctrica

Capítulo

generada sea suministrada a los motores. (**Ver Anexo F:** Planos de transferencia entre red eléctrica y nuevo sistema).

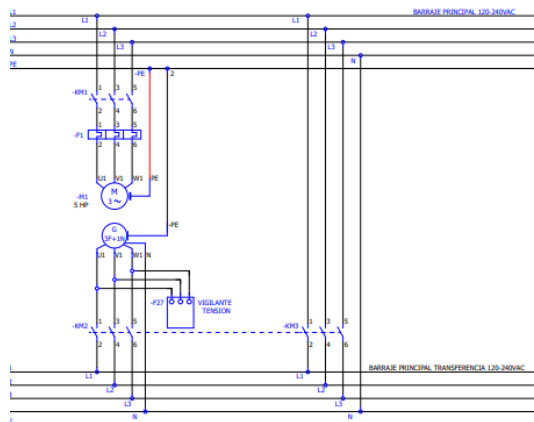
Figura 27: Diagrama unifilar



Fuente: Elaborado por los autores.

La anterior figura muestra la conexión simplificada de cada uno de los elementos eléctricos que componen el tablero de transferencia del sistema electromecánico de cogeneración.

Figura 28: Conexión de potencia

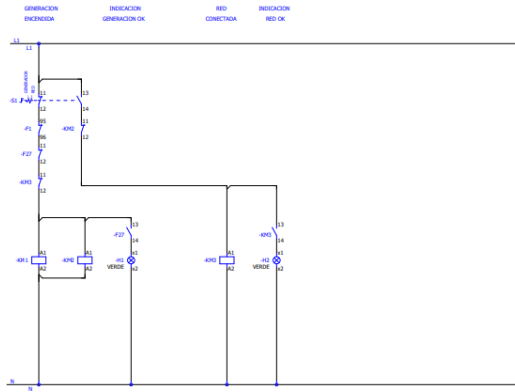


Fuente: Elaborado por los autores.

En la anterior gráfica se muestra la conexión entre los puntos de los elementos de potencia que transmiten la carga al sistema eléctrico. (motores)

Aprovechamiento de la potencia excedente en los motores eléctricos en Nutrilácteos El Roble

Figura 29: Control de encendido y vigilancia de tensión.



Fuente: Elaborado por los autores.

La anterior figura muestra la conexión de interruptores, sensores lumínicos y parada de emergencia.

Capítulo

3.5 Presupuesto del sistema

Tabla 10: Presupuesto para implementación del sistema electromecánico propuesto.

Ítem	Descripción	Cantidad	Unidad	V/unitario	V/Total
1	Motor trifásico 5 HP	1	Und	\$ 740.000	\$ 740.000
2	Generador trifásico de 27 HP 220V	1	Und	\$ 4.813.000	\$ 4.813.000
3	Guarda motor	1	Und	\$ 126.000	\$ 126.000
4	Contactador magnético	3	Und	\$ 130.000	\$ 390.000
5	Relé térmico ABB	3	Und	\$ 115.000	\$ 345.000
6	Pilotos led	6	Und	\$ 15.000	\$ 90.000
7	Selector on-off 2 posiciones	2	Und	\$ 32.500	\$ 65.000
8	Interruptor Parada de emergencia	1	Und	\$ 40.000	\$ 40.000
9	Pulsador ABB	2	Und	\$ 12.000	\$ 24.000
10	Variador de frecuencia 220V	1	Und	\$ 1.100.000	\$ 1.100.000
11	Tablero de distribución de 18 circuitos	1	Und	\$ 267.000	\$ 267.000
12	Polea rueda plana con ranura	2	Und	\$ 170.000	\$ 340.000
13	correa cinta cerrada	2	Und	\$ 45.000	\$ 90.000
14	Cable de cobre aislado # 2 -THHN	20	m	\$ 16.300	\$ 326.000
15	Tablero de control y transferencia	1	Und	\$ 300.000	\$ 300.000
16	Estudio del diseño	1	Und	\$ 1.500.00	\$ 1.500.000
17	Diseño	1	Und	\$ 500.000	\$500.000
17	Plano eléctrico	1	Und	\$ 200.000	\$ 200.000
18	Montaje e implementación del diseño electromecánico	1	Und	\$ 2.000.000	\$1.200.000
TOTAL					\$ 12.456.000

Fuente: Elaborado por los autores

Aprovechamiento de la potencia excedente en los motores eléctricos en Nutrilácteos El Roble

La propuesta del sistema se compone de un motor eléctrico trifásico de 1.735 RPM y una eficiencia del 89.5%, que será accionado mediante un variador de frecuencia que aumentará su potencia hasta en un 150%, este porcentaje es tomado del Manual resumido **VFD (Anexo E)**.

