

# Análisis de producción sustentable para la empresa lácteos Buena Vista

*Correa Ramírez Victor Manuel; González Monsalve Laura maría*

*Universidad Católica de Oriente, Facultad de Ingenierías*

[victor.correa8683@uco.net.co](mailto:victor.correa8683@uco.net.co); [laura.gonzalez3987@uco.net.co](mailto:laura.gonzalez3987@uco.net.co)

## Resumen

Las pequeñas y medianas empresas son parte fundamental de la economía en los sectores que se encuentran ubicadas, sin embargo, a pesar de que estas cuenten con procesos estandarizados e incluso automatizados no todas cuentan con accesos a muchos de los análisis fundamentales para el crecimiento sostenible y producción sustentable, por esto, en el presente trabajo se plantea con el objetivo de brindar asesoría en temas energéticos y análisis masicos a dichas empresas. Donde primero se identifica el proceso que se va a trabajar, seguido a esto se definen las operaciones unitarias involucradas en dicho proceso, como tercer paso se genera un diagrama de flujo que permita entender de mejor manera el funcionamiento del proceso evaluado, una vez terminado el diagrama se procede a generar un balance (Análisis de entradas y salidas, consumos teóricos vs real), por último, con base en los datos obtenidos se identifican las operaciones críticas en búsqueda de oportunidades de mejorar. El caso concreto a analizar es la empresa Lácteos Buena Vista ubicada en la vía Unión – Sonsón, Antioquia específicamente el proceso de producción de la cuajada. Con respecto a los resultados en el proceso másico se encuentra que, de 720 litros de leche se obtiene un 16.5% de cuajada, un 1.7% de crema y un 67.5% de sueros, siendo este último un producto desaprovechado, ya que no se le da un valor agregado. Hablando de la parte técnica, el proceso se encuentra estandarizado, sin embargo, presenta sub procesos con malas prácticas de manufactura que hacen que haya un aumento en los consumos energéticos. Adicional a esto del análisis se encuentra que las tuberías no se están aisladas lo que genera una gran pérdida de energía calórica. Al comparar el consumo teórico vs el real de las máquinas se halla una diferencia significativa vs las especificaciones, lo que significa que hay máquinas a las que no se le está aprovechando el 100% de su potencial.

## 1. Introducción

Colombia es un país cuyo principal sector económico es el primario, representado por más del 13% por la industria lechera, generando más de 15.000 empleos, donde sus productos representan más del 6.54 % de la participación en la canasta familiar. Existen muchas empresas desde grandes a pequeñas (Colanta, Alpina, Lácteos Buena Vista, etc.) las cuales debido al avance industrial y el deterioro en el medio ambiente enfrentan nuevos retos, tales

como, mejorar sus procesos para reducir los impactos negativos generados al medio ambiente, ya que, todas las actividades integradas desde la producción y recolección de la materia prima generan un fuerte daño en este. Como se menciona en Producción sustentable calidad y leche orgánica (Cesín Vargas, 2011) los terrenos destinados para ganadería son uno de los ambientes más afectados (Suelos menos fértiles, además de la emisión de grandes cantidades de metano), es por esto, que es importante controlar los campos lecheros para tratar el problema desde la raíz, en esta etapa se deben implementar políticas y capacitaciones ambientales para generar un llamado de atención desde los pequeños hasta los grandes productores, en un contexto más cercano al tamaño de la empresa Lácteos Buenavista se encuentra el trabajo titulado Producción más Limpia y Eficiencia Energética en una Industria de Lácteos (Calle & Pozo, 2016), el cual expone la importancia de que las pequeñas y medianas empresas se unan a los entes gubernamentales analizando sus procesos desde diferentes niveles, tal como optimización del uso de la energía eléctrica, el aprovechamiento de la leche y el buen uso y/o disposición de los residuos, siendo estos puntos claves para alcanzar una producción sustentable. Esto es sustentado en el trabajo presentado por Sataloff (Sataloff et al., 2008), donde la producción sustentable ya no es una opción, puesto que, una producción más limpia es la filosofía que todas las empresas que quieren ser más competitivas en el largo plazo deben adoptar.

Actualmente el mundo está sufriendo diferentes cambios, los cuales obligan a las organizaciones y personas a buscar alternativas para sobrellevar las diferentes circunstancias. Uno de los movimientos con mayor impacto es el camino a la sustentabilidad y para ello es necesario reinventar los procesos actuales, generando alternativas amigables con el medio ambiente, para llegar a esto es primordial hacer primero un análisis del sistema productivo actual, mediante el uso de herramientas tales como los balances de masa y el análisis energéticos, con el fin de encontrar una forma óptima y amigable con el medio ambiente para desarrollar los diferentes sistemas productivos. Las pequeñas y medianas empresas no cuentan con los conocimientos y los recursos para aplicar dichas metodologías, en este caso nos centraremos en la empresa Lácteos Buena Vista, que es una empresa del sector lácteo ubicada en la vía la Unión - Sonsón que surge en el año 2007 con la idea de 5 mujeres emprendedoras de crear productos artesanales, diferenciadores y amigables con el medio ambiente. Estos productos cuentan con una gran variedad, yendo desde los yogures, quesos, cuajadas, entre otros derivados lácteos, además la empresa apoya a otros emprendimientos de la región (pana artesanal, cervezas, vinos, entre otros). La empresa cuenta con otra fuente de ingreso adicional que es un restaurante donde venden sus productos y un centro de distribución, que se encuentra ubicada en la misma planta.

Diferentes trabajos de investigación aplicados en el campo de la sustentabilidad en el sector lácteo fueron encontrados dentro de una revisión de la literatura y en lo que se identificaron beneficios considerables a las empresas que aplicaron metodologías encaminadas a la búsqueda de la sustentabilidad.

Dentro del proyecto del centro ecuatoriano de eficiencia de recursos y producción más limpia propuesto por el ministerio de industrias y productividad (Calle & Pozo, 2016), en convenio con la organización de naciones unidas para el desarrollo industrial (ONUDI) y el programa

de naciones unidas para el medio ambiente (PNUMA) se realizó el proyecto de “producción más limpia y eficiencia energética en una industria de lácteos” durante el año 2014 con el propósito de analizar e implementar soluciones de mejora aplicando producción más limpia con la metodología de la ONUDI. La eficiencia en uso de recursos y producción más limpia P+L, bajo el enfoque de la ONUDI, es una metodología que sirve a las empresas para ser más eficientes y competitivas, ya sea en los procesos, en el producto terminado o en los servicios, lo que va a reducir el impacto ambiental y generar recursos económicos para la empresa, para esto se analizaron los consumos de energía mediante regresiones lineales, el ahorro de la energía térmica mediante el aislamiento de tuberías de vapor, el retorno de condensado de yogurteras, marmita y pasteurizador con el objeto de generar ahorro en el consumo de diésel para generación del vapor de la caldera y evaluar termodinámicamente una cámara de refrigeración para reducir costos de consumo de energía eléctrica. Concluyendo que, aplicando principios de Producción más Limpia en una industria de lácteos, se generan ahorros significativos acorde al tamaño de la empresa, se puede ahorrar \$67/mes, sin necesidad de una alta inversión, el análisis termodinámico de cámaras de refrigeración, tuberías y condensados de equipos a vapor, permite encontrar propuestas de mejora para optimizar el consumo de energía eléctrica y diésel. Con base a los principios básicos de producción más limpia y eficiencia de recursos, los cuales promulgan reducir costos de producción a la vez que son propuestas amigables con el medio ambiente y viables económicamente, lo que resulta atractivo para el empresario debido al retorno de la inversión en un corto plazo.

La filosofía de la Producción Más Limpia empezó a mediados de los ochenta y hoy en día forma parte de la política medioambiental de la mayoría de los países desarrollados, y cada vez más de algunos países en desarrollo. Es una estrategia de gestión empresarial preventiva aplicada a productos, procesos y organización del trabajo, cuyo objetivo es minimizar emisiones tóxicas y residuos, reduciendo así los riesgos para la salud humana y ambiental, y elevando simultáneamente la competitividad. El fin de la investigación realizada por Sataloff et al. ((Sataloff et al., 2008), fue analizar una alternativa de producción más limpia cuyo propósito general sea incentivar y facilitar el aumento de la competitividad y el desempeño ambiental de la empresa FRIESLAND Lácteos Puracé del Municipio de Pasto, apoyando el desarrollo de la gestión ambiental preventiva para generar procesos de producción más limpios, incluyendo el uso eficiente de la energía y el agua. Para cumplir con los objetivos se analizan los parámetros fisicoquímicos de los residuos grasos generados en la empresa, identifican productos nuevos que se puedan fabricar a partir del residuo graso que genera la empresa, determinan las condiciones de producción de la leche en la empresa FRIESLAND lácteos Puracé y plantean oportunidades de producción más limpia para implementarlas en los procesos de enfriamiento y pasteurización de la leche en la empresa FRIESLAND lácteos Puracé. Como principal conclusión, se encontró que las herramientas de producción más limpia que se implementan en el proceso productivo de enfriamiento y pasteurización de la leche son reducción en la fuente, recirculación de materiales y energía, reciclaje y valorización, ahorro y uso eficiente de agua y energía, consumo de agua y consumo de energía. Se realizó un diagnóstico con el fin de establecer y priorizar las acciones que se deberán emprender para alcanzar la Producción Más Limpia y lograr un buen desempeño

ambiental dentro de la empresa, de una manera sencilla y fácil de aplicar. Algunas de estas opciones están asociadas a optimizar el proceso productivo y otras a los cambios de tecnología, la cantidad de residuos grasos generados por la empresa deben ser recuperados en el momento de la pasterización, para aprovecharlos en un nuevo producto y no ser desperdiciados en los vertimientos y que la grasa purificada, por presentar un alto contenido de peróxidos, se considera como un producto que ha comenzado un proceso de descomposición y no puede ser considerada como base alimenticia, por esta razón las alternativas propuestas en esta investigación se enfocaron en utilizarla como ingrediente para productos de uso industrial.

Reducir el consumo de energía fósil y aumentar la eficiencia energética de los predios agropecuarios resulta en ventajas ambientales y económicas. El objetivo del trabajo realizado por Eduardo en su tesis de Eficiencia energética en sistemas lecheros del Uruguay (Eduardo, 2013) fue analizar sistemas de producción de leche desde el punto de vista energético, para identificar las principales variables que inciden en la eficiencia energética y consumo de energía fósil, a través de un modelo de entradas y salidas. El modelo incluyó como entradas los costos energéticos de alimentos, mano de obra, electricidad, agroquímicos, combustibles y maquinaria, y como salidas la producción de leche y carne. Se analizó una base de datos de 30 predios lecheros del sur de Uruguay, remitentes a la Cooperativa Nacional de Productores de Leche (Conaprole), organizados en tres estratos en base a su productividad de leche por hectárea. El uso de energía fósil para producir un litro de leche fue de 2,40; 3,63 y 3,80 MJ/L para los estratos de productividad bajo, medio y alto respectivamente ( $P < 0,01$ ). Estos resultados sugieren la existencia de una relación negativa entre la intensificación productiva y eficiencia energética. Adicional a esto se encontró que La menor eficiencia energética de los predios de mayor productividad estaría explicada por un aumento en el consumo de energía fósil, principalmente por el uso de agroquímicos asociados al mayor consumo de alimento comprado, que no se acompaña de un aumento proporcionalmente mayor en la energía producida en leche. Los predios que utilizan mayor proporción de pasturas en la dieta son los que presentan mayor eficiencia energética.

El trabajo realizado por Isaza (Isaza Vargas, 2012) habla de la limitación de los recursos naturales y la influencia que éstos tienen sobre el desarrollo económico y la calidad de vida y salud de la población ha hecho cambiar el modelo económico capitalista basado en la explotación indiscriminada de los recursos; es así como desde hace algunos años empezó una nueva tendencia enfocada en la utilización racional de los recursos naturales y la preservación del medio ambiente, convirtiéndose esto en un importante factor de competitividad en las empresas sobre todo en el sector productor de alimentos, pues este es de los sectores industriales que mayor impacto tienen sobre el medio ambiente ya sea por sus procesos productivos, los insumos que utilizan o por los diferentes tipos de productos que fabrica. En los últimos años en los consumidores se ha generado conciencia ecológica y respeto medioambiental; acentuándose el interés a consumir alimentos que además del valor nutritivo que en su proceso productivo se causen mínimos impactos ecológicos, dando como resultado tendencias alimentarias inclinadas hacia los productos naturales, que benefician la salud. Es así como este ensayo tiene como objetivo determinar el compromiso que tienen las empresas

de alimentos enfocada en el subsector lácteo de desarrollar y producir productos que además de satisfacer las necesidades de los clientes, no causen contaminación y detrimento ecológico. Lo anterior se logra mediante la exploración y reflexión de qué tan conscientes están las empresas en Colombia para implementar políticas ambientales a través del desarrollo de productos sustentables, analizando la situación actual y las tendencias del sector de alimentos lácteos en cuanto al cuidado del medio ambiente y al desarrollo de productos y prácticas sustentables en dichas empresas. Como conclusión se obtiene que los bienes económicos son fundamentales para la riqueza de nuestra sociedad y la calidad de vida de las personas. Sin embargo, el aumento del consumo de productos también origina, directa o indirectamente, gran parte de la contaminación y del agotamiento de recursos que causa la sociedad. Concluyen que el sector lácteo colombiano se encuentra en constante crecimiento en los últimos años, pero a la vez genera un impacto ambiental significativo, debido a la importante carga de efluentes que constituyen el principal foco de contaminación. Por lo tanto, se debe hacer hincapié en el tratamiento adecuado de los mismos, previo a su vuelco a los cursos de agua. De esta manera surge la necesidad de comenzar a incorporar la esfera ambiental en dicha industria, mediante certificaciones que aseguren niveles óptimos de calidad, inocuidad e higiene de los alimentos destinados al consumo humano.