La potencia obtenida será transmitida mecánicamente por medio de un sistema correa-polea seleccionadas de acuerdo a los cálculos presentados en el numeral 3.3.2, la energía será transformada nuevamente por el generador de CA que apoyado en un tablero de transferencia (Mando y control) se implementaría al sistema eléctrico para suplir una parte del consumo de energía empleada por la planta.

4. Resultados de la propuesta

En el capítulo cuarto se hace el análisis de los resultados de la propuesta organizados por fases.

Con respecto a la primera fase de caracterización de equipos y procesos, se elaboró plano de procesos y plano eléctrico ya que no existían, se extraen las siguientes consideraciones; con respecto a los motores existentes en su mayoría son bifásicos por lo que presentan una potencia menos estable que los trifásicos, además superan la potencia necesaria para cada proceso, lo que es una causa del alto consumo facturado, un ejemplo está en el en los motores(2) empleados para el proceso del descremado ya que el motor1 tiene una potencia de 4.5 HP y el motor 2 una potencia de 8 HP y los dos realizan la misma capacidad de trabajo, aportando un excedente aproximado de 4.5 HP, por lo que se propone inicialmente un motor de 5 HP para el sistema, aclarando que las características del motor si se llegara implementar el sistema será determinado de acuerdo a los cálculos de la potencia excedente que aporten todos los procesos

Se hizo además un análisis de los equipos y procesos en los que se podría implementar el sistema, se elaboraron tablas de consumos por proceso y consumos reales facturados en kWh, existen procesos estables e inestables tanto en tiempo como en consumo, al analizar los procesos inestables en los motores se obtiene una potencia de 18,3 KW, de acuerdo a las actividades desarrolladas, para darle un rango de tolerancia del 10% a la potencia de cogeneración con un total de 19,8 kW, que aproxima la capacidad del generador 20 kVA.

Capítulo

En la fase de propuesta del sistema, con las tablas de consumo en kWh, se hacen los cálculos para obtener el rango de generación en potencia requerida para suministrar al sistema, se elaboran planos de transferencia y planos del nuevo sistema, con lo que se determina que se debe proponer un sistema electromecánico que funcionaría, con base en un motor eléctrico trifásico (que puede ser de 5HP), que entra en funcionamiento mediante un variador de frecuencia que aumenta su potencia hasta en un 150% según caracterización, que convierte la energía eléctrica a mecánica, en un movimiento giratorio por intermedio de su eje (Rotor) y poleas calculadas de acuerdo a la fuerza requerida que transmiten esta energía al generador de 20kVA, el que a su vez transforma la energía mecánica a eléctrica la cual llega a un tablero de transferencia proyectado para integrarlo al consumo final.

Para medir los aprovechamientos del sistema diseñado la tabla se aprecian los consumos trimestrales facturados para la empresa, se registran los números de cuenta y la relación por período en kWh y de igual manera el consumo teórico por medidas tomadas, se halla un consumo teórico de 10.600 kWh el cual será el ahorro por período. Se debe resaltar que los consumos facturados que se presentan en la tabla ya se han descontado otros costos señalados en la facturación sólo demostrando el costo del kWh+subsido de contribución del 20% por ser una cuenta comercial.