Evaluación del impacto ambiental del lactosuero generado en la línea de producción de quesos de la planta de lácteos Huacariz alternativas de mitigación Cajamarca – Perú - 2016

En el trabajo de Gamarra (Gamarra Ortiz, 2018), señala que la industria láctea es necesaria para impulsar la economía local, pero tiene implicancias relacionadas a impactos medioambientales lo que la obliga a revisar su compromiso medioambiental según el proceso y el producto elaborado. En el caso de la elaboración del queso el principal contaminante es el lactosuero, que se genera en grandes cantidades y es un potencial contaminante dado que se vierte a los ríos y quebradas que atraviesan la ciudad, generando graves daños en el agua de estas fuentes. A través del presente estudio se evaluó los impactos ambientales de una de las mayores empresas lácteas cajamarquinas como es la Planta de Lácteos Huacariz mediante el análisis del diagrama de flujo, determinándose como importantes el consumo de agua y energía, así como grandes volúmenes de aguas residuales con una carga orgánica elevada, siendo el lactosuero el principal contaminante ambiental. Lo encontrado obedece al no uso de tecnologías apropiadas y por otra, la operación y manejo de cada instalación. De los resultados obtenidos a través del presente trabajo se propone las Oportunidades de Prevención de la Contaminación (OPC), como las tecnologías limpias aplicables, con el objetivo de contribuir a la reducción de los contaminantes generados en dicha Planta, sin que por ello se vea afectada la producción. Así mismo se resalta las tecnologías limpias con mejor oportunidad para la reutilización del suero como factor ambiental y económico importante, con la condición que el lactosuero contiene una alta carga de materia orgánica potencialmente aprovechable en procesos económicamente rentables complementarios. Encontraron que este efluente es comercializado en pequeña escala (un aproximado del 1 a 2% del total) a criadores de porcinos, mas no se encontró el uso del lactosuero en la transformación en otros productos de mayor rentabilidad y demanda. Sin embargo, el lactosuero contiene una alta carga de materia orgánica potencialmente aprovechable en procesos económicamente rentables

complementarios. Otro de los impactos encontrados fue el excesivo consumo de agua utilizada en los procesos de producción de queso como en las actividades de limpieza de la Planta. Las tecnologías limpias identificadas para el tratamiento ambiental y mejor aprovechamiento del lactosuero propuestas son el calentamiento y precipitación en medio ácido con la obtención de una proteína con importantes valores nutricionales y terapéuticos en relación al potencial de los aminoácidos contenidos, técnicas de procesos de membrana donde la fuerza motriz es la presión, como la microfiltración, ultrafiltración, nanofiltración u ósmosis inversa, posterior deshidratación en sistema spray en el caso de implementación de una nueva Planta, diafiltración o la cromatografía de intercambio iónico, fermentación y destilación del lactosuero (lactosa) en la producción de etanol, ácido láctico, ácido propiónico, ácido acético y el uso del lactosuero como biomasa rica en proteína de levadura, como nutriente en la crianza de algas de interés económico, elaboración de bebidas fermentadas y como abono orgánico en actividades agrícolas.

#### Gestión de Producción más Limpia en la UEB “La Villareña” de la Empresa Productos Lácteos Villa Clara.

De acuerdo con la tesis de Laureiro (Laureiro Salabarría, 2009) la industria alimenticia, con su diversidad de segmentos, genera una gran cantidad de residuos y consume una gran cantidad de agua. Los principios de la producción más limpia tienen muchas aplicaciones en las industrias de alimentos, de hecho, estos principios son necesarios para asegurar la calidad y la productividad sin deteriorar el medio ambiente. El presente trabajo está encaminado al diseño de un Sistema de Gestión de producción más limpia en la Empresa de Productos Lácteos de Villa Clara. Mediante el análisis del diagrama de flujo del proceso y con los parámetros presentados por el sistema de Gestión de producción más limpia se identificó un conjunto de actividades ambientales negativas que atentan contra el cuidado y conservación del medio ambiente, resultando los más significativos consumos de energía, emisiones atmosféricas, consumo de agua en procesos productivos, generación de residuales líquidos en procesos productivos. Encontraron que los altos consumos de energía están dados principalmente por los equipos con excesiva explotación de trabajo, problemas en el acondicionamiento del aire y los problemas en la operación de refrigeración debido a la falta de aislamiento de las neveras y de las tuberías, deterioro de los empaques de las puertas etc.

Con base en el artículo de James Gómez y Óscar Sánchez (Gómez & Sánchez, 2019) se encuentra que en el mundo la producción de suero de leche está en aumento y su aprovechamiento insuficiente genera impactos ambientales y económicos que se reflejan en el deterioro del medio ambiente y la pérdida de recursos económicos para las comunidades. Tiene el objetivo de consultar en la literatura científica y técnica los diferentes usos que se le da en la actualidad al lactosuero, desde las proteínas y la lactosa. Encontraron que el lactosuero se utiliza aún, por lo general, para obtener lactosueros en polvo y concentrados, así como aislados de proteína, entre otros productos. El procesamiento del lactosuero genera residuos como, por ejemplo, la lactosa, la cual representa un serio problema ambiental y económico por la posible contaminación de fuentes hídricas y el alto costo que tiene su tratamiento (mano de obra e insumos). En este sentido, el proceso de producción de galactooligosacáridos (compuestos prebióticos de alto interés), puede ser una alternativa de

inversión y desarrollo tecnológico para el sector lácteo de Colombia que busca nuevas formas de valorizar los residuos y disminuir el impacto ambiental de estos procesos.

De acuerdo con la tesis de Jorge Gamarra (GAMARRA ORTIZ, 2016) la industria láctea es necesaria para impulsar la economía local, pero tiene implicancias relacionadas a impactos medioambientales lo que la obliga a revisar su compromiso con el ambiental según el proceso y el producto elaborado. En el caso de la elaboración del queso el principal contaminante es el lactosuero, que se genera en grandes cantidades y es un potencial contaminante dado que se vierte a los ríos y quebradas que atraviesan la ciudad, generando graves daños en el agua de estas fuentes. En este se evaluaron los impactos ambientales de una de las mayores empresas lácteas cajamarquinas como es la Planta de Lácteos Huacariz, determinándose como importantes el consumo de agua y energía, así como grandes volúmenes de aguas residuales con una carga orgánica elevada, siendo el lactosuero el principal contaminante ambiental. Lo encontrado obedece al no uso de tecnologías apropiadas y por otra, la operación y manejo de cada instalación. Como alternativa para los problemas mencionados proponen las Oportunidades de Prevención de la Contaminación (OPC), como las tecnologías limpias aplicables, con el objetivo de contribuir a la reducción de los contaminantes generados en dicha Planta, sin afectar la producción. Así mismo resaltan las tecnologías limpias como mejor oportunidad para la reutilización del suero como factor ambiental y económico importante, al ser conocedores de la alta carga de materia orgánica del lactosuero, la cual es potencialmente aprovechable en procesos económicamente rentables complementarios.

De acuerdo con el trabajo realizado por Kristy Rodríguez (Rodríguez Barrueto, 2020) se evidencia que las causas con mayor incidencia en la baja rentabilidad se debe a los costos de producción altos por uso de fórmulas no optimizadas, desperdicio de componentes útiles de la leche con los que se podría elaborar otros productos, contaminación del producto por polución de la zona, consumo en exceso de combustible por ubicación inapropiada del almacén y no contar con buenas Prácticas en el establo, con el fin de incrementar la rentabilidad atacando dichos problemas, proponen la utilización de herramientas de ingeniería como lo son la programación lineal y su herramienta Solver, realizar nueva ubicación del almacén con el método del centro de gravedad de Weber y proponen la inversión en maquinaria para la elaboración de crema de leche y la construcción de un ambiente que funcione de aduana sanitaria, para esto se habla de una inversión total de S/ 33,906 con un VAN de S/ 4,816 y un 57.28% en el TIR generando un Beneficio/costo de 1.30, todo esto permite incrementar la rentabilidad un 10.18%, debido a una reducción en los costos y un mejor aprovisionamiento de la materia prima.

Teniendo en cuenta que para el presente proyecto se requiere realizar un balance energético se toman bases de la tesis de Javier Isaías (Pérez Mayorga, 2018), el cual realiza un estudio en la Industria — Lácteos LEITO, ubicada en el cantón Salcedo, identifica que el consumo energético y la falta de programas de auditoría y eficacia energética incrementan costos de producción, por ende su objetivo fue evaluar el consumo de energía y proponer un mejor aprovechamiento de los recursos energéticos de la empresa mediante el análisis de los rendimientos de equipos térmicos, eléctricos, y la adopción de medidas técnico-organizativas

que permitan lograr ahorros de los insumos energéticos y disminuir costos de producción por esta causa. El estudio se basó en métodos y cálculos especificados en la norma IRAM, ISO 50001, para el análisis eléctrico se empleó la regulación nacional 1160, regulación CONELEC – 004/011. Los resultados del estudio muestran bajos rendimientos en los sistemas de refrigeración y de generación de vapor. Estos parámetros pueden mejorarse con el control y ajuste de los equipos de refrigeración y generación de vapor, cambio de tecnología en compresores del sistema de refrigeración y la puesta en funcionamiento de sistemas de control que posee la empresa.

Con miras a un futuro en el que los procesos de las empresas sean sustentables en el largo plazo y el poder incluir a los emprendedores de la región en este importante cambio, se tiene como objetivo realizar un análisis de sustentabilidad en pequeñas empresas del Oriente Antioqueño con el fin de obtener información de los procesos productivos, en este caso en la empresa Lácteos Buena Vista. Este objetivo se llevará a cabo mediante el diagnóstico del proceso productivo para identificar la complejidad del proceso, construir balances de masas y estudios energéticos, con el fin de trazar las líneas bases del proceso productivo y proponer opciones de mejora que impacten el consumo de recursos y la generación de residuos en el proceso productivo.

## **2. Metodología**

Como parte de la metodología se propusieron las siguientes actividades, las cuales fueron realizadas bajo el apoyo y acompañamiento del Tecnoparque Rionegro, quienes facilitaron los equipos y el personal para una adecuada realización de cada una de ellas:

### **2.1. Diagnóstico y reconocimiento del proceso productivo.**

Como principal actividad de este diagnóstico se procederá a realizar visitas con el objetivo de reconocer el proceso productivo, identificar la complejidad de operaciones, los productos y/o servicios que esta ofrece, con el fin de definir protocolos de medición. Se realiza un estudio detallado de este proceso, prestando especial atención a la secuencia operacional con el fin de construir un diagrama de flujo en el que se detalle cada una de las operaciones involucradas en el proceso de transformación y/o generación el servicio. Con ayuda de las personas involucradas en el proceso, se detallan las condiciones necesarias para el desarrollo actual de cada actividad del proceso (Parámetros de las máquinas, temperaturas, capacidades, insumos, entre otros variables involucradas) con el fin de determinar la complejidad del proceso.

### **2.2. Mediciones en el proceso productivo**

Con base en lo encontrado en la actividad anterior se tiene una visión más detallada de las operaciones y maquinarias involucradas en el proceso, por lo que se prosigue con la identificación de entradas y salidas de cada actividad (materiales, de residuos, de información, entre otros) con el fin de complementar el diagrama de flujo y tener una perspectiva completa



del proceso (ver Figura 1). Dependiendo del tipo de material que entra o salen del proceso (líquido, sólido, gaseoso, datos, entre otros) se definen los protocolos e instrumentos para la realización de mediciones (probetas con marcaciones, recipientes con volúmenes definidos, manómetros, básculas, entre otros), con el fin de realizar un análisis másico.



Figura 1. Análisis de entradas y salidas de las operaciones del proceso productivo. Obtenido de

Adicional a las mediciones de masa, es importante tener en cuenta el consumo energético de cada actividad (consumo de luz, de agua, de calor, entre otros), y para esto se define una metodología de medición de consumos de energía a partir de la comparación de los consumos teóricos versus los reales de cada uno de los equipos de la planta. Por medio de las fichas técnicas o placas de marcación ubicadas en los equipos se obtiene la información del consumo teórico de maquinaria. Las mediciones experimentales se realizarán con diferentes equipos capaces de captar el consumo de potencia y energía de cada uno de ellos como el caso de pinzas amperimétricas (XXXX), vatímetros UNI-T (XXX) y medidores de calidad de energía FLUKE (XXXX). Para el caso de equipos térmicos como la caldera, análisis termodinámicos serán realizados con ayuda de termocuplas (XXXX) y cámaras termográficas FLUKE (XXXX). Esta información de consumos energéticos será presentada también en el diagrama de flujo.

La información de las facturas de servicios públicos es de vital importancia para validar las mediciones que se realicen en planta. Esta información debe recogerse para cada una de las operaciones unitarias como se ve en la Figura 1, con el fin de obtener un diagrama de flujo más completo y específico para el análisis como se ve en la Figura 2.

Estos análisis servirán para determinar cuáles son las actividades críticas del proceso, entendiéndose por actividad crítica, toda aquella actividad que genera un gran consumo de recursos másicos o energéticos, o altas generaciones de desperdicio o residuos.

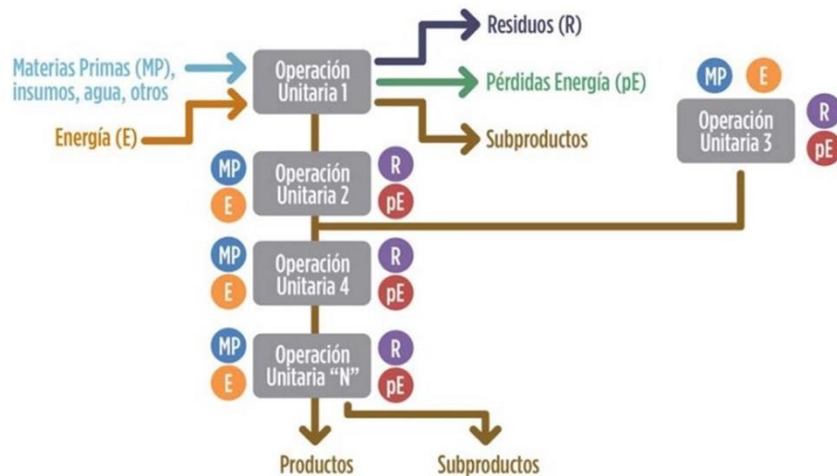


Figura 2. Diagrama de flujo del sistema productivo. Obtenido de

Luego de la construcción del diagrama de flujo, se tiene un panorama global del proceso referente a las entradas y salidas del proceso (ver Figura 3) con el fin de tener el total conocimiento y la información de las líneas base en temas energéticos, generación de gases, residuos y otros, que fueron el punto de partida para la planeación e implementación de planes de acción que puedan mitigar los efectos de los hallazgos arrojados en los análisis.

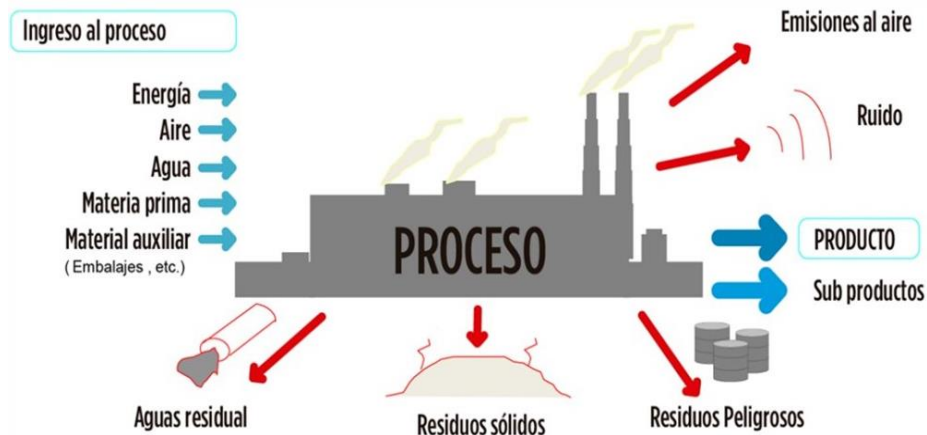


Figura 3. Balance global del proceso productivo. Obtenido de

Las líneas base establecen la información actual y como su nombre lo indica, la base para la comparación del futuro comportamiento del proceso en temas de energía, materias primas, generación de residuos, etc., luego de implementar acciones de mejora.

### 2.3. Construcción de propuestas de mejora al proceso.

En función de todo lo encontrado en el análisis másico, en el estudio energético y las actividades del proceso, se generarán propuestas de mejora que permitan reducir el impacto negativo de las actividades en el proceso, mediante la identificación de las actividades críticas y plantear acciones que busquen impactarlas de tal manera que se mejore en su

comportamiento. Esto busca generar impacto en la sustentabilidad del proceso que aparte de ayudar al medio ambiente permitiría aumentar la rentabilidad de la empresa.

### 3. Resultados

- **Diagnóstico y reconocimiento del proceso productivo.**

De acuerdo con las visitas de reconocimiento realizadas a la empresa en el mes de octubre, se determinó que el producto que al que se realizaría el análisis de sustentabilidad era el proceso de cuajada. En el que se identificó las actividades principales con las condiciones necesarias para su transformación, con esta información se construyó un diagrama de flujo (Objeto 1) el cual sirvió de base para identificar las actividades críticas en el proceso.



#### *Objeto 1. Diagrama de flujo del proceso de la cuajada*

Una vez identificadas las actividades pertenecientes al proceso de productivo, se realizó una breve descripción de cada una, como se muestra a continuación:

##### **1. Preparación de maquinaria**

Antes de iniciar cada proceso se realiza la limpieza de los equipos con el objetivo de eliminar residuos de procesos anteriores y así asegura la inocuidad en toda la planta. Para realizar la desinfección de estos se utilizar un jabón neutro, se le adiciona ácido peracético o hipoclorito a 150 ppm asegurándose de eliminar las bacterias e impurezas existentes (Grasas y sólidos restantes) en los elementos. Por último, se hace un enjuague con agua pasteurizada a 75 °C, de manera externa se realiza una aspersion con la misma agua para desinfectar por completo el ambiente de trabajo. El proceso realizar día por medio, toma alrededores de 15 minutos y se utilizar alrededor de 120 litros de agua pasteurizada.



Figura 2. Proceso de preparación y limpieza de equipos.

## **2. Recepción de materia prima**

La materia prima de la empresa es la leche, la cual proviene de lecheros certificados de la región y es recibida en un tanque con una capacidad de 2050 litros, el cual por lo general lo utilizan para almacenar 1500 litros, en el proceso actual se utilizan 720 litros de leches cruda.

Si bien los proveedores involucrados con la empresa tienen certificación en alta calidad, a todos los lotes de leche que llegan se les realiza una prueba en el laboratorio para confirmar que están libres de alguna enfermedad, además se analiza el porcentaje de agua, proteínas, grasas, vitaminas, hidratos de carbono y minerales. Una vez aprobada por calidad, continúa para el proceso productivo.



Figura 3. Recepción de materia prima y tanque de almacenamiento.

## **3. Clarificación**



En este proceso se separan los sólidos y sedimentos innecesarios presentes en la leche (como polvo o tierra, partículas muy pequeñas que no pueden ser filtradas).

#### 4. *Descremado*

En esta parte se remueve parcialmente la grasa de la leche; se realiza para obtener la crema y la leche descremada a partir de leche entera. En este proceso entran 720 litros de leche, salen 708 litros de leches descremada y 12 litros de cremas (1.7 % del lote inicial).



Figura 4. Proceso de descremado de la leche.

**Nota:** La crema que se obtiene de este proceso es almacenada para ser posteriormente transformada en mantequilla.



Figura 5. Utilización de la crema obtenida de la leche para fabricación de mantequilla.

## 5. *Pasteurización*

El proceso de pasteurización consiste en un tratamiento térmico de líquidos o fluidos alimentarios para la eliminación de las bacterias contenidas en ellos. En este caso la temperatura de leche oscila entre los 72°C y 75°C por alrededor de 17 segundos con el objetivo de eliminar los patógenos y no destruir la flora natural de la misma.



Figura 6. Proceso de pasteurización de leche.

## 6. *Mezcla de ingredientes*

Después de la pasteurización la leche pasa a 2 tinas en las que se les agregan 100 gramos de cloruro de calcio con el objetivo de recuperar el calcio perdido durante el proceso, a su vez se agregan 8 gramos de cuajo para coagular la leche, ambos aditivos se agregan diluidos en 1 litro de agua cada uno. Al final se agrega de manera directa el bio-protector para proteger el producto de bacterias.





Figura 7. Mezclado de leche con otros ingredientes como calcio, cuajo y bioprotector.

### **7. Prueba de calidad**

En esta prueba de calidad se realiza un análisis bacteriano, en caso de presentar microorganismos ajenos a la leche, este lote es llevado de nuevo a pasteurización.

### **8. Coagulación, corte, agitación y reposo**

Una vez agregados los aditivos, se espera durante una hora para que la leche cuaje. Después de cuajada se cortan los cuajes en partes más pequeñas, se agita con el fin de eliminar los trozos de cuajo grandes y se deja reposando durante alrededor de una hora para que el material sólido se asiente.



Figura 8. Equipo para el corte de la cuajada.

### **9. Desuerado**



Una vez reposado todo el material sólido se procede retirar todo el suero, para el proceso actual se retirar 450 litros de suero (64% de la leche en proceso), dejando con esto alrededor de 258 litros de materiales en proceso (Más o menos 265.5 kilogramos de cuajo).

**Nota:** El suero es dispuesto en pozo séptico y es llevado a granjas aledañas para ser utilizado como alimento para animales.



Figura 9. Pozo séptico de la planta de lácteos Buenavista

#### **10. Prueba de calidad**

Como siguiente paso se realiza prueba de sabor, color y olor al cuajo asegurando que cumpla con los estándares de calidad impuesto por la empresa.

#### **11. Salazón**

Al cuajo se le agrega 3 kilogramos de sal al cuajo, en esta parte también se pierde una pequeña cantidad de suero alrededor de 5 litros de suero, dejando con esto 253 litros de producto en proceso.

#### **12. Moldeo**

Los trozos de cuajo son puestos en una forma circular y tiene un peso de 500 gramos. Del lote de 720 litros, salen en promedio 245 unidades de cuajada.

#### **13. Pre-Enfriado**

Las cuajadas son puestas en una cava donde son dejadas alrededor de un día y puedan perder la mayor cantidad de suero posible.

#### **14. Empacado**

Las cuajadas son empacadas al vacío, con el sello de la empresa y el código de barras para realizar la trazabilidad.

#### **15. Registro del lote**



Una vez terminado el lote, este es llevado a la base de datos, desde almacenamiento hasta distribución con el fin de tener total control acerca del inventario de producto terminado y el nivel de ocupación que tengan las cavas y las neveras. Además de dar trazabilidad.

Con base en toda la información obtenida en los puntos anteriores, se realizó un diagnóstico inicial que permitió identificar el funcionamiento general del proceso:

1. El proceso de pasteurización es una de las actividades de más importantes, puesto que la leche debe estar en una la temperatura adecuada para poder eliminar los patógenos de esta. Se encontró que en algunos casos para producciones pequeñas utilizan una alternativa más artesanal, pasteurizando la leche de manera indirecta, siendo esto una mala práctica de manufactura que podría afectar la calidad del producto final y aumentar los costos de producción.
2. Unos de los principales subproductos es el suero, el cual se da en dos momentos, inicialmente en el proceso de desuerado y en el momento del reposo del producto final. En general la empresa no le agrega valor a este subproducto, ya que, es dispuesto en pozos sépticos o regalado a parcelaciones aledañas.
3. La mantequilla es otro subproducto del proceso, la materia prima para esta se obtiene del proceso de descremado.

### **Mediciones en el proceso productivo.**

Para las mediciones del proceso productivo tendremos en cuenta el consumo másico y el consumo energético. Como se muestra a continuación.

### **Análisis Másico**

#### **Proceso de la cuajada**

En el proceso de elaboración de cuajada se reciben 720 litros de leche cruda, lo que equivale a 741 kilogramos de leche cruda, de este lote se obtienen 245 unidades de cuajado con un peso de 500 g, es decir salen 122.5 kilogramos de producto terminado.

$$\% = \frac{SE}{E}$$

En donde:

**%:** Porcentaje de masa utilizado

**S:** Salidas del proceso en producto terminado

**E:** Entradas del proceso.

Reemplazando los datos obtenidos:

$$\% = \frac{122.5 \text{ Kg}}{741 \text{ Kg}} * 100 = 16.5\%$$

Lo que quiere decir que de los 720 litros de leches cruda utilizado para el proceso, se aprovecha o se obtiene como producto terminado en el caso de cuajada solo el 16.5%, el resto está en el suero y crema, además del material que cae al piso o queda en las máquinas. En general es un buen porcentaje de aprovechamiento, ya que, en otros procesos con leche el balanceo de masa da un poco más del 10%.