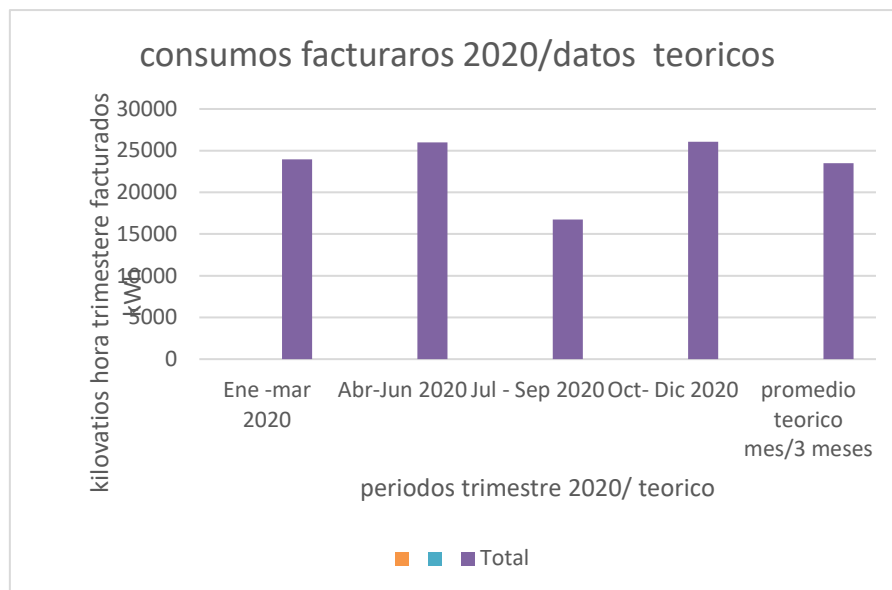
Tabla 11: Comparativo consumos trimestrales facturados sobre consumos teóricos.

Periodo Cuenta EBSA	Ene - mar 2020 Kwh	Abr-Jun 2020 kWh	Jul - Sep. 2020 kWh	Oct- Dic 2020 kWh	Consumo por datos tomados en sitio kWh	Ahorro que se obtendrá con el sistema en kWh
898154007	10627	11137	6947	9225	Mes 7825.35	3556 mes
972149954	13326	14851	9787	16849	3 meses	
Total, trimestral	23953	25988	16734	26074	23486	10660

Fuente: Los autores

En la Figura 28 encontramos el comparativo de consumos reales facturados para 4 periodos 2020 y promedio teórico tomado con las visitas realizadas.

Figura 30: Consumos facturados 2020



Fuente: Autores.

Para la elaboración de la siguiente tabla se realiza el comparativo del consumo real con el consumo teórico promedio del que se resta el consumo que se pretende generar con el sistema electromecánico.

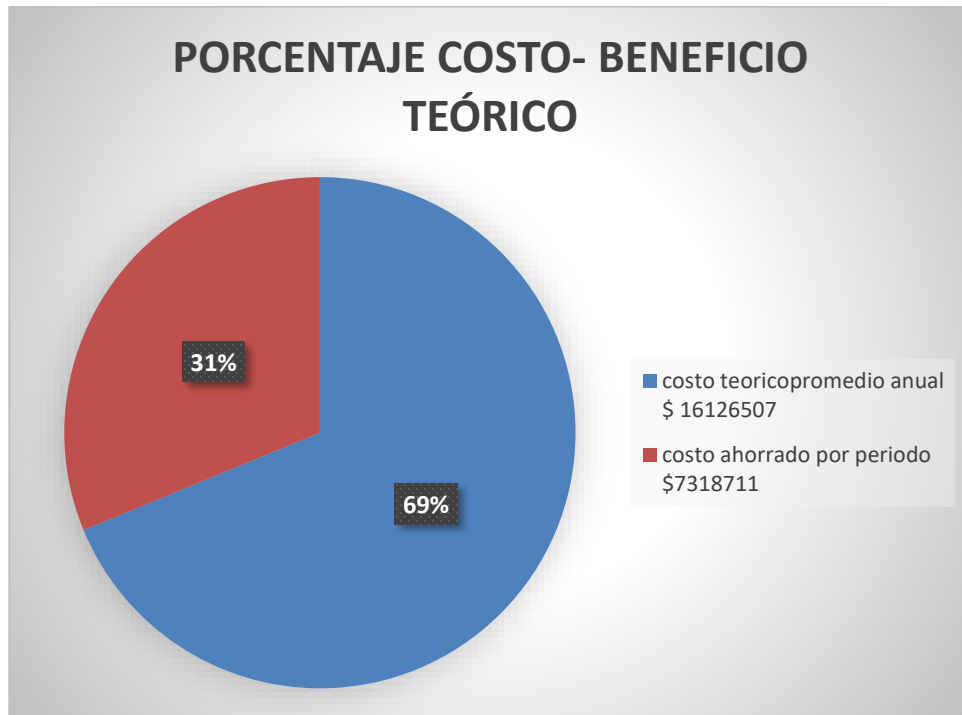
Tabla 12: Comparativo costo facturado sobre costo teórico