### **Proceso de descremado**

En el proceso de descremado se obtiene un aproximado de 12 litros de crema, los cuales son utilizados por la misma empresa para la producción de mantequilla.

Lo que significa que, de los 720 litros de leche cruda utilizada para el proceso, se obtienen 12 litros de crema representando un 1.7% del lote inicial.

$$\% = \frac{12 \text{ litros}}{720 \text{ litros}} * 100 = 1.7\%$$

### **Proceso de desuerado**

El lactosuero o suero de leche se define como un producto lácteo obtenido de la separación del coágulo de la leche, de la crema o de la leche semidescremada durante la fabricación de la cuajada o similares, mediante la acción ácida o de enzimas del tipo del cuajo.

En el actual proceso, existen dos momentos para la generación del suero, el primero es la separación del cuajo de la leche en el cual se obtiene un total de 450 litros de suero y el segundo es cuando las cuajadas se encuentran ya formadas estas sueltan alrededor de 35 litros de suero.

El suero contiene nutrientes y compuestos con potenciales beneficios nutricionales y de salud que se aprovechan para la fabricación de productos alimenticios y suplementos, o como materia prima para la producción de otros ingredientes, y compuestos. Entre estas se encuentran:

- Panadería
- Postres
- Productos cárnicos
- Concentrados de proteína
- Fuente de lactosa
- Fuente para extraer minerales

$$\% = \frac{485 \text{ litros}}{720 \text{ litros}} * 100 = 67.5\%$$

## **Análisis Energético.**

### **Caldera**

#### ***Caracterización del carbón***

Información de la caracterización a través de análisis próximo del carbón utilizado en el proceso de generación de vapor fue suministrado por la empresa, observando los anteriores resultados:

Tabla 1. Caracterización por análisis próximo y poder calorífico del carbón utilizado en la caldera

	Muestra 1	Muestra 2
Propiedad	Carbón almendra (2018)	Carbón (2019)
Humedad (% w/w)	11,43	10,07
Cenizas (% w/w)	4,08	9,55
Material Volátil (% w/w)	41,39	37,61
Carbono fijo (% w/w)	43,1	42,77
HHV (kJ/kg)	25947	25313

#### ***Consumo de combustible en la operación real***

Consumo de combustible de la caldera para turnos normales de 6 horas de operación (7:00 am – 1:00 pm) según información suministrada por el operador del equipo:

Tabla 2. Consumo de combustible y energía total suministrada a la caldera

Características de operación	Consumo de combustible	Cenizas	Energía suministrada a caldera por día (MJ)
Alta carga	180 kg/día	12 kg	4556.34
Baja carga	90 kg/día	5 kg	2278.17

Con la anterior información y la caracterización del carbón utilizado en el proceso, es posible observar que la combustión se está presentando de forma completa ya que la cantidad de material recolectado luego del proceso de combustión corresponde con la cantidad de ceniza del carbón.

#### ***Pérdidas de energía por paredes y tuberías***

Para realizar el análisis de pérdida de energía en la caldera es necesario considerar las áreas externas tanto de las tuberías por donde fluye el vapor como del área externa de la caldera y demás equipos periféricos.

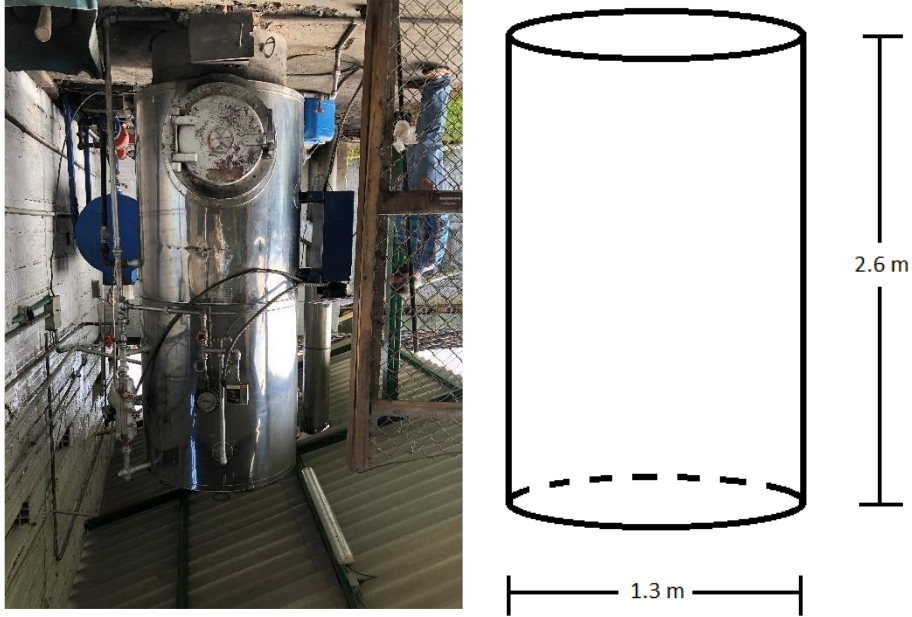


Figura 10. Caldera de Lácteos Buenavista

Según las mediciones realizadas a la caldera, se encontró que presenta un área externa de aproximadamente 10.6 m<sup>2</sup>, con una temperatura promedio de aproximadamente 46°C en su parte superior y de 150°C en la parte inferior donde se presenta la combustión del carbón. Debido a lo anterior se realizarán dos cálculos de pérdidas de energía por la pared superior e inferior de la caldera. Para estas condiciones térmicas, se espera una pérdida de energía por paredes como las que se muestran a continuación:

$$E_p = hAT_p - T_a$$

En donde  $E_p$  es la energía perdida por paredes en kW,  $h$  es el coeficiente de transferencia de energía por convección en w/m<sup>2</sup>C,  $A$  es el área externa de la caldera en m<sup>2</sup>,  $T_p$  y  $T_a$  son la temperatura de la pared de la caldera y la temperatura ambiente respectivamente en °C. Para esta expresión tenemos los siguientes valores.

$$E_{p1} = 10.1 * 4.08 * 46 - 19 = 1.82 \text{ kW}$$

$$E_{p2} = 16.6 * 6.53 * 150 - 19 = 14.2 \text{ kW}$$

Los anteriores valores deben considerarse para un periodo de operación total de 6 horas al día en el que la caldera es operada en condiciones normales. Esto quiere decir que la pérdida de energía total por paredes de la caldera es:

$$E_{pT} = 1.82 \text{ kJs} + 14.2 \text{ kJs} * 21600\text{s} = 346,221 \text{ kJ} = 346.2 \text{ MJ}$$

Este valor representa una pérdida de energía de aproximadamente el 7.6% de la energía suministrada en un día de alto consumo, o un 15.2% de la energía suministrada para un día de bajo consumo de carbón, según la información presentada en la Tabla 2.

El vapor generado en la caldera es llevado hacia la planta de producción a través de tuberías de 1 pulgada de diámetro externo. Esta tubería se divide en tubería externa e interna, en donde la interna presenta una longitud aproximada de 18 metros (Figura 11a), mientras la tubería externa tiene una longitud aproximada de 30 metros (Figura 11b).

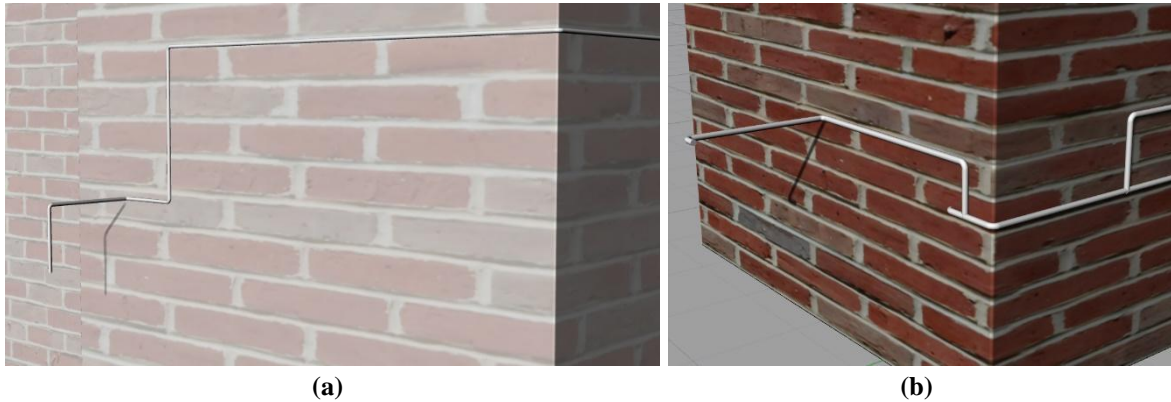


Figura 11. Líneas de transporte de vapor. (a). Tubería interna; (b). Tubería externa.

Para la situación de tuberías si aislamiento las pérdidas de energía se intensifican cuando ésta se ubica en la parte externa de la planta debido a las bajas temperaturas del sitio. Las pérdidas de energía para las tuberías de vapor pueden ser calculadas de la misma forma como se calculó la pérdida de energía en la superficie externa de la caldera. De acuerdo con las mediciones realizadas, la temperatura promedio de la tubería externa es 150°C y la temperatura promedio de la tubería interna es de 100°C aproximadamente.

$$E_{ti}=10.1*1.43*100-25=1.10 \text{ kW}$$

$$E_{te}=16.6*2.4*150-19=5.22 \text{ kW}$$

Entonces la energía total perdida para un turno de 6 horas de operación de la caldera es como sigue:

$$E_t=1.10 \text{ kJs}+5.22 \text{ kJs}*21600\text{s}= 136,512 \text{ kJ}=136.5 \text{ MJ}$$

Lo anterior indica que la energía perdida en un turno de trabajo sólo por las tuberías no aisladas es de aproximadamente 3% cuando la caldera opera a alta carga y del 6% cuando opera a baja carga, de acuerdo con la información de la Tabla 2.

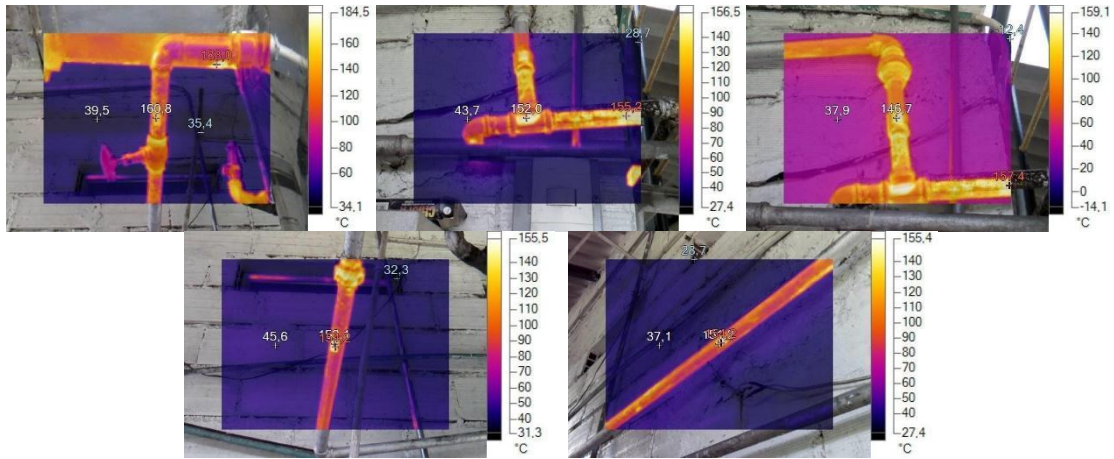


Figura 12. Temperatura de tubería de salida de vapor ubicada en la parte externa de la planta.

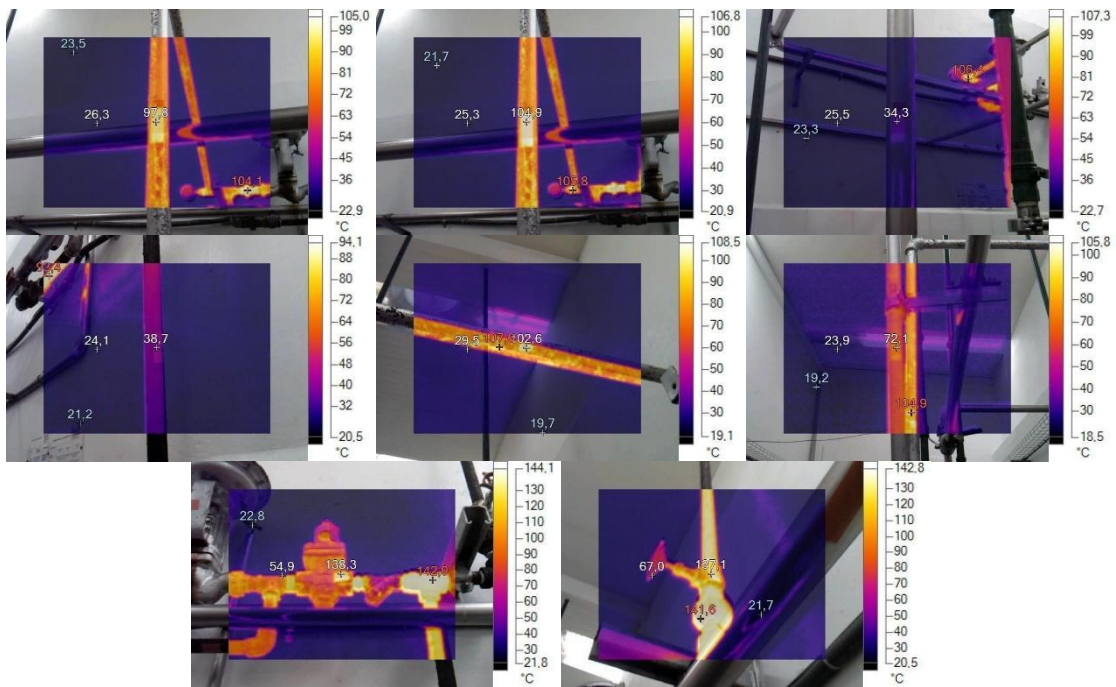


Figura 13. Temperatura de tubería vapor ubicada en la parte interna de la planta.

Los cálculos realizados anteriormente para las pérdidas de energía por exterior de la caldera y tuberías expresan la siguiente información:

Tabla 3. Pérdidas de energía por tuberías y paredes y sus costos.

Superficie	Pérdidas de energía (MJ/día)	Equivalencia en kg carbón	Costo del carbón Amagá	Costo perdidas-mes
Exterior de caldera	331.0	13.1	\$200,000	\$88850
Tubería de vapor (Int. y ext.)	136.5	5.4		



Teniendo en cuenta los valores de la tabla anterior, anualmente se podría tener un ahorro de aproximadamente \$1,065,600 si las condiciones de operación de la caldera mejoran de manera considerable en lo que respecta al aislamiento de los accesorios.

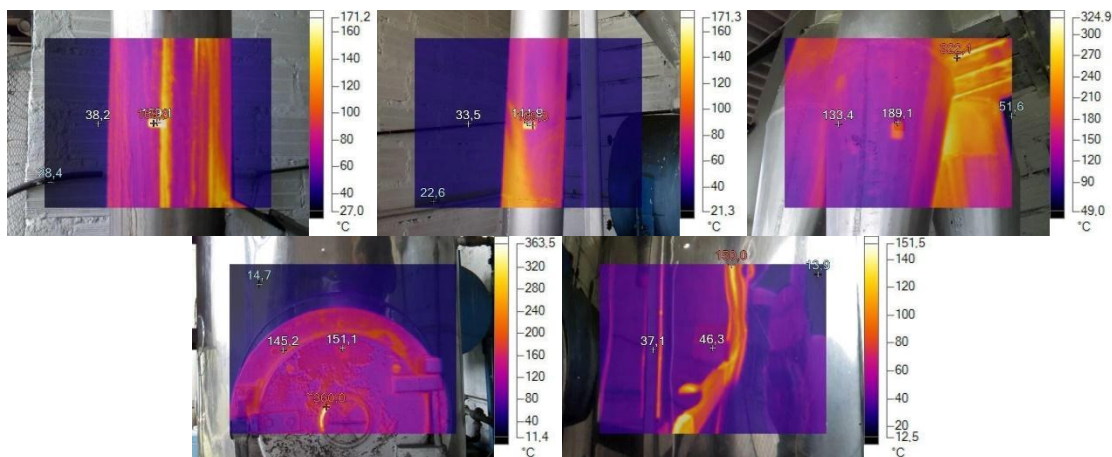


Figura 14. Temperaturas en la parte externa de la caldera, ciclones y ductos de escape de gases.

De acuerdo con la Figura 14, las temperaturas en la superficie de los accesorios en la salida de la caldera son de 189°C y 169°C para el ciclón y la tubería de la chimenea respectivamente. Según mediciones realizadas a los gases que ingresan al ciclón a través de un termopar con registro en el tablero principal de la caldera, esta temperatura es de aproximadamente 405°C. De acuerdo con esta información, y teniendo en cuenta información de la literatura científica a cerca de pérdida de energía en calderas de carbón, es necesario conocer la caracterización de gases de chimenea para cuantificar de manera más precisa las pérdidas en esta corriente gaseosa. Estas pérdidas de energía pueden oscilar entre un 10% y un 30% según la correcta operación de la caldera.

Como recomendación general, la corriente caliente de gases de combustión que salen de la caldera hacia la chimenea, puede ser una excelente fuente de energía para el precalentamiento de una corriente que entre hacia la caldera como el agua o el gas para la combustión. Lo anterior ayudaría a que el agua que entre a la caldera haya absorbido alguna energía de los gases de combustión y no sea necesaria tanta energía al interior para su evaporación, y para el caso del aire de combustión, ayudaría a disminuir las pérdidas de energía en el proceso de calentamiento del aire, y específicamente el nitrógeno que entra a una temperatura de aproximadamente 19°C.

### ***Eficiencia de la caldera.***

La eficiencia de una caldera es normalmente evaluada como la relación del flujo de energía útil que es entregada al vapor, con el flujo total de energía que es entregado por el combustible. Lo anterior indica que, del total de energía suministrada a la caldera, una parte de la energía se pierde y la otra es utilizada directamente en la evaporación del agua.

$$E_c = E_v + P$$

Una de las dificultades en el proceso de diagnóstico de la planta fue poder establecer los flujos de varias corrientes en la caldera:

- Flujo de vapor que sale de la caldera
- Flujo de aire que entra al proceso de combustión
- Flujo de gases de chimenea y fracciones volumétricas
- Flujos precisos de entrada de combustible y salida de cenizas

En vista de esta falencia de información o certeza en ella, los cálculos acá presentados pueden contener alta carga de errores, pero son un indicador inicial del comportamiento general del sistema.

La eficiencia de una caldera de carbón con alimentación manual como la utilizada en el proceso de Lácteos Buenavista, puede bajar hasta valores de 60%, pero puede incrementar en la medida en que la operación del equipo sea adecuada. Teniendo en cuenta las pérdidas de energía calculadas en el sistema de caldera, se puede intuir que la eficiencia de operación de la caldera no es la mejor y podría estar en rangos muy bajos como el 60-70% ya que las observaciones realizadas en la planta no reflejan una operación cuidadosa del equipo. Lo anterior con un agravante y es que la capacidad de la caldera parece ser excesiva para la producción que se observa en el proceso productivo de la empresa, ocasionando gastos adicionales para la generación del vapor para la planta.

### ***Malas prácticas con el vapor generado***

Como condición general en el proceso de transporte y uso del vapor en la planta de producción, es común observar equipos y en general las líneas del vapor sin un aislamiento adecuado que generan grandes pérdidas de energía por disipación en superficies.

Una mala práctica identificada en el proceso de producción cuando se realizaron las visitas de mediciones en la planta fue la utilización de vapor para el calentamiento de agua en cencas de plástico para realizar el proceso de pasteurización a pequeña escala (ver Figura 15).



Figura 15. Canecca utilizada para pasteurización a pequeña escala.

Esta práctica, además de ser ineficiente por el hecho de tener que calentar agua líquida con vapor, y posteriormente calentar la leche con el agua líquida, genera una pérdida considerable de energía por la superficie no aislada de la caneca contenedora del agua. Este proceso debe reevaluarse con el fin de utilizar los recipientes adecuados para el proceso de pasteurización



a pequeña escala y tratar de utilizar el vapor para el calentamiento directo de la leche a pasteurizar. Los escenarios son los que se muestran en la Tabla 4:

Tabla 4. Escenario real y recomendado para el proceso de pasteurización a pequeña escala.

Escenario	Volumen (m <sup>3</sup> )	Peso (kg)	Cp (kJ/kg K)	Delta T	Energía necesaria (kJ)	Carbón necesario (kg)
Pasteurización en caneca	0,15	150	4,1	60	36900	1,45
Pasteurización directa	0,04	40	4,1	60	9840	0.4

La Tabla 4 presenta la evaluación de la primera práctica observada en la planta durante las visitas, y la segunda práctica es el calentamiento directo de la leche a pasteurizar. En la primera se observó una caneca con  $\frac{3}{4}$  de agua, en la que se depositaba una caneca de leche de 40 litros aproximadamente y se realizaba la pasteurización. A pesar de que el proceso de pasteurización se lleva a cabo para la leche, se realiza con un consumo adicional de energía de aproximadamente el 370%, lo que deja ver la ineficiencia de este proceso.

## Compresores

Con el fin de tener la identificación de los compresores utilizados en la planta, se presenta en la Figura 16 el nombramiento de cada uno de ellos.



(a)



(b)



(c)

Figura 16. Compresores de la planta. (a). Compresores 1 y 2 (izquierda) y 3 y 4 (derecha); (b). Compresores 5 (izquierda) y 6 (derecha); y (c) Compresor de aire.

Los consumos de potencia medidos para los compresores de la planta son los que se muestran a continuación en la Tabla 5.

Tabla 5. Información de consumo teórico y real de compresores.

Equipo	Cantidad	Potencia teórica (W)	Potencia real (W)	Diferencia (%)
Compresor 1 (Blue Star 1 ventilador)	2	6138	3003	-104%
Compresor 2 (Blue Star 2 ventiladores)	2	6930	3696	-88%
Compresor 3 (Flex Cold)	2	2552	1778,7	-43%
Compresor 4 (Aire comprimido)	1	1100	1917,3	43%

De acuerdo con mediciones realizadas en la operación de los compresores para la refrigeración de la planta, se encuentra que la potencia real esté en los valores indicados por el fabricante. Se debe tener en cuenta que a pesar de que algunos de los compresores son relativamente nuevos, debe mantenerse un buen esquema de mantenimiento para garantizar el correcto funcionamiento de los equipos y no aumentar el consumo energético por esfuerzos adicionales de estos.

Durante el diagnóstico en la empresa, sorprendió la presencia de un compresor de aire solamente para las válvulas del proceso de pasteurización. En las observaciones que se realizaron en la planta no se detectaron otras redes neumáticas que alimentaran otros equipos, por lo que consideramos un exceso tener un equipo como un compresor de aire operando una cantidad de horas al día para alimentar un equipo que solo opera una hora al día.

### **Refrigeradora de leche**

El tanque de refrigeración de leche es utilizado en la planta solamente en fines de semana cuando no hay operación en la planta y se debe recibir la leche para el proceso. De esta manera la leche se almacena durante aproximadamente 2 días hasta el primer día laboral de la semana para ser procesada (Figura 17).



(a)



(b)

Figura 17. Refrigeración de leche. (a). Tanque para la refrigeración; (b). Mezclador del equipo de refrigeración.

El consumo de energía de este equipo está relacionado con el compresor por la refrigeración y con el mezclador en la parte superior el cual se enciende antes de que la leche sea evacuada y pasada a la descremadora. Este mezclador registró una potencia de 138.6 W durante el proceso de mezclado de la leche.

### Descremadora

Luego de realizar las pruebas de control de calidad a la leche en la recepción de la leche, se realiza el proceso de descremado de la leche (ver Figura 18(a)). En este proceso se elimina una cantidad de crema de la leche, la cual depende de la velocidad de rotación del equipo.



(a)



(b)

Figura 18. (a). Descremadora de leche. (b). Potencia teórica de bomba de leche

Como parte de este equipo tenemos dos motores para el bombeo de la leche que entra (Figura 18(b)) y para la rotación del equipo. Estos dos motores presentaron los siguientes consumos:

Tabla 6. Información de consumo teórico y real de la descremadora

Equipo	Cantidad	Potencia teórica (W)	Potencia real (W)	Diferencia (%)
Bomba leche cruda	1	1265	1155	-10%
Centrifugado	1		1593,9	

## Pasteurizador

### *Consumos energéticos del pasteurizador*

El equipo de pasteurización, contempla la utilización de 2 motores para el bombeo de agua y el bombeo de leche. De acuerdo con la información de las placas de cada uno de ellos (ver Figura 19), el consumo debería ser de 1.4 kW para la bomba de agua y de 0.75 kW para la bomba de leche.



(a)



(b)



(c)

Figura 19. (a) Pasteurizador de leche; (a). Potencia del motor de agua; (b). Potencia del motor de leche.

De acuerdo con las mediciones realizadas en la planta del consumo de corriente del equipo completo se obtuvo la información presentada en la Tabla 7.

Tabla 7. Información de consumo teórico y real de pasteurizador.