Costo facturado	Ene-mar 2020	Abr-Jun 2020	Jul - Sep. 2020	Oct- Dic 2020	Costo consumo cogenerado
Costo teórico	\$	\$	\$	\$	\$
898154007	7,128,850	8.607,940	4,797,310	6,370,400	16,126,507
972149954	7,458,390	7,740,330	6,828,610	11,635,220	-7,318,711
Valor total	14,787,240	16,348,270	11,625,920	18,005,620	8,807,796

Fuente: Los autores

La comparación realizada entre la tabla de consumos trimestrales obtenida del Anexo I, con los datos teóricos obtenidos de *Tabla 2: Caracterización del consumo de energía de los equipos en cada proceso* permite evidenciar que es posible bajar el consumo de la red en un 31 % aproximadamente en \$ 7.318.711 por periodo sobre el costo de consumo facturado.

Figura 31: Porcentaje costo-beneficio teórico



Fuente: Los autores

Y finalmente se determinan las ventajas y desventajas del sistema propuesto, organizadas en la siguiente tabla:

Tabla 13: Ventajas y desventajas del sistema.

Ventajas	Desventajas
Es un Sistema innovador, no se tiene conocimiento de que haya sido implementado en otro lugar.	Aunque es un nuevo sistema, tiene consumo de energía eléctrica.
Es un sistema electromecánico de bajo costo y con componentes de amplia accesibilidad en el mercado.	Si falla la energía eléctrica no funciona
Con este sistema se aprovecha energía desperdiciada en los equipos y procesos de la planta.	.
Se ahorra energía eléctrica al optimizar el rendimiento de los equipos y se mejora el uso energético.	

Fuente: Los autores.

5. Conclusiones y recomendaciones

5.1 Conclusiones

Con las actividades realizadas en la planta Nutrilácteos El Roble se pueden evidenciar las siguientes conclusiones:

- Realizando la caracterización de procesos por producción y consumo de energía eléctrica se puede concluir que en la planta hay desperdicio de la misma en los motores eléctricos que siguen operando sin generar ninguna utilidad, esta energía puede aprovecharse para generar nueva energía, lo que permitirá un ahorro significativo, mejorando la productividad y competitividad de la empresa.
- Tomando como referencia la Tabla 2: Caracterización de consumos de energía de los equipos por proceso y el **(Anexo I)** Facturas de consumo Nutrilácteos El Roble se determina que en la planta hay un consumo de energía eléctrica de 23187 kWh promedio anual con una carga instalada de 38.966 kW dando un consumo teórico de 23.476 kWh, se debe aclarar que a causa de la pandemia la planta programa las horas de producción de acuerdo a la demanda por parte de sus clientes, lo que representa variaciones en el consumo de energía.
- Al proponer un sistema electromecánico que transforme la potencia desperdiciada en energía mecánica y que por medio de un generador la transforme nuevamente en energía eléctrica para ser usada en los procesos concluye que es una buena alternativa para solucionar el problema existente en la planta, es innovador, tiene bajo costo, sus componentes tienen fácil accesibilidad en el mercado. Además, permite

aprovechar la energía extraída de los motores eléctricos generando cero emisiones de CO2.

- El ahorro promedio que se proyecta al implementar el sistema es del 31% representado en \$ 7.318.711 por periodo sobre el costo de consumo facturado.
- El costo de implementación del sistema se proyecta con valor de \$ 13.256.000 que se recuperará en el ahorro de dos periodos facturados que suma un monto de \$14.637.422, demostrando así la viabilidad de la propuesta. **(Ver Tabla 10)**

5.2 Recomendaciones

Las recomendaciones que surgen del estudio propuesto hacia la empresa Nutrilácteos el Roble para la reducción del consumo de energía eléctrica son:

- Aprovechar la potencia excedente de los motores eléctricos haciendo lo necesario para implementar el sistema electromecánico propuesto.
- En todo lo que se gestione dar cumplimiento al RETIE en la instalación eléctrica, al manual de seguridad y operación **(Ver Anexo H)** y contar con el dinero del presupuesto para la implementación del proyecto.