Equipo	Cantidad	Potencia teórica (W)	Potencia real (W)	Diferencia (%)
Bomba de agua	1	1400	1432	2
Bomba de leche	1	750	462	-62

Según se observa en la Tabla 7, la potencia medida de la pasteurizadora, sumando los aportes de los motores impulsores de los fluidos que intervienen en el proceso, es de aproximadamente 1.848 kW, y según el consumo teórico, también presentado en la Tabla 7, es de aproximadamente 2.15 kW.



### **Análisis térmico del pasteurizador**

De acuerdo con la información térmica obtenida del exterior del pasteurizador, es otro equipo el cual presenta pérdidas de energía como consecuencia de la ausencia de un aislamiento.

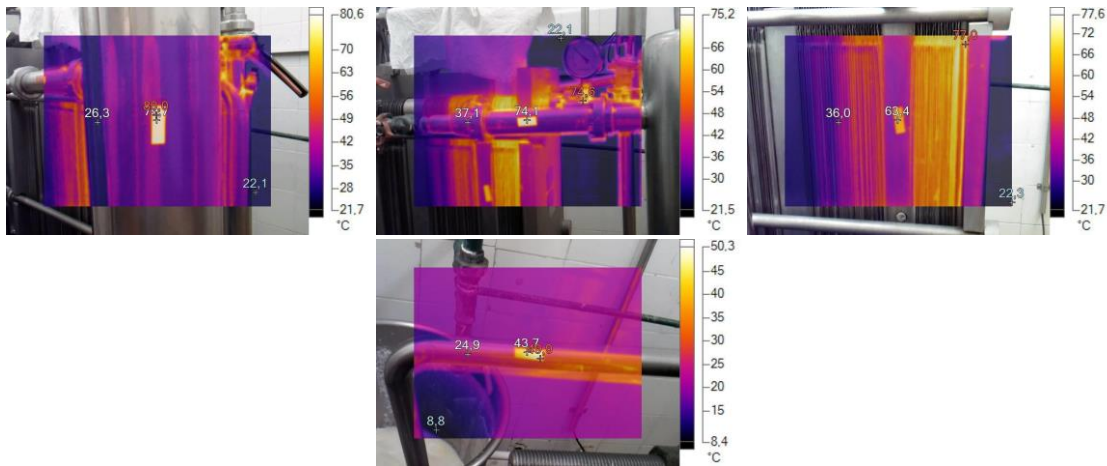


Figura 20. Temperatura de paredes de equipo pasteurizador.

En promedio la temperatura superficial del pasteurizador es de aproximadamente  $67^{\circ}\text{C}$  (ver Figura 20), considerando un área superficial del pasteurizador de aproximadamente  $2.5\text{m}^2$ , de acuerdo con sus dimensiones, y considerando una temperatura promedio ambiente en el interior de la planta de  $23^{\circ}\text{C}$ , las pérdidas de energía que presenta este equipo son como se muestran a continuación.

$$E_p = 16.6 * 2.5 * (67 - 19) = 2.12 \text{ kW}$$
$$E_t = 2.12 \frac{\text{kJ}}{\text{s}} * 21600\text{s} = 45,716 \text{ kJ} = 45.72 \text{ MJ}$$

Esta energía disipada por las paredes del pasteurizador, representan aproximadamente el 1% de la energía suministrada a la caldera a alta carga y 2% a baja carga de trabajo. De mejorarse el aislamiento del equipo podrían tenerse ahorros anuales de aproximadamente \$104,081.

### **Empacadora**

La operación de la empacadora al vacío consta básicamente de 2 ciclos: el primero en el que se genera el vacío para la eliminación del aire de la cámara y el segundo para el sellado de la bolsa en el que se activa una resistencia eléctrica. El primer ciclo tiene una duración aproximada de 28 segundos y el segundo ciclo tiene una duración aproximada de 3 segundos.



(a)



(b)



(c)

Figura 21. (a). Consumo medido en primer ciclo; (b). Consumo medido en segundo ciclo; (c). Consumo teórico.

El consumo de energía en esta operación puede ser observada en la Figura 21 y resumida en la Tabla 8:

Tabla 8. Información de consumo real de empacadora al vacío.

Ciclo de operación	Duración (s)	Amperaje (A)	Voltaje (v)	Potencia real (kW)	Consumo de energía (kWh)/ciclo
Vacío	28	4,3	234,3	1,00749	0,0078
Sellado	3	5,4	234,3	1,26522	0,0011

El consumo de energía de la empacadora al vacío es de aproximadamente 0.0089 kW-h por cada ciclo de empaquetado. Si suponiendo que en un periodo de un mes se realizara un empaque de un producto para el cual es necesario realizar 500 ciclos de empaquetado, la empacadora tendría un consumo aproximado de 4.445 kWh al mes. Este valor obtenido de consumo de corrientes, es acorde con el encontrado en las especificaciones del equipo, en el que se menciona que el equipo puede tener un consumo máximo de 5.5 amperios. Observando solamente el consumo del ciclo de vacío, es posible identificar que se está consumiendo 1 kW de potencia cuando el motor está diseñado para 0.75kW según Figura 21(c).

### Equipos de cómputo y luminarias

En la empresa Lácteos Buenavista se cuentan con 7 computadores para las diferentes tareas que realizan los colaboradores. Todos los computadores que se tienen en la empresa son computadores de escritorio, los cuales presentan un consumo aproximado de 71W de potencia.

Tabla 9. Energía consumida en la operación de maquinaria

Equipo	Cantidad	Horas de uso al día	Potencia (W)	Consumo/día (kWh)	Consumo total mes (kWh)	Costo total energía mes (\$)
Computador escritorio	7	8	71	3.97	95.43	47,712
Computador portátil	7	8	40	1.96	47.10	23,520

Analizando el caso de los computadores portátiles, los cuales presentan una potencia inferior al de un computador de escritorio, aproximadamente 40W de potencia, se podría plantear la siguiente situación presentada en la Tabla 9.

Para un año completo de trabajo con los 7 computadores de escritorio, el costo aproximado del consumo de energía es de \$572,544. Para el caso de computadores portátiles, el costo aproximado de la energía utilizada es de \$282,240, lo que representaría un ahorro de \$290,304 anuales.

De acuerdo con lo observado en la empresa lácteos Buenavista, la iluminación es generalmente con tecnología led, la cual es de bajo consumo a comparación de otra tecnología disponible en el mercado, por lo que se considera que la iluminación de la planta completa de Lácteos Buenavista es adecuada.

### Otros equipos en la empresa

Además de los equipos analizados y presentados con anterioridad, se tuvo en cuenta el análisis de los demás equipos, la mayoría de ellos ubicados en el restaurante, para el análisis eléctrico. Estos equipos fueron caracterizados a partir de solamente la información de las placas de los fabricantes ya que, durante las visitas realizadas a la planta, todas en la mañana, el restaurante se encontraba inactivo. Además de la información, de la potencia teórica del equipo, se asumió para cada uno ellos un tiempo de utilización en el mes con el fin de cuantificar el posible consumo de energía de cada uno de ellos.

Tabla 10. Energía consumida por equipos del restaurante

Equipos	Cantidad	Potencia teórica (W)	Horas/mes	Consumo energía (kWh)
Microondas	3	700	120	252,00
Horno pequeño Pizza	2	1200	30	72,00
Refrigerador industrial	1	632.5	720	455,40
Hielera	1	120	120	14,40
Lavalozas	1	4580	120	549,60
Congelador con escarcha Abba	1	130	720	93,60
Máquina moler café	1	175	120	21,00
Horno tostador	1	1500	144	216,00
Neveras de refrigeración productos lácteos	3	161,88	720	349,66
Refrigerador Coca-Cola	1	350	720	252,00
Refrigerador Postobón	1	250	720	180,00

### Conclusiones del análisis energético

- **Esquema de operación en planta:** Realizar la producción en la planta con un tiempo de operación de los equipos como descremadora y pasteurizador, indica que los

equipos son sobredimensionados para el proceso actual. Esto genera un alto consumo en recursos utilizados en el proceso como:

- Alto consumo en el agua para limpieza de equipos. Si los aproximadamente litros de leche se procesan en un solo día o en dos días a la semana y se almacena la leche pasteurizada para los siguientes procesos se lavarían estos equipos 1 o 2 veces en la semana, disminuyendo el consumo por lavado de equipos.
  - Alto consumo de carbón en la caldera. Si la descremadora y la pasteurizadora operan una o dos veces en la semana, la caldera operaría a lata carga en estos días en la semana, por lo que los demás días podría haber ahorro en consumo de carbón.
- 
- ***Equipos sobredimensionados para la producción de la empresa:*** En las visitas realizadas a la planta de producción, se observó que algunos de los equipos parecen estar sobredimensionados para la producción de la planta. Algunos de estos equipos son la caldera, pasteurizador, descremadora y cuartos fríos.
  - ***Mala operación de la caldera:*** Como algunos de los equipos operan solamente unas horas al día, el consumo de vapor se requiere sólo en estos momentos, por lo que la caldera se utiliza en la mañana y el combustible que se le suministra se queda todo el día en ella para mantener la combustión terminando de quemar el carbón, para que al día siguiente el inicio del equipo sea mucho más simple y rápido. Un paro en este tipo de equipos exige alta cantidad de tiempo y de energía al momento de volver a iniciarlo, por lo que normalmente son diseñados para operación en continuo.
  - ***Espacios de refrigeración sobredimensionados para la producción:*** Si se optara por concentrar los productos que requieren de una refrigeración, se podrían tener ahorros considerables en el pago de la energía eléctrica, debido a los principales consumos de toda la empresa son los compresores de los cuartos fríos.



## Análisis Eléctrico

### Diagnóstico del consumo eléctrico

Para centrar la atención en los puntos críticos de consumo de energía se realiza una valoración de la potencia instalada y su consumo aproximado, como se describe en la Tabla 11.

Tabla 11. Realizar un análisis de los consumos por equipo y por área.

Área de proceso	Equipos	#	Potencia Total [W]	Horas /mes	Consumo [kW-h]	%	Costo Aproximado COP
<b>PRODUCCIÓN (3,7%)</b>	Tanque de refrigeración de leche	1	138,6	200	27,72	0,3%	\$ 14.193
	Descremadora						\$ -
	Bomba leche cruda	1	1265	24	30,36	0,3%	\$ 15.544
	Centrifugado	1	1593,9	24	38,25	0,4%	\$ 19.586
	Pasteurizadora						\$ -
	Bomba leche	1	750	24	18,00	0,2%	\$ 9.216
	Bomba agua	1	1400	24	33,60	0,3%	\$ 17.203
	Empacadora al vacío	1	1265	32	40,48	0,4%	\$ 20.726
	<b>Compresor 4 (Aire comprimido)</b>	<b>1</b>	<b>1100</b>	<b>180</b>	<b>198,00</b>	<b>2,0%</b>	<b>\$ 101.376</b>
<b>VAPOR (6,8%)</b>	Caldera						\$ -
	<b>Ventilador aire entrada</b>	<b>1</b>	<b>2425,5</b>	<b>144</b>	<b>349,27</b>	<b>3,6%</b>	<b>\$ 178.827</b>
	<b>Bomba agua caldera</b>	<b>1</b>	<b>3730</b>	<b>72</b>	<b>268,56</b>	<b>2,8%</b>	<b>\$ 137.503</b>
	Bomba pozo	1	1316,7	72	94,80	1,0%	\$ 48.539
<b>CUARTO FRIO (53,5%)</b>	<b>Compresor 1 (Blue Star 1 ventilador)</b>	<b>2</b>	<b>12276</b>	<b>180</b>	<b>2209,68</b>	<b>22,7%</b>	<b>\$ 1.131.356</b>
	<b>Compresor 2 (Blue Star 2 ventiladores)</b>	<b>2</b>	<b>13860</b>	<b>180</b>	<b>2494,80</b>	<b>25,6%</b>	<b>\$ 1.277.338</b>
	<b>Compresor 3 (Flex Cold)</b>	<b>2</b>	<b>5104</b>	<b>180</b>	<b>918,72</b>	<b>9,4%</b>	<b>\$ 470.385</b>
<b>RESTAURANTE (30,8%)</b>	Microondas	3	2100	120	252,00	2,6%	\$ 129.024
	Horno pequeño Pizza	2	2400	30	72,00	0,7%	\$ 36.864
	<b>Refrigerador Industrial</b>	<b>1</b>	<b>632,5</b>	<b>720</b>	<b>455,40</b>	<b>4,7%</b>	<b>\$ 233.165</b>
	Hielera	1	120	120	14,40	0,1%	\$ 7.373
	<b>Lavalozas</b>	<b>1</b>	<b>4580</b>	<b>120</b>	<b>549,60</b>	<b>5,6%</b>	<b>\$ 281.395</b>
	Congelador con escarcha Abba	1	130	720	93,60	1,0%	\$ 47.923
	Máquina moler café	1	175	120	21,00	0,2%	\$ 10.752

	Horno tostador	1	1500	144	216,00	2,2%	\$ 110.592
	Refrigerador Coca-Cola	1	350	720	252,00	2,6%	\$ 129.024
	Refrigerador Postobón	1	250	720	180,00	1,9%	\$ 92.160
	Neveras de refrigeración productos lácteos	3	485,64	720	349,66	3,6%	\$ 179.026
ADMINISTRATIVO (5,2%)	Computadores	6	426	720	306,72	3,2%	\$ 157.041
	Impresora	1	55	60	3,30	0,0%	\$ 1.690
	Luminarias	40	800	300	240,00	2,5%	\$ 122.880
	TOTAL	79	60229	6670	9728	100,0%	\$ 4.980.700

De la tabla anterior se logra identificar que los equipos que más consumo de energía eléctrica representan en el total de la empresa, son los sistemas de refrigeración de los cuartos frío, en total corresponden a un 53 % del consumo, luego sigue el restaurante con un consumo aproximado de un 30,8%, y sorprendentemente el consumo asociado al proceso productivo solo corresponde a un 11%, de este análisis de consumos se logra identificar que procesos deben ser supervisado y optimizados para que se puedan lograr reducciones de consumo eléctrico.

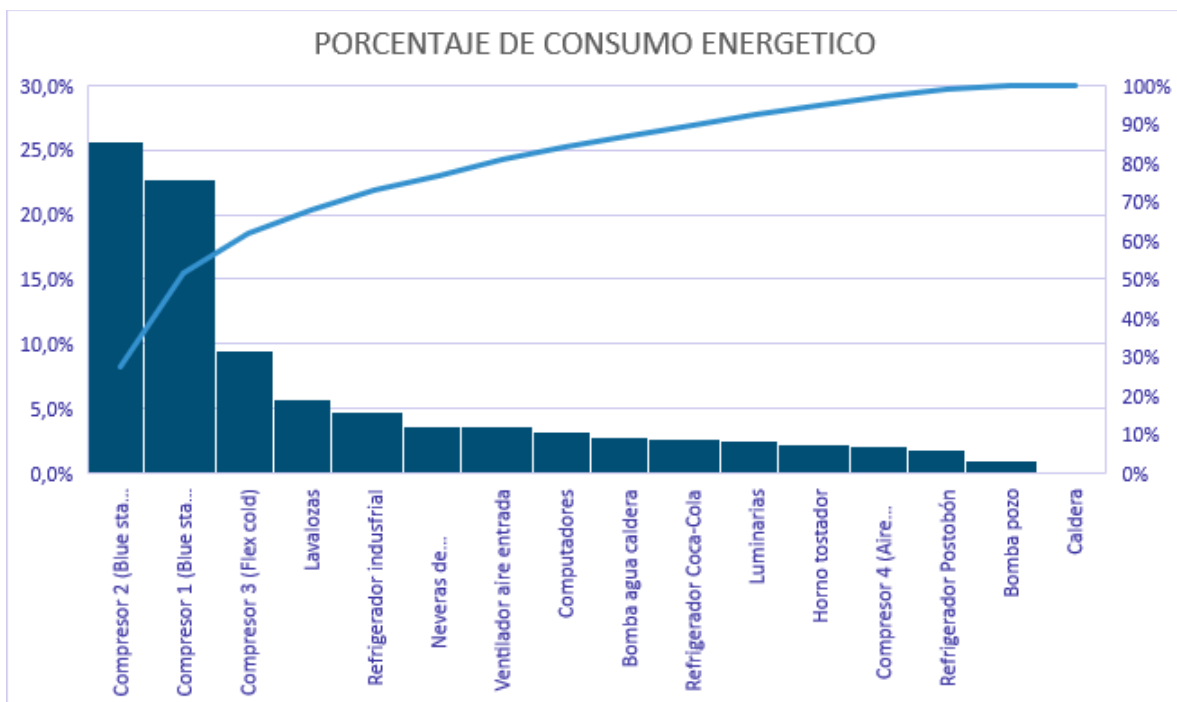


Figura 222. Porcentaje de Consumos de equipos.

En la figura 22. se listan los equipos de mayor a menor porcentaje de consumo de energía eléctrica, para lograr una disminución en el consumo de energía es importante que se

considere aspectos como: el mantenimiento preventivo buscando mantener en condiciones de operación adecuada dichos equipos, evitar la subutilización de los equipos, como puede ocurrir con los cuartos fríos en los que pueden estar sobredimensionados o tener una cantidad de producto almacenado por mucho tiempo o tener el cuarto subutilizado.

A su vez se resaltan los consumos de las neveras y congeladores, los cuales deben usarse haciendo uso racional de la energía, refrigerar la cantidad que es expresamente necesaria, y evitar los procesos de apertura de las puertas por largos periodos de tiempo.

A continuación, se presenta un análisis de los consumos promedio mensuales y la distribución de los equipos en esta instalación.

Tabla 12. Análisis de distribución del consumo de energía eléctrica por contador.

Contrato	7240138		7240140		7240139		7240141	
Cliente	Gilberto Pérez		Arpidio Pérez		Jose M Pérez		Arpidio Pérez	
Dirección	CL 11 CR 9-36		Buenavista		CL 11 CR 9-36		CL 11 CR 9-36	
# Contador	651590 (27%)		651605 (42%)		651600 (10%)		651610 (21%)	
	Estrato 2 Residencia 1	525 \$/kWh	industrial	525 \$/kWh	Estrato 2 Residencia 1	525 \$/kWh	industrial	525 \$/kWh
meses	[kWh]	[COP]	[kWh]	[COP]	[kWh]	[COP]	[kWh]	[COP]
Febrero	3216	\$ 1.549.539	5897	\$ 3.552.989	369	\$ 124.107	2546	\$ 1.533.588
Abril	3652	\$ 1.762.094	6455	\$ 3.883.200	453	\$ 165.984	2787	\$ 1.675.879
Junio	3635	\$ 1.801.959	4870	\$ 3.016.197	400	\$ 142.235	2897	\$ 1.790.721
Octubre	3712	\$ 1.837.550	4940	\$ 3.032.646	2936	\$ 1.461.831	2956	\$ 1.814.600
Diciembre	3588	\$ 1.820.786	5119	\$ 3.248.517	2406	\$ 1.201.275	2304	\$ 1.462.118
<b>promedios</b>	<b>3561</b>	<b>\$ 1.754.386</b>	<b>5456</b>	<b>\$ 3.346.710</b>	<b>1313</b>	<b>\$ 619.086</b>	<b>2698</b>	<b>\$ 1.655.381</b>



Figura 23. Distribución de contadores y tableros de protecciones.

Tabla 13. Lista de equipos más relevantes en consumo kw/h por contador.

7240138	
Gilberto Pérez	
CL 11 CR 9-36	
651590 (27%)	
<b>Equipos</b>	<b>kwh</b>
<b>Restaurante</b>	
Refrigerador industrial	1242
Lavalozas	550
Horno tostador	216
Refrigerador Coca-Cola	252
Refrigerador Postobón	180
Neveras de refrigeración productos lácteos	350
<b>Planta</b>	
Pasteurizadora	
Bomba leche	18
Bomba agua	34
Descremadora	
Bomba leche cruda	30
Centrifugado	38
Empacadora al vacío	40
<b>Total, Aprox.</b>	<b>2950</b>

7240140	
Alpidio Pérez	
Buenavista	
651605 (42%)	
<b>Equipos</b>	<b>kwh</b>
Compresor 1 (Blue Star 1 ventilador)	2209
Compresor 2 (Blue Star 2 ventiladores)	2494
<b>Total, Aprox</b>	<b>4704</b>

7240139	
Jose M Pérez	
CL 11 CR 9-36	
651600 (10%)	
<b>Equipos</b>	<b>kwh</b>
Computadores	30 7
Luminarias	24 0
<b>Total, Aprox</b>	<b>54 7</b>

7240141	
Arpidio Pérez	
CL 11 CR 9-36	
651610 (21%)	
<b>Equipos</b>	<b>kwh</b>
Compresor 3 (Flex Cold)	919
Compresor 4 (Aire comprimido)	198
Caldera	
Ventilador aire entrada	349
Bomba agua caldera	269
Bomba pozo	95
<b>Total, Aprox</b>	<b>1829</b>

La energía eléctrica llega por medio de 4 contadores, dos de ellos caracterizados como usuarios residencial estrato 2 y los otros dos como usuarios industriales, algo particular que se presenta es que la tarifa del kw/h es igual aproximadamente 500 pesos. En dichas facturas se observa un cobro promedio de alumbrado público del 12% del total de la factura. En promedio se tiene un cobro de 7,375,563, pesos de dos meses de operación, lo que da un promedio mensual de 3,687,782, y un costo aproximado de alumbrado público de 442,534 pesos.

Actualmente al ser usuarios industriales hacen un aporte del 20% del valor y al ser usuarios residenciales reciben un subsidio del 5 %, en promedio se está haciendo una contribución de aproximadamente de 500,209 y se recibe un subsidio de 59,337 mensualmente.

### Recomendaciones para mejoras de instalación eléctricas

Siguiendo las indicaciones de la normatividad colombiana para las instalaciones eléctricas se recomienda.

- 1- Realizar marcación de los tableros, identificando los circuitos y las protecciones que tiene asociadas para los equipos, es importante para el diagnóstico y la identificación de problemas o fallas que se pueden llegar a presentar.
- 2- Organizar el área de ubicación de los tableros de protecciones, finalizar la ubicación de los circuitos en los tableros de protecciones.

- 3- Balancear las cargas eléctricas en las dos fases según los consumos y la operación de los equipos.
- 4- Usar equipos de regulación de voltaje y cortapicos en los equipos de cómputo.
- 5- Realizar e implementar un plan de gestión energética que permita crear una cultura de uso eficiente de la energía, y lograr la optimización del consumo de energía eléctrica.

### **Calidad de la Energía**

Para hacer el análisis de calidad de la energía, se prioriza la medición de las cargas principales, por lo tanto, se realizó medición del tablero asociado al contador 651590 que contiene el restaurante y algunos equipos de la planta. y se realizaron mediciones en el tablero asociado al contador 651605 que tiene los cuartos fríos.



Figura 23. Instalación de equipo de medición (Medida realizada el 14 de octubre fin de semana).

**11 de nov 1 semana en el restaurante 7 días restaurante**

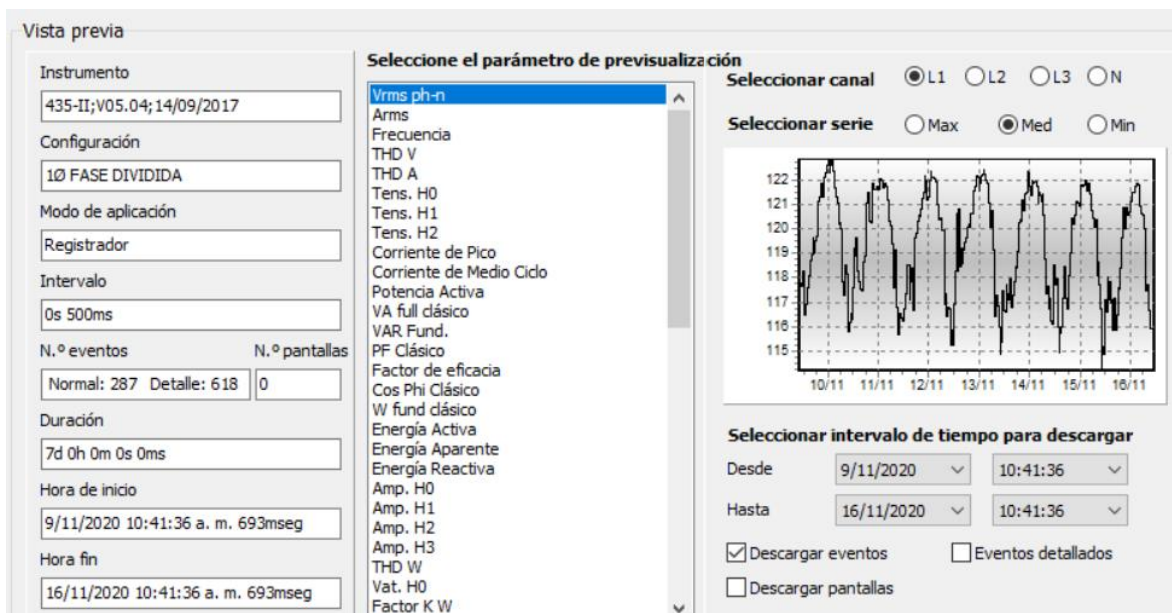


Figura 24. Datos de la medición.

Tabla 14. Caída de voltaje

Voltaje	Máximo	Promedio	mínimo	% Variación máximo	% Variación mínimo
VA	124,98	119,56	109,4	5%	9%
VB	125,8	120	107	5%	12%

(variación del voltaje no mayor al 5 % del voltaje nominal)

Tabla 15. Variación de voltaje

Fase	Variación de voltaje de corta duración	Variación de voltaje de larga duración
	PST	PLT
A	1,17	1,19
B	1,11	1,13
NORMA PARA BT	1	0,74

Se observa que los datos que arrojo la medición están por fuera de los rangos permitidos según la normatividad, teniendo una caída de voltaje mayor al 5 % y una variación de voltaje de corta y larga duración por encima de los valores regulados.