Anexos: Se adjunta carpeta con los anexos descritos.

6. Bibliografía

- Apaza Condori, Juan Pablo Flórez Garante & Abraham Luis. (2018, Arequipa Perú). Repositorio Institucional Universidad autónoma San Francisco. *Optimización del ahorro del consumo de energía eléctrica*. Arequipa Perú: Universidad Autónoma San Francisco.
- Colombia, Ministerio de Minas y Energía de. (31 de mayo de 2021). *PLAN ENERGÉTICO NACIONAL 2020-2050*. Obtenido de UPME.gov.co:
https://www1.upme.gov.co/DemandaEnergetica/PEN_2020_2050/Resumen_Ejecutivo_PEN_2020_2050.pdf
- eficiencienerg.blogspot. (21 de 12 de 2016). <http://eficiencienerg.blogspot.com/>. Obtenido de Ahorro energetico Eficiencia Energetica Sistemas de Gestión de la Energía:
http://eficiencienerg.blogspot.com/2016/12/sistemas-de-gestion-de-la-energia-sgen_50.html
- El Blog de la ventilación eficiente*. (07 de Enero de 220). Obtenido de
<https://www.solerpalau.com/es-es/blog/variador-de-frecuencia/>
- electrolarissa.blogspot.com. (15 de Mayo de 2016). <http://electrolarissa.blogspot.com/>. Obtenido de <http://electrolarissa.blogspot.com/2016/03/08-mecanismos.html>
- Juan Barrera , Nidia Ramírez & Jesús García. (2016). *Indicadores de desempeño energético en plantas de beneficio de aceite de palma en Colombia*. Cartagena.
- Mejía, G. (2014). Estudio comparativo entre la legislación de eficiencia energética de Colombia y España. *Escuela de administración de negocios*, 122-134.
- Ministerio de Comercio, Industria y Turismo. (2008). <https://www.colombiaproductiva.com/>. Obtenido de <https://www.colombiaproductiva.com/conozcanos/que-hace-ptp>
- Nutrilácteos. (2021). <http://queseriaelroble.com/>. Obtenido de <http://queseriaelroble.com/index.php/about-us/>
- OSAKA ELECTRONICS. (2021). elecronicsltda.com. Obtenido de <https://osakaelectronicsltda.com/instrumentacion-y-medicion/pinzas-voltiamperimetricas/?https://osakaelectronicsltda.com/71-pinzas-amperimetricas&gclid=CjwKCAjwdeFBhBAEi>
- Pita Fernández, S. P. (27 de Mayo de 2002). <http://fisterra.com/>. Obtenido de http://fisterra.com/mbe/investiga/cuanti_cuali/cuanti_cuali2.pdf
- Planta Lerma. (2021). *Kosov.om*. Obtenido de <https://kosov.com.mx/tableros-de-control-y-transferencia-digitales-o-analogicos.html>

- Quintela, F. R., Redondo, R. C., & Redondo, M. M. (2006). Términos sobre energía eléctrica del Diccionario de la Real Academia Española. *Montajes e instalaciones*, 36(408), 88-100. *Revista técnica sobre la construcción e ingeniería de las instalaciones*, 12.
- SADI.Transmisiones. S.L. (2021). <https://saditransmisiones.com/>. Obtenido de <https://saditransmisiones.com/tipos-poleas/>
- Sánchez, Antonio Carretero Peña y Juan Manuel García. ((2012)). *Gestión de la eficiencia energética: cálculo del consumo, indicadores y mejora*. Madrid: AENOR.
- Sepúlveda, R. V. (2008). *Aplicación metodológica para la determinación del desempeño energético en hospitales de la región metropolitana*. Santiago de Chile: Universidad de Chile.
- UNE normalización española. (19 de Diciembre de 2018). *UNE*. Obtenido de <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma?c=N0060594>
- Universidad Antonio Nariño. (2008-2021). *uan.edu.co*. Obtenido de <http://investigacion.uan.edu.co/>
- Verónica Guayanlema, L. F. (2017). Análisis de indicadores desempeño energético en Ecuador. *enerLAc*, 122-139.