Tabla 16. Distorsión armónica de la onda de voltaje

Fase	% THD V		Armónicos	
	máximo	Promedio	3th	5th
A	4,6	2,34	1,1	1,5
B	4,9	2,5	1,3	1,5

Thd Máximo 5% para este nivel de voltaje y componente armónicas menor al 3 %

Tabla 17. Distorsión armónica de la onda de Corriente

Fase	% THD I		Armónicos	
	máximo	Promedio	3th	5th
A	21,5	9,83	7	7
B	46,7	19,62	14	10

Del análisis se observa que el THD tanto en voltaje como en corriente está dentro de los valores permitidos.

Tabla 18. Factor de potencia

FACTOR DE POTENCIA	
FASE A	0,73
FASE B	0,89
TOTAL	<b>0,77</b>

Tabla 19. Potencia Activa

Potencia Activa [w]	máximo	Promedio	mínimo
FASE A	7640	1246	70
FASE B	7310	797	40

El factor de potencia está por debajo del valor permitido, que es 0.9, y los consumos promedios de potencia activa en los tableros están con un desbalance promedio de cargas de un 40 % aproximadamente.

**17 de nov 651605 8 horas.**



Figura 25. Instalación del equipo en tablero de cuarto fríos.

**Circuito de cuartos fríos.**



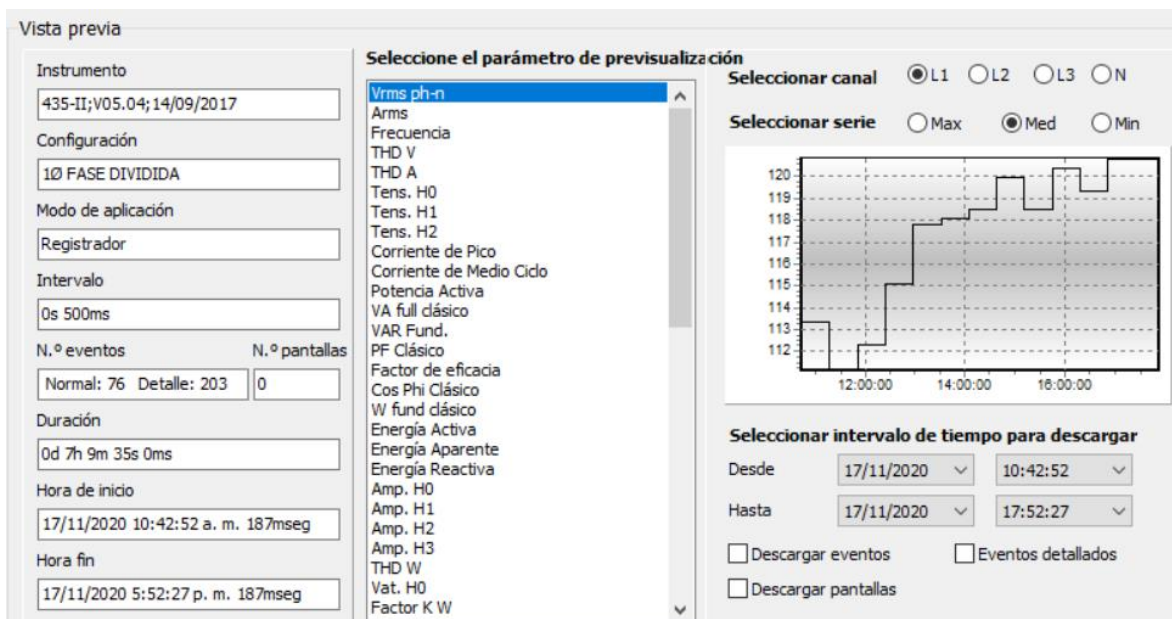


Figura 26. Datos de la medición.

Tabla 20. Caída de voltaje

Voltaje	Máximo	Promedio	mínimo	% variación máxima	% variación mínima
VA	123,5	116,8	105,9	6%	10%
VB	122,59	117,204	109,2	5%	7%

(variación del voltaje no mayor al 5 % del voltaje nominal)

Tabla 21. Variación de voltaje

Fase	Variación de voltaje de corta duración	Variación de voltaje de larga duración
	PST	PLT
A	1,53	1,22
B	1,59	1,27
NORMA PARA BT	1	0,74

Se observa que los datos que arroja la medición están por fuera de los rangos permitidos según la normatividad, teniendo una caída de voltaje mayor al 5 % y una variación de voltaje de corta y larga duración por encima de los valores regulados.

Tabla 22. Distorsión armónica de la onda de voltaje

Fase	% THD V		Armónicos	
	máximo	Promedio	3th	5th
A	3,45	2,39	1,2	2,1
B	3,13	2,13	1,1	1,9

Thd Maximo 5% para este nivel de voltaje y componente armónicas menor al 3 %

Tabla 23. Distorsión armónica de la onda de voltaje

Fase	% THD I	Armónicos
------	---------	-----------



	máximo	Promedio	3th	5th
A	19,04	7,68	5,5	3
B	19,17	8,79	5	4

Del análisis se observa que el THD tanto en voltaje como en corriente está dentro de los valores permitidos.

Tabla 24. Factor de potencia

<b>FACTOR DE POTENCIA</b>	
FASE A	0,824
FASE B	0,81
<b>TOTAL</b>	<b>0,822</b>

Tabla 25. Potencia Activa.

<b>Potencia Activa [w]</b>	<b>máximo</b>	<b>Promedio</b>	<b>mínimo</b>
FASE A	6630	2025	260
FASE B	5620	1745	270

El factor de potencia está por debajo del valor permitido, que es 0.9, y los consumos promedios de potencia activa en los tableros están con un desbalance de cargas de un 20 % aproximadamente.

## Conclusiones

- Con base en el los resultados obtenidos y análisis realizado se concluye que en el proceso hay un gran desperdicio de los subproductos generados en este, ya que, el suero que representa más de 60% de la materia prima inicial no se le está atribuyendo un valor agregado, dicho suero es una potencial fuente de ingresos para la empresa.
- El análisis energético nos mostró que la potencia de varias máquinas estaba siendo desaprovechada y otros sobrecargadas, esto se debe a la mala distribución al momento de la empresa programar la producción, puesto que la empresa trabaja por lotes pequeños y estos en su mayoría no requieren la utilización del 100% de algunas máquinas.
- Revisando las operaciones unitarias de la empresa, se encontró que en algunas ocasiones utilizan una pasteurización no directa, lo cual no solo demanda mucha más energía que la pasteurización directa, sino que al hacerse de manera más rustica puede afectar la calidad del producto final.
- Con respecto a las calderas y tuberías, se evidencia un alto consumo de energía térmica obtenido del carbón, esto se debe a la falta de recubrimiento de las tuberías y adicional a esto son afectadas por la ubicación geográfica de la empresa (Clima frío).
- A nivel general se encuentra que los análisis de sustentabilidad son de gran importancia para PYMES, ya que brindan una perspectiva más amplia de los procesos

y productos involucrados logrando identificar oportunidades de mejoras y reducción de los desperdicios.

### **Recomendaciones generales y propuestas de mejora del proceso.**

#### **Recomendaciones para los subproductos y procesos.**

- Con respecto al suero que se obtiene en las diferentes etapas del proceso se propone que en lugar de disponerlo como un desperdicio sea aprovechado mediante la distribución como una materia prima para las empresas que lo transforman o se destine como suplemento en otros procesos de los derivados lácteos, además también puede ser vendido como alimentos de animales.
- Evitar la pasterización de manera indirecta, ya que no solo se genera un consumo adicional de energía, sino que también puede afectar las características del consumo final.

#### **Recomendaciones de operación para la caldera**

Es posible disminuir el consumo de energía en la caldera implementando las siguientes acciones:

- Mantener el exceso de aire de la caldera en los valores mínimos posibles hasta valores de aproximadamente 40%. Calderas como las de la empresa Lácteos Buenavista que quema carbones de Antioquia, la relación ideal entre aire y combustible para el proceso oscila entre 8.73kg aire/kg carbón, o lo que es lo mismo 11.29 m<sup>3</sup> aire/ m<sup>3</sup> carbón.
- Realizar un adecuado mantenimiento a los ductos y tuberías de la caldera para disminuir la formación de depósitos por hollín o impurezas del agua. Estas incrustaciones pueden ocasionar pérdidas de hasta el 7%.
- Una homogénea distribución del carbón en el hogar puede ayudar a una mejor combustión manteniendo bien ajustada las entradas de aire para la combustión.
- La regulación del tiro de la chimenea ayuda para que los gases de combustión tengan el tiempo de residencia suficiente en las zonas de intercambio de energía. Esto ayuda a disminuir la temperatura de salidas de gases de combustión.

**Reducir las pérdidas de energía en los gases tratando de precalentar el aire de entrada para la combustión o el agua a ser evaporada, tratando de no bajar la temperatura de estos gases hasta el punto de rocío del ácido sulfúrico.**

#### **Recomendaciones calidad de la energía**

- Según el análisis realizado se logra identificar unas condiciones de caídas de tensión, y de variación de voltaje, que según la norma IEEE 519 - 2019 están por fuera de los rangos permitidos.

- Para reducir los efectos de las variaciones de tensión los cuales tiene afectación directa en equipos electrónicos, como computadores, impresoras, sistemas de medición entre otras, se recomienda hacer usos de sistemas de regulación de voltaje.
- Al estar la empresa ubicada en sector rural la probabilidad de descargas eléctricas atmosféricas es mayor por lo tanto se recomienda el uso de corta picos y descargadores de sobretensión, para evitar que equipos electrónicos puedan sufrir daños.
- El factor de potencia por normatividad debe garantizarse por el usuario industrial de 0,9. Se recomienda corregir este factor en algunos equipos.

### **Recomendaciones eficiencia energética y autogeneración**

- Se debe buscar la implementación de un plan de gestión de eficiencia energética, que permita garantizar una gestión de la energía eléctrica y generar cultura de uso racional de la energía en los empleados de la empresa y generar e implementar proyectos en pro de la mejora en estos aspectos.
- Actualmente en Colombia existen proyectos Esco, que permiten generar contratos para la implementación de tecnologías que mejoren rendimientos de eficiencia energética y con el ahorro generado se logra pagar el proyecto.
- Una alternativa para disminuir el costo de la energía eléctrica es realizar un proyecto de integración de sistema solar fotovoltaico, buscando aprovechar los techos como infraestructura para ubicar paneles solares y la energía producida ser inyecta directamente a la red. Este proceso tiene dos posibilidades de realizarse, el primero es con recursos propios de la empresa, y el segundo es por medio de un contrato de compra de energía (Power Purchase Agreement, PPA), con un comercailizador de energía que instala el sistema solar fotovoltaico y le vende el kwh a un precio inferior aproximadamente en un 5 a 15% al que vende el proveedor actual de energía, este tipo de contratos se realizan entre 12 a 25 años donde se fija con costo de la tarifa de energía.
- Alternativa de venta de energía, por medio de instalación solar fotovoltaica. Consumo aproximado diario 217 kWh, para suplir esta necesidad se requiere tener una capacidad instalada en paneles solares aproximadamente de 43 kW, lo que requiere un espacio para instalar los paneles de 340 metros cuadrados.
- Se sugiere instalar una capacidad cercana al 30 % del consumo requerido. Lo cual sería instalar cerca de 13 kW lo que requeriría un área para instalación de 104 metros

cuadrado. Con un costo aproximado de kw instalado de 6 millones de pesos, la instalación para esta capacidad costaría aproximadamente 78 millones de pesos. Con un retorno de la inversión aproximado de 6 a 7 años, y con una vida útil del proyecto aproximado de 25 años.

#### **4. Bibliografía**

- CELSIA. (2018). ¿Cómo se estructuran proyectos de energía solar para empresas? Obtenido de Celsia: <https://blog.celsia.com/new/como-estructurar-energia-solar-empresas/>
- GAMARRA ORTIZ, J. (2016). *Evaluación del impacto ambiental del lactosuero generado en la línea de producción de quesos de la planta de lácteos Huacariz alternativas de mitigación Cajamarca*. UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA.
- Gómez, J., & Sánchez, Ó. (2019). *Producción de galactooligosacáridos: alternativa para el aprovechamiento del lactosuero*. Universidad de Caldas.
- Rodríguez Barrueto, K. (2020). *“PROPUESTA DE MEJORA EN LAS GESTIONES DE CALIDAD Y PRODUCCIÓN PARA INCREMENTAR LA RENTABILIDAD DE UNA FÁBRICA DE PRODUCTOS LÁCTEOS”*. Universidad Privada del Norte.
- Pérez Mayorga, J. (2018). *EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LA EMPRESA DE LÁCTEOS LEITO UBICADA EN EL CANTÓN SALCEDO*. UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI.