

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO



FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA

**PROYECTO FINAL PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERO MECÁNICO**

**“AUDITORÍA ENERGÉTICA DE LAS LÍNEAS
DE PRODUCCIÓN EN LA PLANTA INTEGRAL
DE ELABORACIÓN DE PASTAS
ALIMENTICIAS DE LA EMPRESA
SUCESORES DE JACOBO PAREDES M. S.A.”**

Francisco José Izurieta Sevilla

Sangolquí, 2006 - 02

CERTIFICACIÓN DE LA ELABORACIÓN DEL PROYECTO

El proyecto “AUDITORÍA ENERGÉTICA DE LAS LÍNEAS DE PRODUCCIÓN EN LA PLANTA INTEGRAL DE ELABORACIÓN DE PASTAS ALIMENTICIAS DE LA EMPRESA SUCESORES DE JACOBO PAREDES M. S.A.” fue realizado en su totalidad por el señor Francisco José Izurieta Sevilla, como requerimiento previo para la obtención del título de Ingeniero Mecánico.

Ing. Roberto Gutiérrez
DIRECTOR

Ing. Francisco Terneus
CODIRECTOR

Sangolquí, 2006 - 02 - 10

LEGALIZACIÓN DEL PROYECTO

**“AUDITORÍA ENERGÉTICA DE LAS LÍNEAS DE PRODUCCIÓN
EN LA PLANTA INTEGRAL DE ELABORACIÓN DE PASTAS
ALIMENTICIAS DE LA EMPRESA SUCESORES DE JACOBO
PAREDES M. S.A.”**

ELABORADO POR:

SR. FRANCISCO JOSÉ IZURIETA SEVILLA

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA

**MAYO .DE E. ING. EDAGAR PAZMIÑO
DECANO**

Sangolquí, 2006 - 02 - 10

DEDICATORIA

A mi hermana y a mis padres, a mis amigos y compañeros; todos ellos han sido los pilares durante estos años de estudio y siempre han estado incondicionales brindándome su apoyo para la culminación de mi carrera profesional.

AGRADECIMIENTO

Agradezco inmensamente a la Facultad de Ingeniería Mecánica y a mis profesores, por el apoyo incondicional al compartir sus conocimientos, sobretodo a Roberto y Francisco que han sido parte esencial de este proyecto.

Al deporte y mis entrenadores pues han sido uno de los entes formadores que han aportado en mi vida y mi profesión.

A la familia Sánchez Campos, y todos quienes conforman la empresa Sucesores de Jacobo Paredes M. S.A. que han estado siempre dispuestos a brindar su apoyo incondicional para el desarrollo de este proyecto.

RESUMEN

En las líneas de producción de la planta integral de elaboración de pastas de la empresa Sucesores de Jacobo Paredes M. S.A. se realizó una auditoría energética, con la finalidad de determinar el estado en que la planta consume energía, saber como la aprovecha y como la desperdicia, y de este modo poder establecer un proyecto para corregir estas falencias y mantener un estricto control sobre los consumos energéticos.

Tomando en cuenta datos históricos de producción y consumos se desarrollaron índices de consumo energético para establecer un estado previo inicial y una base comparativa. Se analizó los sistemas de calefacción, sistemas de transporte, sistema lumínico y al sistema de limpieza del molino; de esta manera se determinó que los principales sistemas de consumo energético son los túneles de secado y sus sistemas de calefacción y que donde mayor energía es desperdiciada es en los sistemas de transporte de calor; con este análisis también se encontró que la energía se puede aprovechar de una mejor manera en el túnel de secado de la línea NIDOS.

Se encontraron opciones de mejora tanto en el sistema de transporte de fluido caloportador así como también en el sistema de calefacción NIDOS; por lo demás la empresa tiene un estado de consumo energético considerablemente bueno y las falencias que aumentan los consumos energéticos son debido a la falta de mantenimiento de ciertos equipos.

Las mejoras propuestas incluyen la instalación de recubrimiento de las tuberías de transporte del fluido caliente con aislante térmico de fibra de vidrio. Para el sistema de calefacción del túnel nidos, se propone reemplazar los intercambiadores de calor por radiadores con tubería aletada con el único fin de aumentar el área de transferencia de calor dentro del túnel.

La mejora que propone el proyecto tiene un alto grado de confiabilidad y asegura una recuperación inmediata de la inversión brindando réditos

económicos a partir de los 6 meses de que se implemente la inversión; considerando que la inversión no sobrepasa los 20000 dólares es notable y recalable que el retorno de inversión demás índices económicos son altamente favorables.

Finalmente el proyecto establece mantener un riguroso control de los consumos energéticos, esto con el fin de poder analizar constantemente los resultados y así poder establecer acciones correctivas y preventivas ante posibles daños que puedan afectar directamente a los consumos energéticos, este proyecto también ayudará a establecer un proceso de mejora continua en lo que se refiere a consumo energético.

INDICE

CERTIFICACIÓN DE LA ELABORACIÓN DEL PROYECTO	iii
LEGALIZACIÓN DEL PROYECTO	iv
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTO	vi

CAPITULO 1 GENERALIDADES

1.1 INTRODUCCIÓN	1
1.2 ANTECEDENTES	2
1.3 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA	3
1.4 OBJETIVOS	4
1.4.1 OBJETIVO GENERAL	4
1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	4
1.5 ALCANCE	5

CAPÍTULO 2 INTRODUCCIÓN TEÓRICA

2.1 CARACTERÍSTICAS Y FABRICACIÓN DE PASTAS ALIMENTICIAS	7
2.1.1 MATERIA PRIMA, TRIGOS ESPECIALES PARA LA FABRICACIÓN DE PASTAS.	7
2.1.1.1 AGUA	8
2.1.1.2 SEMOLINA DE TRIGO	9
2.1.1.3 TRIGO	10
2.1.1.3.1 TRIGO DURUM	10
2.1.1.3.2 OTRAS VARIEDADES DE TRIGO	12
2.1.2 MOLIENDA	12
2.1.2.1 LIMPIEZA	13
2.1.2.2 MOLIENDA	14
2.1.3 PASTIFICIO	14
2.1.4 PASTA	15

2.2 ENERGÍA	16
2.2.1 FUENTES DE ENERGÍA	17
2.2.1.1 ENERGIA SOLAR	17
2.2.1.2 ENERGÍA EÓLICA	18
2.2.1.3 ENERGÍA TÉRMICA	18
2.2.1.4 ENERGÍA MAREMOTRIZ	18
2.2.1.5 ENERGÍA GEOTÉRMICA	19
2.2.2 USO RACIONAL DE LA ENERGÍA	19
2.2.3 EFICIENCIA ENERGÉTICA	19
2.2.4 EXERGÍA	20
2.2.4.1 DISPONIBILIDAD	20
2.2.4.2 REVERSIBILIDAD E IRREVERSIBILIDAD	21

CAPÍTULO 3 AUDITORÍA PRELIMINAR

3.1 AUDITORÍA ENERGÉTICA PRELIMINAR. FUNDAMENTOS, OBJETIVOS, BENEFICIOS.	23
3.2 ESPECIFICACIÓN E INSPECCIÓN VISUAL DE LAS INSTALACIONES A AUDITARSE.	25
3.2.1 MOLINO	26
3.2.2 PASTIFICIO	26
3.3 RECOPIACIÓN DE DATOS SOBRE CONSUMOS Y COSTOS DE ENERGÍA EN LA PLANTA.	28
3.3.a CONSUMO ELECTRICO	29
3.3.b CONSUMO DE COMBUSTIBLE DIESEL	30
3.3.1 FORMATOS PARA TOMA DE DATOS.	32
3.3.2 FUENTES ENERGÉTICAS EN LA PLANTA.	36
3.3.2.1 ENERGÍA ELÉCTRICA	36
3.3.2.2 ENERGÍA CALORÍFICA	36
3.3.3 PRINCIPALES SISTEMAS DE CONSUMO ENERGÉTICO.	37
3.4 RESUMEN DEL ESTADO INICIAL.	40

CAPÍTULO 4 AUDITORÍA ENERGÉTICA DEFINITIVA

4.1 AUDITORÍA ENERGÉTICA DEFINITIVA. FUNDAMENTOS, OBJETIVOS, BENEFICIOS.	45
4.1.1 EVALUACIÓN DE INDICADORES DE CONSUMO ENERGÉTICO	46
4.1.1.1 CONSUMO ELECTRICO	47
4.1.1.1.1 CONSUMO ELÉCTRICO GENERAL	48
4.1.1.1.2 CONSUMO ELÉCTRICO INDIVIDUAL	50
4.1.1.2 CONSUMO DE COMBUSTIBLES	55
4.2 MEDICIONES EN LOS EQUIPOS Y SISTEMAS DE CONSUMO ENERGÉTICO IMPORTANTES.	58
4.2.1 REGISTRO DE PÉRDIDAS POR TRANSFERENCIA DE TEMPERATURA.	59
4.2.1.1 PÉRDIDAS TÉRMICAS EN TUBERIAS DESCUBIERTAS	60
4.2.1.2 PÉRDIDAS PARA TUBERÍA CUBIERTA	63
4.2.2 REGISTRO DE ANÁLISIS DE GASES DE COMBUSTIÓN.	69
4.2.2.1 EFICIENCIA DE LA CALDERA	70
4.2.2.2 PERDIDAS POR GASES DE COMBUSTIÓN	71
4.2.2.3 PERDIDAS POR TRANSFERENCIA DE CALOR EN LAS PAREDES DEL CALDERO	78
4.2.3 REGISTRO DE CONSUMOS DE SISTEMAS DE AIRE COMPRIMIDO E ILUMINACIÓN.	81
4.2.3.1 SISTEMA DE AIRE COMPRIMIDO	81
4.2.3.2 SISTEMA DE ILUMINACIÓN	82
4.3 EVALUACIÓN DE DATOS Y DE EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LOS SISTEMAS EN LA PLANTA.	84
4.3.1 PASTIFICIO	84
4.3.1.1 SISTEMA DE ILUMINACIÓN	84
4.3.1.2 SISTEMA DE AIRE COMPRIMIDO	92
4.3.1.3 SISTEMA DE CALEFACCION EN SECADOR NIDOS	93
4.3.2 MOLINO	100
4.3.2.1 SISTEMA DE ELEVACIÓN	100

4.3.2.2 CÁLCULO DE MEJORA EN SISTEMA DE ELEVACIÓN.	102
4.3.2.3 SISTEMA DE MOLIENDA	104
4.3.2.4 SISTEMA DE ABSORCIÓN	104
4.4 PLANTEAMIENTOS DE LAS RECOMENDACIONES SOBRE OPORTUNIDADES PARA LA REDUCCIÓN DE CONSUMOS ENERGÉTICOS.	106
4.4.1 PASTIFICIO	106
4.4.1.1 SISTEMA DE ILUMINACIÓN	106
4.4.1.2 SISTEMA DE AIRE COMPRIMIDO	107
4.4.1.3 SISTEMA DE CALEFACCIÓN NIDOS	107
4.4.2 MOLINO	108
4.4.2.1 SISTEMA DE ELEVACIÓN	108
4.4.2.2 SISTEMA DE MOLIENDA	108
4.4.2.3 SISTEMA DE ABSORCIÓN	108

CAPÍTULO 5 RESULTADOS Y ANALISIS

5.1 NIVEL DE ILUMINACIÓN NATURAL Y ARTIFICIAL EN PLANTA.	111
5.2 PROCESAMIENTO DE INFORMACIÓN Y ANÁLISIS COMPARATIVO DE GASES DE COMBUSTIÓN.	112
5.3 PROCESAMIENTO DE INFORMACIÓN Y ANÁLISIS COMPARATIVO DE PÉRDIDAS TÉRMICAS.	114
5.4 ANÁLISIS INDIVIDUAL DE LÍNEAS DE TRANSPORTE DE AGUA CALIENTE.	114
5.5 ANÁLISIS DE PÉRDIDAS EN SISTEMA DE AIRE COMPRIMIDO DE ACUERDO A LOS PARÁMETROS DE DISEÑO DEL SISTEMA.	116
5.6 EVALUACIÓN DEL FACTOR DE POTENCIA.	116

CAPÍTULO 6 PROYECTO DE IMPLANTACIÓN DE ACCIONES CORRECTIVAS PARA OPTIMIZAR EL USO Y CONSUMO ADECUADOS DE LA ENERGÍA EN LA EMPRESA

6.1 ANÁLISIS Y DETALLE DE LOS PLANTEAMIENTOS A LLEVARSE A CABO PARA LA OPTIMIZACIÓN Y CONTROL DEL CONSUMO RACIONAL DE LA ENERGÍA.	119
6.1.1 IMPLEMENTACIÓN	120
6.1.2 CONTROL	121
6.1.3 ANÁLISIS EVALUACIÓN Y MEJORA CONTINUA	122
6.2 ESTUDIO DE LA PREFACTIBILIDAD TÉCNICA Y ECONÓMICA DEL PROYECTO CONJUNTO.	123
6.3 ESTUDIO DE LA FACTIBILIDAD DEL PROYECTO DE OPTIMIZACIÓN DEL CONSUMO ENERGÉTICO.	126
6.4 INVERSIÓN INMEDIATA.	126
6.5 INVERSIÓN A LARGO PLAZO.	126
6.6 ANÁLISIS COSTO BENEFICIO.	127
6.7 PRESUPUESTO DE LA IMPLEMENTACIÓN.	128
6.8 TASA INTERNA DE RETORNO.	129

CAPÍTULO 7 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 CONCLUSIONES	131
7.2 RECOMENDACIONES	132
RESUMEN	133
ANEXO 1 Recopilación de consumos eléctricos 2004	136
ANEXO 2 Hoja de toma de datos para medidores	137
ANEXO 3 Plano de zonas lumínicas	138
Carta de satisfacción empresarial	140

ANEXO 4 Tablas psicrometricas del aire.	141
ANEXO 5 Formato de inspección de aire comprimido.	144
ANEXO 6 Forma para consumos eléctricos.	145
BIBLIOGRAFÍA	147

TABLAS

Tabla 2.1 Especificaciones del agua potable.	9
Tabla 3.1 Inventario de combustible 2004	31
Tabla 3.2 Registro de consumo individual por líneas de producción [A]	37
Tabla 3.3 Características de compresores.	38
Tabla 3.4 Características de secadores.	38
Tabla 3.5 Consumo de combustible por quincena [gal]	39
Tabla 3.6 Identificación por colores de las zonas lumínicas.	39
Tabla 3.7 Datos e índices de consumos 2004	41
Tabla 4.1 Promedio de consumo anual con indicador, 2004	48
Tabla 4.2 Consumo en molino por quincena con indicador, 2005	48
Tabla 4.3 Consumo en pastificio por quincena con indicador, 2005	49
Tabla 4.4 Consumo eléctrico por quincena con indicador BHÜLER 1000	51
Tabla 4.5 Consumo eléctrico por quincena con indicador Prensa 1000	52
Tabla 4.6 Consumo eléctrico por quincena con indicador BHÜLER 600	53
Tabla 4.7 Consumo eléctrico por quincena con indicador línea NIDOS	54

Tabla 4.8 Producción y consumos de combustible mensual	57
Tabla. 4.9 Pérdida de calor y ahorro en tuberías de transporte de fluido caloportador.	67
Tabla 4.10 Registros de mediciones de emisiones gaseosas.	69
Tabla 4.11 Valores de emisiones gaseosas en unidades controladas por el municipio.	70
Tabla 4.12 Valores de calor sensible de los gases lectura 1.	76
Tabla 4.13 Valores de calor sensible de los gases lectura 9.	77
Tabla 4.14 Poder calórico diesel 2	77
Tabla 4.15 Demanda de aire comprimido por maquinaria.	82
Tabla 4.16 Áreas de zonas lumínicas.	83
Tabla 4.17 Horas de uso de luminarias en la mañana.	84
Tabla 4.18 Colores de identificación de zonas lumínicas.	85
Tabla 4.19 Fórmulas para la altura de luminarias según el tipo de local.	86
Tabla 4.20 Índice de local.	87
Tabla 4.21 Factor de reflexión según el color y la posición.	87
Tabla 4.22 Factor de utilización.	88
Tabla 4.23 Factor de mantenimiento.	88
Tabla 4.24 Calculo lumínico por zonas.	90
Tabla 4.25 Características de compresores de aire.	92
Tabla 4.26 Características de compresores y motores de elevación.	92
Tabla 4.27 Características de ventiladores de succión en el molino.	93
Tabla 4.28 Temperatura del fluido caloportador túnel NIDOS.	94
Tabla 4.29 Características de compresores y motores de elevación	101
Tabla 4.30 Características de ventiladores de succión en el molino.	106
Tabla 5.1 Costo y ahorro comparativo entre lámparas electrónicas e industriales	112
Tabla 5.2 Ahorro en dólares por recubrimiento térmico.	115
Tabla 5.3 Ahorro en dólares por cambio de radiadores en línea NIDOS	115
Tabla 5.4 Ahorro en dólares de factor de potencia.	117
Tabla 6.1 Valores de inversión y de beneficios.	127
Tabla 6.2 TIR y Flujo de caja anual.	129

FIGURAS

Figura 2.1 Planta de trigo	10
Fig. 3.1 Historial de consumos eléctricos por horarios tarifarios en el molino	29
Fig. 3.2 Historial de consumos eléctricos por horarios tarifarios en el molino	30
Fig. 3.3 Historial de consumo de combustible.	32
Fig. 3.4 Formato para toma de datos de consumo de combustible.	33
Fig. 3.5 Formato para toma de datos de configuración de radiadores.	35
Fig. 3.6 Historial de consumo eléctrico, 2004	42
Fig. 3.7 Historial de producción, 2004	42
Fig. 3.8 Gráfica del índice de productividad para el 2004	43
Fig. 4.1 Grafica de índice de consumo eléctrico por quincena, 2005	49
Fig. 4.2 Gráfica del indicador de consumo quincenal BHÜLER 1000	51
Fig. 4.3 Gráfica del indicador de consumo quincenal Prensa 1000	52
Fig. 4.4 Gráfica del indicador de consumo quincenal BHÜLER 600	53
Fig. 4.5 Gráfica del indicador de consumo quincenal línea NIDOS	54
Fig. 4.6 Gráfica comparativa del consumo de combustible, 2004 - 2005	55
Fig. 4.7 Gráfica del consumo mensual de combustibles por caldero	58
Fig. 4.8 Tubería de transporte de fluido caloportador, descubierta	60
Fig. 4.9 Tubería de transporte de fluido caloportador, cubierta	63
Fig. 4.10 Caldero de agua Cleaver Brooks.	78
Fig. 4.11 Distribución de zonas lumínicas en la planta.	86
Fig. 4.12 Radiador grande no aleteado	93
Fig. 4.13 Radiador pequeño no aleteado	94
Fig. 4.14 Eficiencia de aletas circulares	99

NOMENCLATURA

A	Área
a	Ancho del local
A/C	Relación aire combustible
Ah	Ahorro
b	Largo del local
CB	Indicador Costo Beneficio
Cons,con	Consumo
Cp	Calor específico
Cs	Calor sensible
D,d	Diámetro
E	Eficiencia, Energía, nivel de iluminación requerido
EfN	Eficiencia Neta
eM	Elevación mecánica
fm	Factor de mantenimiento de luminarias
Fp	Factor de potencia
h	Altura, coeficiente de convección
I	Irreversibilidad, Intensidad de corriente
K,k	Coeficiente de conductividad térmica, índice de local
L	Lectura, Longitud
Mej	Mejora, Ahorro
Mol	Número de moles
N	Número de luminarias
Nag	Número de aletas en radiador grande
nal	Número de aletas
Nap	Número de aletas en radiador pequeño
P	Potencia, Potencia instalada, Pérdidas
P	Presión

Q	Calor
R,r	Radio, Resistencia
Re	Número de Reynolds
T,t	Temperatura, tiempo
TIR	Tasa interna de retorno
Trig	Flujo de trigo
Nu	Número de Nusselt
V, Vol	Velocidad, Volumen
W	Trabajo
η	Coeficiente de utilización, Eficiencia

CAPITULO 1

GENERALIDADES

1.6 INTRODUCCIÓN

La conservación energética es un concepto que está ligado directamente a las buenas prácticas industriales; entre estas encontramos que el sistema de control de consumo energético representa una etapa muy importante en el funcionamiento de una organización para poder controlar sus consumos y sus gastos, pues los gastos más importantes están relacionados con la energía eléctrica; por lo que las empresas ponen mucha atención a este tipo de consumos haciendo méritos para evitar desperdicios y consumos innecesarios.

En el Ecuador, debido a aranceles adicionales suscritos a los consumos eléctricos se tiene un costo energético mayor al de países vecinos, además debido a ciertos tratados internacionales a los cuales el Ecuador pretende incorporarse, las industrias nacionales se han visto obligadas a evaluar sus debilidades con respecto a industrias extranjeras, teniendo como resultado que deben mejorar y accionar en ciertos campos específicos y mejorar su competitividad.

El tema del consumo energético se ha visto envuelto a diario en una revolución temática y teórica tomando fuerza en lo que se refiere a la nueva industria pues reducir consumo y contaminación son las prioridades de las políticas internacionales, de modo que se ha tornado en un tema de actualidad entre industriales y administradores tanto en el país como en el mundo.

Es así que organizaciones mundiales y varios países, incluido el Ecuador, han desarrollado y puesto en marcha programas especiales para la concienciación de la población en el uso racional y eficiente de la energía, con

el principal objetivo de mejorar la calidad de vida humana y mantener un balance entre la naturaleza y el desarrollo tecnológico.

1.7 ANTECEDENTES

Sucesores de J. Paredes M. S.A. es una empresa familiar, constituida en Noviembre de 1968 con el fin de suplir y complementar la producción de la planta matriz en la ciudad de Ambato. La empresa cuenta con una planta industrial de tipo integral, pues consta con un molino de trigo y con un pastificio, integrados en el mismo proceso de producción. Esta planta se encuentra en la Avenida Maldonado 10049 y calle Cusubamba en el sur de la ciudad de San Francisco de Quito.

La empresa se dedica al negocio de la fabricación de pastas, y harinas alimenticias; en la actualidad posee aproximadamente un 25 por ciento del mercado nacional y tiene un nicho de mercado internacional puesto que mantiene exportaciones a Colombia y Estados Unidos.

La planta de fabricación esta compuesta de un molino, el cual consta principalmente de los silos de almacenamiento de trigo, el sistema de limpieza de trigo, el sistema de molienda y los silos de almacenamiento de harina; a partir de estos silos, el molino se integra con el pastificio, y por transporte neumático, se envía la harina a los silos del pastificio. El pastificio cuenta con cuatro líneas de producción: la línea para pasta de tipo NIDOS, la línea de pasta larga, dos líneas para pasta corta, de 1000 y 600 Kg./h de capacidad cada una; por último con cinco empaquetadoras.

El molino consume aproximadamente el 60 % de la energía eléctrica, y el pastificio tiene un consumo de energía calorífica generada por dos calderos, el fluido caloportador es agua caliente entre los 90 y 120 grados centígrados; el mayor consumo de la energía calorífica generada se consume en la línea 1000

y en la línea 600, sin embargo en la línea NIDOS también existe un alto consumo por la gran cantidad de pérdidas energéticas.

Tras la ejecución del proyecto, la empresa Sucesores de Jacobo Paredes M. S.A. será quien se beneficie por los resultados obtenidos, pues se podrá determinar los principales focos de ahorro energético y se obtendrá una base cuantificada para implementar el sistema de control de consumo energético, principal objetivo a cumplir para el crecimiento estratégico de la organización y una extensión de los mercados a base de ser más competitivos a nivel internacional.

1.8 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

La planta integral de producción de pastas alimenticias de la empresa Sucesores de Jacobo Paredes M. S.A. tiene la necesidad de realizar una auditoría energética con el fin de conocer la forma en que se utilizan los recursos energéticos y además necesita aprovechar de una manera óptima estos recursos, de tal forma que se logren reducir los costos de fabricación, y a su vez conocer el estado de la maquinaria y los equipos que se usan.

Una adecuada utilización de los recursos energéticos permite a una empresa mantener un control sobre la utilización de los mismos y así asegurar un ahorro constante, de manera que se puede establecer políticas de conservación de estos recursos, donde se manejen procedimientos y estándares adecuados para la utilización de los mismos.

Para la implementación de políticas de control de consumo energético, es necesario tener una base fundamentada de los estados actuales de la planta para que a partir de esto se pueda establecer objetivos y acciones para una planificación de los proyectos de control; siendo esta la idea fundamental de este proyecto, que tiene como mira establecer los puntos críticos donde se

deberá accionar para tener un proyecto de ahorro energético de alta solvencia y confiabilidad.

El Ministerio de Energía y Minas de la República del Ecuador, a través de la CONAE (Comisión Nacional para el Ahorro de Energía) ha puesto en marcha el proyecto denominado Programa Nacional de Ahorro de Energía, el mismo que tiene como finalidad: “Dar un servicio eficiente y crear una nueva cultura de uso racional de energía que ayude a preservar nuestros recursos naturales, mejorar la economía familiar y proteger el medio ambiente”.

Sucesores de Jacobo Paredes M. S.A. conciente de la importancia de este programa, se une a la filosofía nacional por un uso racional de la energía realizando como plan piloto esta auditoría de la situación energética de sus instalaciones.

1.9 OBJETIVOS

1.9.1 Objetivo General

Diagnosticar la situación energética actual de la planta integral de producción de pastas alimenticias de Sucesores de Jacobo Paredes M. S.A., comprendida por el molino y el pastificio; de manera que a partir de los resultados de esta evaluación se implementen acciones correctivas para una inmediata reducción de los consumos energéticos.

1.9.2 Objetivos Específicos

- Obtener índices de los consumos energéticos de cada una de las líneas de producción en la empresa Sucesores de Jacobo Paredes M. S.A., que sean representativos para la evaluación de consumos así como en KWh / Kg de producción en sistemas eléctricos.

- Determinar los sistemas y subsistemas de principal consumo y ahorro de energía en cada línea de producción.
- Elaborar un proyecto de implementación final para el control del consumo energético a partir de los resultados y las recomendaciones.
- Evaluar la factibilidad económica del proyecto final a fin de determinar la tasa de retorno de inversión.

1.10 ALCANCE

Al realizar el presente proyecto, se obtendrá un diagnóstico específico y definitivo del sistema energético actual de la planta integral de producción de pastas alimenticias de Sucesores de Jacobo Paredes M. S.A., Así como también se podrá disminuir la contaminación que se tiene en los calderos al optimizar su funcionamiento y por sobre todo se planteará un proyecto de implementación de las alternativas más viables para la optimización y el control del uso de la energía.

La principal finalidad del presente proyecto es establecer un estudio enfocado a determinar el estado en que se encuentran las líneas de producción y sus sistemas, además de los sistemas de la planta de: aire comprimido, iluminación y calderas; principalmente en el ámbito de la eficiencia energética.

Este estudio energético nos llevará a saber cuáles son las fallencias que se tiene en los distintos sistemas debido a varios factores: deterioro de las líneas, falta de aislamiento térmico, equipos obsoletos, fugas, pérdidas de aire y calor.

Finalmente luego de haber realizado este estudio se procederá a proponer un proyecto de implementación de las mejores alternativas para mejorar la eficiencia e incrementar la capacidad productiva de la planta.

CAPÍTULO 2

INTRODUCCIÓN TEÓRICA

2.3 CARACTERÍSTICAS Y FABRICACIÓN DE PASTAS ALIMENTICIAS

La pasta es una masa, elaborada con harina de trigo y agua, puede contener saborizantes como leche, huevos, salsas de verduras, entre otros; puede encontrarse en varias presentaciones desde pasta corta extruída, laminada ó troquelada, hasta pasta larga igualmente extruída ó laminada.

La fabricación de pastas es un proceso que tiene mas de mil años de antigüedad, es así que la tecnología para los procesos que intervienen ha evolucionado continuamente a pasos agigantados conjuntamente con el crecimiento de la población mundial; las pastas alimenticias son productos elaborados a base de trigos, y conforman la base de la dieta humana que forjó el desarrollo de la humanidad debido a su alto contenido nutricional.

2.3.1 MATERIA PRIMA, TRIGOS ESPECIALES PARA LA FABRICACIÓN DE PASTAS.

La fabricación de pasta consiste principalmente en mezclar harina con agua, siendo estas las principales materias primas de la pasta, pueden usarse materias que den un valor agregado, como lo son salsas saborizantes especiales, a continuación analizaremos las principales materias primas.

2.1.1.1 AGUA

El agua para la elaboración de pastas alimenticias, según la norma INEN 1375 1985-12, debe ser agua potable es decir debe haber sido tratada a fin de garantizar su aptitud para el consumo humano y su uso domestico, para esto debe cumplir ciertas especificaciones (Ver Tabla 2.1). El agua potable de la ciudad de Quito cumple estos requisitos en su totalidad, por lo tanto se la obtiene directamente de la red, además por controles internos de calidad, la empresa realiza muestreos trimestrales para análisis microbiológicos, esto garantiza la potabilidad del agua que se utiliza para la elaboración de las pastas en la empresa.

Tabla 2.1 Especificaciones del agua potable.

REQUISITOS	UNIDAD	Límite deseable	Límite máximo permisible
Color	Unidades escala Pt - Co	5	30
Turbiedad	FTU turbiedad formazina	5	20
Olor	--	ausencia	ausencia
Sabor	--	inobjetable	inobjetable
pH	--	7 - 8, 5	6.5 - 9.5
Solidos totales disueltos	mg / l	500	1000
Manganeso	mg / l	0,05	0,3
Hierro	mg / l	0,2	0,8
Calcio	mg / l	30	70
Magnesio	mg / l	12	30
Sulfatos	mg / l	50	200
Cloruros	mg / l	50	250
Nitratos	mg / l	10	40
Nitritos	mg / l	cero	cero
Dureza CaCO ₃	mg / l	120	300
Arsenico	mg / l	cero	0,05
Cadmio	mg / l	cero	0,01
Cromo	mg / l	cero	0,05
Cobre	mg / l	0,05	1,5
Cianuros	mg / l	cero	cero
Plomo	mg / l	cero	0,05
Mercurio	mg / l	cero	cero
Selenio	mg / l	cero	0,01
ABS	mg / l	cero	0,2
Fenoles	mg / l	cero	0,001
Cloro libre residual	mg / l	0,5	0.3 - 1
Coliformes totales	NMP/100 cm ³	ausencia	ausencia
Bacterias aerobias totales	colonias/cm ³	ausencia	-30
Estroncio 90	Pc/l	ausencia	8
Radio 226	Pc/l	ausencia	3
Radiación total	Pc/l	ausencia	1000

INEN 1375 1985-12

2.1.1.2 SEMOLINA DE TRIGO

Semolina se denomina generalmente a la mezcla de sémola (tamaño de grano sobre los 250 micrones), con harina (tamaño de grano entre los 100 y 150 micrones); generalmente se obtiene sémola tras un proceso de tamizado de harina fina. Para obtener la semolina se realiza una mezcla controlada de sémola con harina. Las mejores pastas en el mundo están hechas con sémola de trigo Durum.

2.1.1.3 TRIGO



Figura 2.1 Planta de trigo

El trigo es un cereal de la familia de las gramíneas y es una planta anual, es decir requiere de las 4 estaciones para su mejor crecimiento y cultivo, pero a través de los años se han desarrollado nuevas especies que ahora se clasifican en especies de invierno y de verano, de esta manera se ha podido optimizar la producción, mas existen variedades de especial calidad que todavía requieren todas las estaciones, un ejemplo de esto es el trigo Durum que por sus características físicas es preferido para la fabricación de pastas.

2.1.1.3.1 TRIGO DURUM

Su nombre científico es *Triticum turgidum durum* y es la única variedad de trigo de cuatro cromosomas que en la actualidad se cultiva en el mundo; El trigo durum es la variedad más dura de trigo por su alto contenido de proteína y gluten, lo que le hace ideal para la fabricación de pastas alimenticias.

La mayor cantidad cultivada de trigo durum es de tipo amber - durum, esta variedad se caracteriza por su coloración ámbar, que da el color característico de la pasta y una longitud de grano mayor que la de otros trigos.

El trigo Ámber Durum es la principal materia prima para la elaboración de pastas debido a ser una variedad especial con características únicas que hacen que el trigo al ser molido no se triture en partículas extremadamente pequeñas y que de esta manera se pueda aprovechar al máximo el trigo en la molienda, pues el tamaño de grano óptimo de la sémola es 300 micrones mucho mayor que los 150 micrones que es considerado harina. Adicionalmente esta variedad permite que la pasta tenga una coloración y una dureza que le transfiere la alta calidad definida exactamente por los italianos tras ser cocida con el famoso termino “al dente”.

El trigo durum es especialmente cultivado en regiones que gozan de las cuatro estaciones, pues es una gramínea de invierno; al Ecuador es importado desde Canadá, Estados Unidos, Europa, Argentina, entre otros. El trigo se descarga de los tanques especiales de los barcos en camiones graneleros, los cuales lo transportan hacia las instalaciones de Sucesores de Jacobo Paredes M. S.A. en Quito, donde es descargado por debajo del camión y por sistemas de transporte de bandas mecánicas y elevación de cangilones pasa a ser almacenado en silos de acero inoxidable, donde reposará por unos días previo a la molienda.

2.1.1.3.2 OTRAS VARIEDADES DE TRIGO

Existen otras variedades de trigo, pero especialmente se las define por el color y la dureza de su grano, así podemos encontrar:

- Hard Red Spring – Trigo de tipo duro, de coloración café, rico en proteínas, utilizado para la preparación de pan y masas horneadas.
- Hard Red Winter - Trigo de tipo duro, de coloración café, rico en proteínas, utilizado para la preparación de pan y masas horneadas y como complemento proteínico en harinas de otros trigos.
- Soft Red Winter – Trigo suave, de coloración café con un nivel medio de contenido proteínico, generalmente utilizado para elaboración de pan.
- Hard White – Trigo duro de coloración blanca pero opaca, con un nivel medio de contenido proteínico, es cultivado generalmente en ambientes secos y es utilizado generalmente para pan.
- Soft White – Trigo suave de color claro y de bajo contenido proteínico, es cultivado en climas húmedos y es usado generalmente para pan.

2.3.2 MOLIENDA

El proceso de molienda esta compuesto de dos partes principales, la limpieza y la molienda en si; dentro del proceso de limpieza hay varias etapas pues se limpia tanto el trigo como la harina y los afrechos.

2.1.2.1 LIMPIEZA

La limpieza se realiza en varias etapas; iniciando por transportar el trigo desde los silos de almacenamiento hasta los silos de trigo sucio, donde se controla la cantidad de trigo que ingresa al molino para ser lavado, seguidamente se procede con la primera limpieza de trigo, esta es una etapa de varios procesos donde se separa principalmente todos aquellos elementos ajenos a un grano de trigo, es decir cualquier otro tipo de grano, como pueden ser arroces, arvejas, maíces, entre otros, de igual manera se separa todo tipo de minerales, empezando por aquellos de origen metálico, que son separados a través de un magneto, hasta minerales pétreos; además se tiene una separación de polvo, cascarilla, insectos y todo elemento más liviano que un grano de trigo; todo esto se hace con separadores cuyo principio de funcionamiento es de peso específico. Para terminar la primera limpieza se realiza una humectación controlada electrónicamente, con el fin de suavizar el grano para el momento de la molienda.

Al finalizar la primera limpieza el trigo pasa a ser almacenado en silos llamados de trigo limpio, donde reposará por varias horas hasta pasar al segundo proceso de limpieza.

La segunda limpieza es un proceso en el que se prepara al trigo para el proceso de molienda, este proceso inicia con una despuntadora cuyo objetivo es restregar el trigo para obtener una máxima limpieza desprendiendo impurezas como polvo, arena, terrones e incluso reduciendo el porcentaje microbiano y la cantidad o fragmentos de insectos; seguidamente, el trigo pasa nuevamente por un proceso de separación de elementos livianos, para separar toda aquella partícula que pudo desprenderse en el proceso anterior, por último se controla mediante una balanza la cantidad de trigo que pasa al proceso de molienda, y previo al proceso de molienda se pasa el trigo por un magneto para evitar que cualquier elemento metálico que pudo desprenderse o ser pasado por alto llegue a los cilindros de molienda.

2.1.2.2 MOLIENDA

El proceso de molienda se inicia en el banco T1 que es la primera trituración que experimentan los granos de trigo, aquí se rompe el grano en aproximadamente la mitad, pero también se obtienen granos más pequeños producto del desprendimiento y el impacto. Inmediatamente el producto pasa a tamices de diferentes tamaños de orificio que se encuentran en los Plansifters, todo grano que no llegue al tamaño ideal, vuelve a otro banco de molienda para ser sometido nuevamente a una trituración, y este ciclo se da hasta que los granos cumplan con el tamaño requerido; paralelo a este ciclo se tiene el proceso de limpieza de sémola, aquí se separa la sémola de la harina y del afrecho; además existe otro proceso paralelo que lo que hace es cepillar al afrecho para optimizar la cantidad de harina y reducir los desperdicios.

2.3.3 PASTIFICIO

El pastificio son todas las instalaciones donde a partir de sémola, harina ó semolina se elaboran pastas alimenticias; existen varios tipos de pasta y varios procesos para su elaboración, de esta manera se obtienen pastas secas y pastas frescas ó pastas cortas y pastas largas, e incluso pasta blanca y pasta amarilla; todo esto en una variedad de formatos, sabores y calidad.

El pastificio en si esta comprendido por varios equipos que conforman el proceso, inicia por silos de semolina, los cuales distribuyen esta materia prima a cada una de las líneas de producción, en cada línea se encuentra un dosificador, el cual regula el flujo de agua y semolina para que se de una mezcla ideal en la amasadora, en este equipo se amasa el producto por aproximadamente 10 minutos para a continuación ser conformada en distintos tipos de pasta y de formato.

Hay dos tipos de pastas definidas por sus procesos, estos son: pasta blanca ó laminada y pasta amarilla o extruída. Luego del proceso de conformación las pastas pueden ser empacadas y serán clasificadas como pastas frescas, ó pueden ser sometidas a un proceso de extracción de humedad, estas son las pastas secas, los túneles de secado son cámaras de transporte continuo, donde el producto es sometido a altas temperaturas para extraer su contenido de humedad; para garantizar la conservación de una pasta seca, esta deberá poseer un contenido de humedad menor al 13% en peso.

El siguiente proceso es el empacado, donde la pasta puede empacarse en diferentes presentaciones de acuerdo al mercado al que se dirige; luego el producto pasa al almacenaje ó bodegaje y por ultimo a la distribución y la venta.

2.3.4 **PASTA**

Recibe el nombre de pasta toda masa elaborada de harina purificada o desalvada, que puede estar conformada en diferentes tamaños y formatos, generalmente a la pasta se la asocia con comida italiana, debido a que pastas de otros granos como el arroz, reciben nombres orientales.

Hay dos tipos de pastas definidas por sus procesos, estos son: pasta blanca ó laminada y pasta amarilla o extruída, la primera es sometida a un proceso de laminación, es decir es forzada a pasar por varios rodillos conformadores, hasta que esta forme una lámina o tela de un determinado espesor, seguidamente pasa a ser moldeada, ya sea por estampado o por recorte, de esta manera se obtendrá pasta corta o pasta larga respectivamente.

La pasta amarilla o extruída es sometida a un proceso de extrusión a altas presiones, se la obliga a atravesar por pequeños orificios los cuales definen su

forma, luego se corta la pasta de acuerdo al tamaño deseado y esto define si es pasta corta o pasta larga.

Por otra parte existe la pasta larga o la pasta corta, pasta larga es todo formato que tiene una longitud mayor a 20 centímetros, pero pueden estar enredados, este es el caso de los nidos o los glutenados, pero también las podemos encontrar completamente rectas como es el caso de los spaghettis. La pasta corta puede presentar varios formatos, en este grupo encontramos desde los macarrones y lazos hasta las famosas letras y figuritas.

2.4 **ENERGÍA**

La energía es uno de los recursos más importantes en la vida del ser humano, la energía se define como la capacidad para hacer o llevar a cabo un trabajo o un proceso, existen varios tipos en que la energía se manifiesta, esto es calor, luz, sonido, electricidad, energía química entre otras, pero la energía generalmente se la utiliza para crear movimiento, que es el recurso maspreciado por el hombre.

La energía en el planeta esta presente de las maneras ya nombradas, pero para el uso humano, se la transforma a través de varios procesos en energía eléctrica para poder ser transportada más fácilmente. Por esto la mayoría del consumo energético esta definido como el consumo eléctrico.

2.4.1 FUENTES DE ENERGÍA

En el mundo existen varias fuentes de energía, siendo la energía solar la principal en el mundo, ya que gracias al sol existe vida en el planeta tierra, además que por el sol el planeta mantiene su temperatura y su equilibrio en el espacio. Existen muchas otras fuentes de energía, todas son conocidas por la humanidad como fenómenos ó recursos naturales.

Para poder aprovechar la energía el hombre ha utilizado métodos y ha desarrollado tecnología para transportarla y poder distribuirla y aprovecharla; la mejor manera que se ha desarrollado hasta el momento es transformar la energía en energía eléctrica, ya que esta puede ser transportada fácilmente grandes distancias a través de cables conductores. Adicionalmente se han desarrollado varios tipos de tecnologías para poder transformar los distintos tipos de energías en electricidad, y así poder transportarla, explotarla y utilizarla de una manera más eficiente.

2.2.1.1 ENERGÍA SOLAR

La energía solar es energía calorífica, cuya fuente es el sol, que es una masa candente de gases producidos por explosiones nucleares que se generan por reacciones en su interior, estas explosiones generan una gran cantidad de calor y de luz; esta energía se demora cerca de 7 millones de años en llegar a la tierra. La temperatura en la superficie del sol esta alrededor de 5762 °K y en su interior es cerca de $40 \cdot 10^6$ °K

2.2.1.2 ENERGÍA EÓLICA

La energía eólica es aquella que está presente en las corrientes de aire que se movilizan en nuestro planeta, estas corrientes son aprovechadas para mover o desplazar alabes que impulsan engranajes con el fin de transmitir esta energía y transformarla en energía motriz, así se han desarrollado aplicaciones como son los molinos y los generadores eólicos.

2.2.1.3 ENERGÍA TÉRMICA

La energía térmica es la que encontramos generalmente tras una reacción química como la combustión. Existen varias reacciones para las cuales el ingenio humano ha desarrollado varias tecnologías, siendo el motor de combustión interna una de las principales.

2.2.1.4 ENERGÍA MAREMOTRIZ

La energía maremotríz esta concentrada en las mareas, en el oleaje y en las corrientes de los mares; el movimiento de las aguas marítimas tiene mucha energía concentrada, lastimosamente es muy difícil y muy caro poder aprovecharla puesto que las corrientes no tienen una dirección constante, además las características corrosivas del agua de mar, hacen que los materiales utilizados sean de muy alta calidad y además que tengan que ser reemplazados a periodos muy cortos de funcionamiento.

2.2.1.5 ENERGÍA GEOTÉRMICA

La energía geotérmica, como su nombre lo indica, esta concentrada en las capas geológicas de la tierra y esta presente gracias a la actividad nuclear que todavía existe en el centro del planeta, la actividad tectónica, terremotos y erupciones volcánicas, son manifestaciones de este tipo de energía.

2.4.2 USO RACIONAL DE LA ENERGÍA

El uso racional de la energía es una filosofía de consumo energético la cual implica varios factores de consumo, desde un uso moderado y consciente de la energía eléctrica en casas, oficinas y demás localidades, hasta un uso de equipos de bajo consumo, donde se puede encontrar desde luces ahorradoras hasta motores eléctricos de alta eficiencia; toda esta reducción de los consumos es debido que al mantener la demanda al mínimo nivel, se necesitará una mínima generación, y de esta manera se reducirá la contaminación ambiental y se optimizarán los recursos, con el fin de conservar de mejor manera el planeta.

2.4.3 EFICIENCIA ENERGÉTICA

El desarrollo de la eficiencia energética se vincula con la calidad de la demanda así como con el desarrollo de las fuentes de energía renovables y está relacionado con la oferta a través de la calidad y sustitución de fuentes convencionales. Sin embargo, ambas temáticas tienen efectos comunes por su impacto, refiriéndose al impacto en el medio ambiente, dado que ambas contribuyen a la mitigación de los gases de efecto invernadero (GEI), en especial el CO₂.

La eficiencia energética se refiere principalmente a los consumos donde se evalúa si la energía está siendo bien utilizada y aprovechada o simplemente desperdiciada; esto se puede ver claramente en ciertas oficinas en las noches, pues suele suceder que las luces quedan encendidas toda la noche, pero el caso es que nadie está haciendo uso de el trabajo lumínico que está haciendo la electricidad, es decir la electricidad se está desperdiciando por aproximadamente 8 horas, esto realmente es un gasto fuerte e innecesario.

2.4.4 EXERGÍA

Se conoce como exergía a toda aquella energía útil, disponible, o transformable en trabajo, para ello se debe entender los conceptos de reversibilidad e irreversibilidad.

Se trata, en definitiva, de comparar en cualquier proceso de transformación de energía al trabajo realmente obtenido frente al trabajo teórico ó máximo obtenible. Finalmente se trata de un análisis de un uso energético racional, de esta manera al analizar la exergía en un sistema se evalúa la economía energética que se maneja, ya sea esta energía eléctrica o térmica.

2.2.4.1 DISPONIBILIDAD

La disponibilidad de un sistema está definida como el trabajo máximo útil que se pueda obtener de una combinación entre el sistema en evaluación y sus alrededores durante el proceso de equilibrio entre el sistema y su entorno. Así la energía disponible está netamente ligada a la cantidad de trabajo reversible.

2.2.4.2 REVERSIBILIDAD E IRREVERSIBILIDAD

La irreversibilidad esta definida como todo el trabajo que se genera pero no es útil ó que no puede ser utilizado, mas este trabajo esta presente realmente en el sistema y participa e interfiere. Existe otro concepto para explicar la irreversibilidad, este considera que toda energía irreversible es perdida o es la destrucción de la exergía; es decir, la energía que puede ser utilizada simplemente se manifiesta en el sistema de alguna manera en que no es útil para el proceso (mezcla, fricción, turbulencia, etc.) o simplemente se presenta para difundirse en formas de energía no utilizables (calor, ondas, ruido, etc.).

De esta manera el trabajo reversible es la cantidad máxima del trabajo útil que puede obtenerse cuando un sistema cambia entre dos estados, inicial y final; cuando el estado final es igual al punto muerto, es decir que el sistema esta en equilibrio con su entorno, ahí el trabajo irreversible es igual a la exergía, es decir, la irreversibilidad es la diferencia entre el trabajo reversible y el trabajo útil.

$$I = W_{rever} - W_{útil} \quad (\text{Ec. 2.1})$$

CAPÍTULO 3:

AUDITORÍA PRELIMINAR

3.5 AUDITORÍA ENERGÉTICA PRELIMINAR. FUNDAMENTOS, OBJETIVOS, BENEFICIOS.

Una auditoría, como la misma palabra lo indica es un proceso de revisión e inspección de lo que entra y de lo que sale en un sistema, tomando en cuenta la optimización y uso del producto dentro del sistema; en este caso se realizará un análisis de la energía que se consume y de la energía que realmente se utiliza; haciendo una analogía, se puede comparar a la auditoría energética con un balance de energía, solamente que los límites del sistema se extienden y el sistema se volverá siempre mas complejo, de manera que se deben hacer varias consideraciones y subdivisiones de los sistemas.

La auditoria preliminar es el primer paso para entrar en una política de gestión y ahorro energético y principalmente consiste en realizar un registro de que energía se utiliza, cuanto se utiliza, donde se la utiliza y cuanto cuesta, para así poder establecer ciertos índices de consumo y poder establecer un estado inicial del sistema a auditar.

El objetivo principal de realizar una auditoría es establecer los costos de los distintos tipos de energía que se utilizan, y poder determinar los puntos donde esta energía es desperdiciada, para de esta manera poder actuar sobre ellos y poder reducir dichos consumos energéticos a lo estrictamente necesario.

Los fundamentos de la auditoría energética son los mismos de una auditoría económica financiera, es decir los dos buscan los puntos donde el

sistema falla o ha fallado en algún momento, con el objetivo de eliminar esta falla ó que dicha falla no vuelva a presentarse.

Los fundamentos de una auditoría energética, están establecidos en los principios de la inspección y búsqueda minuciosa de eventuales fallos de aplicaciones técnicas en lo que se refiere a materia energética, pues se busca focos de exagerado consumo energético, los cuales pudiesen registrar un menor consumo.

Los objetivos de realizar una auditoría energética son varios, el principal es encontrar la cantidad de energía que se consume y estimar una cantidad de energía que se debería consumir, de tal manera que se pueda establecer un posible ahorro tras la implementación de ciertas acciones correctivas. La realización de una auditoría energética, también lleva como objetivo entrar a un proyecto de mejora continua de la planta y de sus equipos, esto a través de un cambio paulatino hacia una tecnología de equipos de poco consumo y de alta eficiencia energética, esto es un proyecto a largo plazo que muchas veces no es perceptible; razón por la cual se deben establecer varios índices de consumo energético, que nos puedan ayudar a comparar un estado a un tiempo determinado de un estado inicial del proyecto.

Como beneficio se puede denotar que una auditoría brindará la capacidad de mantener bajo control a los consumos energéticos, y la empresa podrá darse cuenta si sus consumos mensuales han salido de los rangos estadísticos, pudiendo analizar el historial en busca de posibles efectos especiales y corregirlos; incluso se pueden detectar ciertos consumos que faciliten la detección de fechas de mantenimientos en motores eléctricos, etc.

3.6 ESPECIFICACIÓN E INSPECCIÓN VISUAL DE LAS INSTALACIONES A AUDITARSE.

Como primer paso de una auditoría preliminar, las instalaciones deben ser minuciosamente analizadas e inspeccionadas en búsqueda de posibles fugas o focos de consumos, los cuales puedan ser solucionados inmediatamente; por otra parte el auditor debe familiarizarse con las instalaciones, aprender su funcionamiento, de modo que pueda evaluar su eficiencia y poder sugerir cambios.

Las líneas a auditarse están aparentemente en un buen estado mecánico, su funcionamiento es normal, trabajan las 24 horas al día los 365 días al año excepto feriados. Las líneas que se caracterizarán y estudiarán son:

MOLINO

- Limpieza
- Molienda
- Absorción y limpieza

PASTIFICIO

- Línea Nidos
 - Intercambiadores de calor
 - Pérdidas en tuberías desnudas
- Línea B-1000
 - Conjunto global
- Línea B-600
 - Conjunto Global
- Línea Spaghetti
 - Pérdidas en tuberías desnudas

3.6.1 MOLINO

- Proceso de limpieza
- Proceso de molienda
- Proceso de absorción y limpieza

El molino en si tiene un diseño de planta muy especial y muy técnico, con respecto a focos visuales de desperdicios de energía, no se ha podido encontrar alguno. En lo que respecta a la elevación de trigo por sistema neumático en la limpieza de trigo, se pudo ver a simple vista que representaría un ahorro cambiar este sistema por uno mecánico que funcione con canjilones, el cambio sería aproximadamente de un motor de 10 HP a tres motores individuales de 1.5 HP, esto representaría un gran ahorro por lo que durante el transcurso de este estudio se realizará este ajuste, y se lo tendrá en cuenta para el estudio de inversión y una evaluación de la reducción del consumo que esta fase del proyecto conlleve.

En el proceso de molienda podremos ver varios sistemas que funcionan con poleas, el poder evaluar la eficiencia de estas poleas es vital para poder compararlos con algún sistema de transmisión de potencia alternativo.

Por ultimo en el proceso de absorción, que es un proceso paralelo a la limpieza y molienda, se debe realizar un análisis del consumo de los ventiladores, evaluando si estos consumos y las velocidades de funcionamiento están de acuerdo a lo planteado en el esquema de diseño, y así detectar el estado de estos sistemas de aire.

3.6.2 PASTIFICIO

- Línea Nidos
 - Intercambiadores de calor
 - Pérdidas en tuberías desnudas

La línea de nidos es una línea que data de los años 70, esta línea claramente presenta una construcción antigua y su sistema de transmisión de calor es de un diseño antiguo, los radiadores para entregar el calor dentro del túnel son tubulares no aleteados y se registran varias pérdidas en la tubería descubierta, por otra parte cuando se producen los formatos de pasta blanca o glutenados, se utiliza solamente el 50 por ciento de la capacidad de los telares, por lo que la línea queda subutilizada y el costo de producción aumenta.

- Línea 1000
 - Conjunto global

Esta línea de producción tiene un alto grado de tecnología y automatización y sus sistemas son completamente eficientes, es de esta manera que no se han encontrado focos de ahorro energético.

- Línea Spaghetti
 - Pérdidas en tuberías desnudas
 - Conjunto global

En esta línea el principal foco de desperdicio energético es la falta de recubrimiento aislante en la tubería de distribución del fluido caloportador, en este punto se nota un alto desperdicio energético, y por último la implementación de un enfriador, ahorraría el tiempo de bodegaje del producto, esto simplemente como una sugerencia de producción fuera de que esto influya a un ahorro energético.

- Línea 600
 - Conjunto global

Esta línea tiene un alto nivel de tecnicidad en su diseño, y su funcionamiento es muy bueno, los intercambiadores de calor entregan la energía calorífica que extrae paulatinamente la humedad de la pasta y todo es

controlado por un sistema de PLC's que controla la humedad y temperatura dentro del túnel de secado.

- Sistema de iluminación

El sistema de iluminación dentro de la planta es bueno, con ciertas falencias, tanto en la mañana como en la noche; existen sitios donde la iluminación es pobre las 24 horas del día, esto puede ocasionar que los inspectores de calidad puedan no detectar fallas en el producto mas no que se presenten accidentes por falta de iluminación. Por otra parte hay interruptores que controlan muchas lámparas, por lo que se necesita sectorizar estas lámparas para accionar únicamente las lámparas necesarias

- Sistema de aire comprimido

El sistema de aire comprimido tiene varias fugas, durante el proceso de audición se cambió uno de los compresores, resultando una mejor eficiencia, mas el problema neto en el sistema de aire es la humedad dentro de la línea lo que puede resultar en daño de equipos de alto costo, razón por la cual se presentará un proyecto para resolver este inconveniente.

- Factor de potencia

En el molino y pastificio se cuenta con bancos de condensadores para compensar la carga reactiva; los valores finales del factor de potencia en los dos casos llevan a valores normales cercanos al 0,92, esto garantiza que se obtenga un valor alto factor de potencia debido a carga reactiva y evitar multas.

3.7 RECOPIACIÓN DE DATOS SOBRE CONSUMOS Y COSTOS DE ENERGÍA EN LA PLANTA.

La recopilación de los datos iniciales se presenta sumamente importante, pues la base para poder realizar una auditoría energética preliminar

es establecer una buena base de datos con los cuales establecer un estado inicial a partir del cual se puedan comparar los avances que se vayan presentando y obteniendo con respecto a ahorros energéticos.

3.3.a CONSUMO ELECTRICO

El consumo eléctrico esta separado en dos sectores, molino y pastificio, el consumo eléctrico de las oficinas es mínimo y no es representativo, mas este esta cargado dentro del pastificio.

Se realizó una recopilación de los consumos del año 2004 (anexo 1) en base a las planillas ya canceladas, con esto se puede establecer una base de consumo a fin de poderla comparar con los futuros consumos registrados.

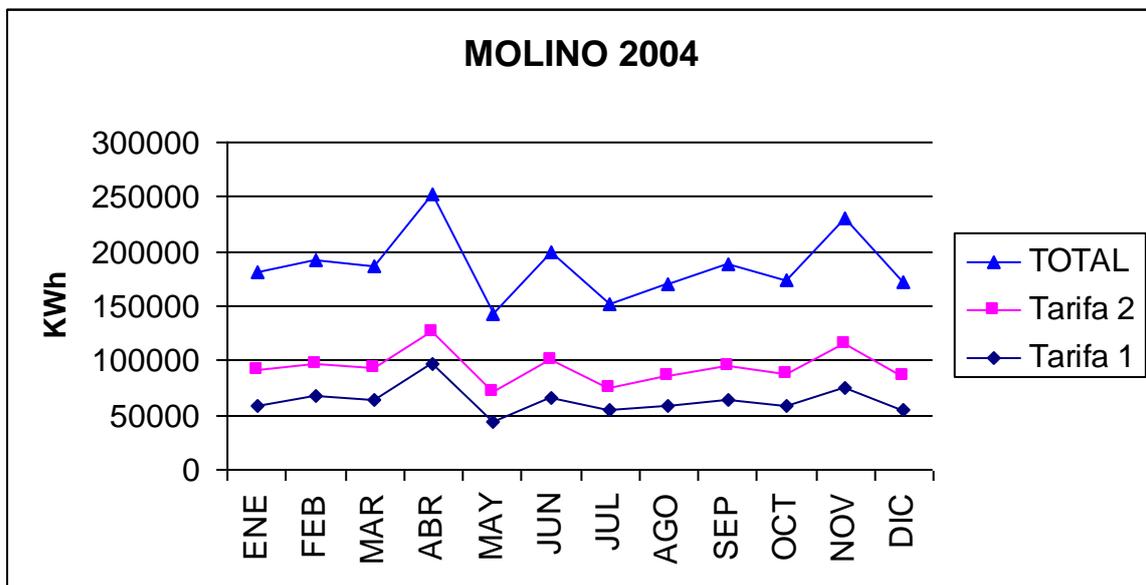


Fig. 3.1 Historial de consumos eléctricos por horarios tarifarios en el molino

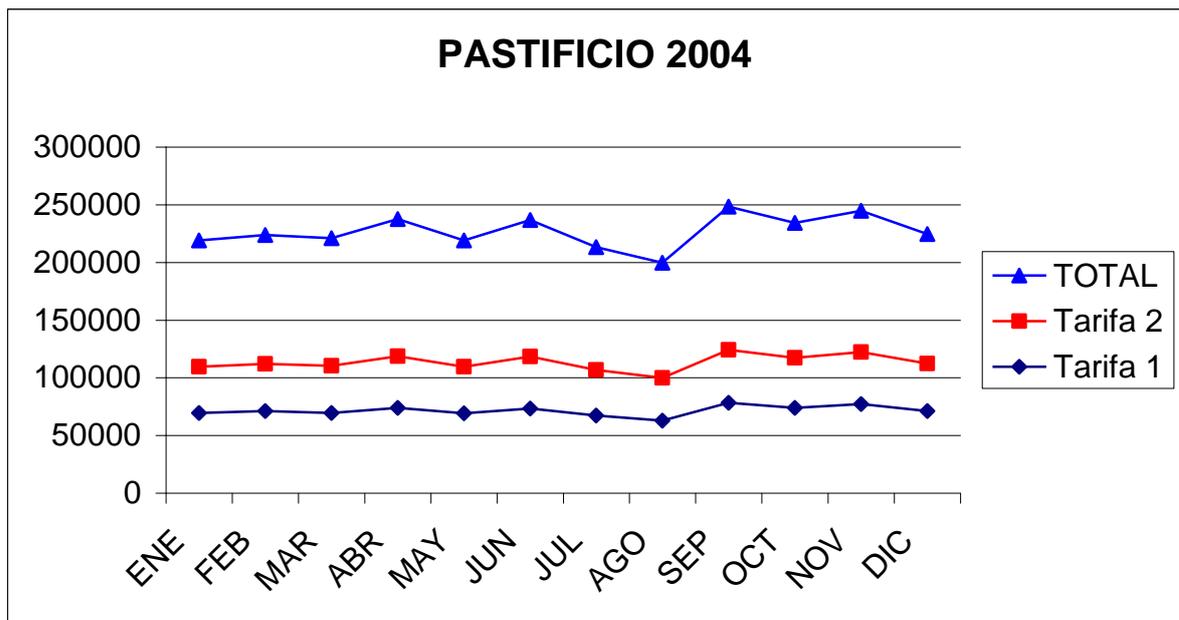


Fig. 3.2 Historial de consumos eléctricos por horarios tarifarios en el molino

Para el análisis actual, las lecturas se las realizan por varios días registrando los consumos directamente del medidor eléctrico, luego se logra recibir por parte de la empresa eléctrica las curvas de carga de 2 meses seguidos, pudiendo tener un mejor análisis de los consumos.

3.3.b CONSUMO DE COMBUSTIBLE DIESEL

El consumo de diesel se lo registra cada mes de acuerdo a la cantidad que se adquiera, además se registró el consumo individual de cada caldero, esto se debe hacer con uno de los calderos apagados pues los dos reciben el suministro del mismo tanque.

La empresa, mas específicamente el departamento de contabilidad, lleva un kardex del consumo de combustibles, esto se lo tomo como base comparativa para la evaluación de los consumos de combustible

Tabla 3.1 Inventario de combustible 2004

Sucesores de J. Paredes M. S.A.

INVENTARIO DE COMBUSTIBLES 2004

Diesel Industrial para Caldero

DETALLE CONSUMOS DEL 1RO ENERO AL 31 DICIEMBRE 2004

MES	TD	TR	GL/TD	GL/TR	TOTAL GLS FINAL	USD UNIT	TOTAL USD FINAL	CONSUMO GLS MES	USD CONS MEDIDO
					500,00	0,9187	459,33		
ENE	180	30	4.090,91	1.000,00	5.090,91	0,9187	4.677,10	7.409,09	6.806,86
FEB	120	30	2.727,27	1.000,00	3.727,27	0,9187	3.424,31	7.363,64	6.765,10
MAR	50	0	1.136,36	0,00	1.136,36	0,9187	1.044,00	8.590,91	7.892,61
ABR	140	30	3.181,82	1.000,00	4.181,82	0,9187	3.841,91	8.954,55	8.226,69
MAY	80	0	1.818,18	0,00	1.818,18	0,9187	1.670,39	8.363,64	7.683,81
JUN	60	0	1.363,64	0,00	1.363,64	0,9187	1.252,80	6.454,55	5.929,90
JUL	0	0	0,00	0,00	0,00	0,9187	0,00	7.363,64	6.765,10
AGT	0	0	0,00	0,00	0,00	0,9187	0,00	6.000,00	5.512,30
SEP	160	80	3.636,36	1.000,00	4.636,36	0,9187	4.259,51	7.363,64	6.765,10
OCT	90	80	2.045,45	1.000,00	3.045,45	0,9187	2.797,91	7.590,91	6.973,90
NOV	75	0	1.704,55	0,00	1.704,55	0,9187	1.565,99	7.340,91	6.744,22
DIC	0	15	0,00	500,00	500,00	0,9187	459,36	7.204,55	6.618,91
TOTAL ACUMULADO						0,6176		90.000,00	55.582,38
PROMEDIO DE CONSUMO						0,6176		7.500,00	4.631,86

Elaborado Por: Juan Manuel Puli P.

Para comprender mas fácilmente esta tabla se graficaron los datos tanto en galones como en dólares, al final de la auditoría se debe realizar un grafico comparativo entre los dos años para así evaluar la situación del consumo de combustibles, esto si se realizan las acciones correctivas planteadas.

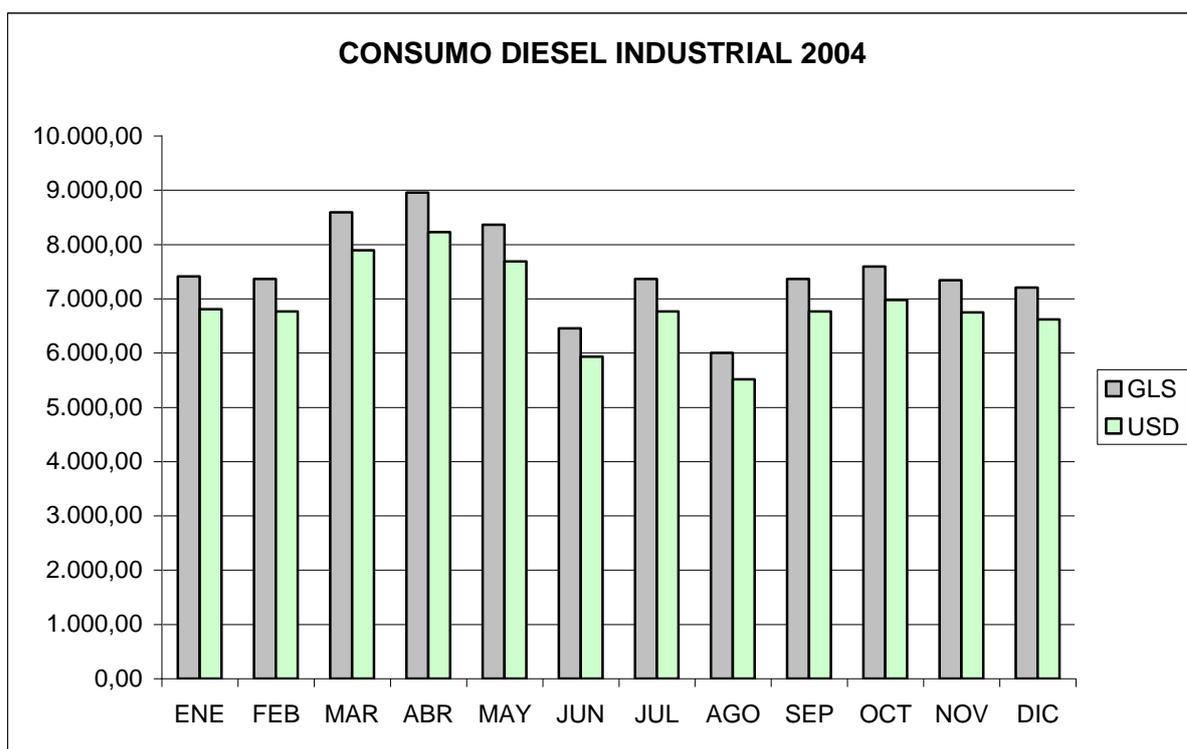


Fig. 3.3 Historial de consumo de combustible.

3.7.1 FORMATOS PARA TOMA DE DATOS.

Los formatos para tomar datos durante la auditoría tienen que tener la factibilidad de poder crecer y poder extenderse para aceptar datos durante todo el tiempo de audición de la planta, e incluso deben poder quedar establecidos para que se pueda seguir realizando un seguimiento del consumo energético, de manera que cuando la empresa ponga en marcha el proyecto de mejora, logre cuantificar y evaluar los ahorros energéticos que la implementación del proyecto alcance.

Para el consumo energético diario simplemente se ha visto la necesidad de realizar una sola toma de los registros de los medidores eléctricos, esto permite tener un registro diario del consumo energético, de manera que se

puedan realizar gráficos que muestren la demanda eléctrica de la empresa durante el mes y durante el año.

Los formatos de registro de consumo eléctrico (Anexo 2) están realizados para tomar datos de energía activa y reactiva estos tienen un código con el que se maneja la empresa eléctrica y la empresa ha adoptado también estos códigos para poder coordinar también con los datos que toma individualmente esta empresa.

Para los consumos de combustible se desarrolló el siguiente formato, que permite evaluar el consumo directo de diesel en el tanque de reserva y también en el tanque principal.

Tanque Principal					
Fecha					
Hora					
lectura					

Tanque de reserva					
Fecha					
Hora					
Lectura					

Fig. 3.4 Formato para toma de datos de consumo de combustible.

Las lecturas que se toman en los tanques son en cm. de altura de combustible, con estos datos se evaluaron los volúmenes, teniendo las geometrías de los tanques.

Para el tanque principal de combustible que es un cilindro recostado, se desarrolló una fórmula integral para calcular el volumen exacto a partir de una medida que se registra únicamente sumergiendo un palo y registrando la altura que este se ve mojado.

CÁLCULO DEL VOLUMEN DEL TANQUE PRINCIPAL DIESEL

$$D := 6$$

$$h := 6$$

Donde

$$L := 6$$

$$s := h - 3$$

D = diametro del tanque

$$r := \frac{D}{2}$$

L = Lectura registrada de combustible

r = Radio del tanque

$$x := -100..100$$

Area = Area de la base del tanque

$$f(x) := \sqrt{r^2 - x^2}$$

Vol = Volumen de combustible.

$$R(x) := -\sqrt{r^2 - x^2}$$

$$\text{Area} := \int_{-r}^s f(x) - R(x) dx$$

$$\text{Area} = 28.274$$

$$\text{Vol} := \text{Area} \cdot L$$

$$\text{Vol} = 169.646$$

CONSUMO DEL TANQUE DE RESERVA DIESEL

$$D := 0.80\text{m} \quad h1 := 81\text{cm} \quad t := 6.6\text{hr}$$

$$L := h1 - h2 \quad h2 := 8\text{cm}$$

$$A := D^2 \cdot \frac{\pi}{4} \quad r := \frac{D}{2}$$

$$A = 0.503\text{m}^2$$

$$\text{Vol} := A \cdot L$$

$$\text{Vol} = 0.367\text{m}^3$$

$$\text{Vol} = 96.935\text{gal}$$

$$\text{cons} := \frac{\text{Vol}}{t}$$

$$\text{cons} = 14.687 \frac{\text{gal}}{\text{hr}}$$

Para poder evaluar la transferencia de calor que existe dentro del túnel NIDOS, se diseñó un formato para registrar las medidas de los radiadores, el formato considera los parámetros básicos para un registro de este tipo de elementos.

Radidador	N° Pasos	Dimension				Aletas		
		Largo	Ancho	Diam. tanque	Diam. Tubo	long	espesor	Separación
1	Presecador							
2	Presecador							
3	Presecador							
4	Elevador							
5	Elevador							
6	Tunel Iz. Inf 1							
7	Tunel Iz. Inf 2							
8	Tunel Iz. Sup 1							
9	Tunel Iz. Sup 2							
10	Tunel D. Inf 1							
11	Tunel D. Inf 2							
12	Tunel D. Sup 1							
13	Tunel D. Sup 2							

Fig. 3.5 Formato para toma de datos de configuración de radiadores.

3.7.2 FUENTES ENERGÉTICAS EN LA PLANTA.

La energía en la planta de SUCESORES DE JACOBO PARREDES M. S.A. se la obtiene de 3 fuentes principales, energía eléctrica, energía calorífica a partir de calderos alimentados por dissel y en las mañanas se usa la energía solar para la iluminación.

3.3.2.1 ENERGÍA ELÉCTRICA

La energía eléctrica en la planta se la obtiene en 220 voltios en tres fases, la planta dispone de dos medidores digitales los cuales proveen de lecturas exactas a un analista. Para realizar una mejor estimación de los consumos iniciales y poder ir evaluando el proceso de mejora, la toma de datos diarios o semanales se convierte en una opción muy factible, pues brinda la capacidad de tener un manejo estadístico del consumo eléctrico y un absoluto seguimiento de los ahorros energéticos que se vayan logrando.

3.3.2.2 ENERGÍA CALORÍFICA

El calor que es utilizado para extraer la humedad de la pasta, es obtenido de 2 calderos de agua, los cuales funcionan con diesel como combustible. Para la línea Nidos, la línea Spaghetti y la línea 600, el calor es generado por el caldero de marca Cleaver Brooks, el cual es un caldero piro tubular de 50 BHP de capacidad, el estado de este caldero es regular mas por motivo de este proyecto se realizo un mantenimiento el cual no había sido realizado por un periodo aproximado a los 12 meses, de manera que se logró una mejora en la eficiencia de este caldero.

Para el túnel Bühler 1000, el generador de calor es un caldero de agua de marca Bryan, es un caldero acuatubular de 28 BHP de capacidad en muy buen estado, es relativamente nuevo y mantiene sus periodos de mantenimiento con el último registrado en el mes de Mayo del 2005.

3.7.3 PRINCIPALES SISTEMAS DE CONSUMO ENERGÉTICO.

Como ya se lo mencionó, se deben caracterizar los sistemas de principal consumo energético, con el objetivo de evaluar individualmente los distintos sistemas dentro de la planta y así poder detectar donde se encuentran las mayores falencias en una planta de producción, y así diseñar un plan de acción específico.

Los registros de los sistemas de consumo eléctrico se deben realizar principalmente en los brakers individuales de cada línea de producción, teniendo en cuenta que estén prendidos todos los elementos instalados.

Tabla 3.2 Registro de consumo individual por líneas de producción [A]

Fecha	BUHLER 1000			PRENSA 1000			BUHLER 600			NIDOS		
	r	s	t	r	s	t	r	s	t	r	s	t
12/06/2005	0	0	0	123	132	130	255	263	252	99	107	116
29/06/2005	174	180	179	126	133	132	257	264	255	102	113	117
15/07/2005	176	183	178	99	109	100	242	248	245	70	57	66
20/07/2005	170	182	174	114	115	112	256	261	254	79	91	92
30/07/2005	171	182	175	116	118	112	263	263	255	83	92	98
08/08/2005	175	181	178	115	117	112	248	249	243	102	104	106
17/08/2005	174	182	176	116	116	113	252	253	249	101	102	104
28/08/2005	176	184	177	113	118	113	256	255	252	100	102	103
03/09/2005	170	180	178	114	118	113	260	259	255	99	100	103
16/09/2005	173	183	178	112	117	114	258	260	254	98	101	100
27/09/2005	176	182	176	115	116	112	250	252	250	97	99	101
29/09/2005	172	182	175	116	114	113	261	259	257	99	101	104
04/10/2005	175	184	173	114	117	116	254	260	255	102	100	106
18/10/2005	170	181	174	114	115	113	257	254	260	100	98	105
23/10/2005	173	183	178	115	119	116	260	263	254	101	97	107

En la tabla anterior se nota claramente que para la línea BUHLER 1000 el 12 de Junio se registran valores de cero, en este caso se tiene que la línea se encontraba apagada, y esto ayuda a tener un control, pues el paso de

corriente esta siempre prendido, mas los equipos están apagados, así se confirma que no se tienen consumos o pérdidas que no estén consideradas.

Para los sistemas de consumo neumático se ha registrado las potencias y capacidades de los equipos instalados, y se han cambiado ciertos equipos por otros más eficientes, mas adelante se verán los cuadros comparativos.

Tabla 3.3 Características de compresores.

Compresor Antiguo		
Potencia	10	HP
Velocidad	3510	rpm
Voltaje	220	V.
Consumo	25	A.
Frecuencia	60	Hz.
F. de Potencia	0,8	Cos fi
Capacidad		

Compresor Nuevo		
Potencia	15	Kw.
Velocidad	1760	rpm.
Voltaje	220	V.
Consumo	52	A.
Frecuencia	60	Hz.
F. de Potencia	0,83	cos fi
Capacidad		

Tabla 3.4 Características de secadores.

Secador Antiguo		
Potencia	03-Abr	HP
Voltaje	220	V.
Consumo		A.
Frecuencia	60	Hz.
F. de Potencia	0,8	Cos fi
Capacidad	70	SCFM

Secador Nuevo		
Presion trabajo	7	bar.
Voltaje	220	V.
Consumo	1	A.
Frecuencia	60	Hz.
F. de Potencia	0,83	cos fi
Capacidad	383	m3/h

Los sistemas de transferencia térmica son los principales en la planta, evaluar esta tecnología es algo sin sentido pues se ha demostrado que este diseño original suizo tiene un funcionamiento completamente efectivo, sin embargo en una línea antigua se evaluará la posibilidad de cambiar los radiadores actuales por radiadores aleteados, esperando reducir el consumo de energía calorífica. También se debe evaluar el desperdicio energético que se tiene por falta de aislantes térmicos en tuberías de transporte de fluido caloportador.

Tabla 3.5 Consumo de combustible por quincena [gal]

MES	Consumo GALONES 2005		
	1ra 15na	2da 15na	total mes
ENE	3.870	3.612	7.482
FEB	4.275	3.822	8.097
MAR	4.005	4.005	8.010
ABR	3.945	3.855	7.800
MAY	3.765	3.472	7.237
JUN	3.770	3.710	7.480
JUL	3.075	2.926	6.001
AGO	3.840	3.472	7.312
SEP	3.750	3.640	7.390
OCT	3.735	3.450	7.185

El sistema de iluminación no está diseñado para la disposición actual de la planta, pues esta ha ido creciendo e incrementando sus equipos paulatinamente, esto ha ocasionado que el sistema de iluminación no tenga la distribución adecuada y que mucha de la energía lumínica generada se vea derrochada.

Para poder realizar la auditoría lumínica se dividió la planta en zonas de iluminación, con criterios de requerimientos de intensidad lumínica, cabe destacar que se señalaron cuatro tipos de zonas diferentes que en el plano (Anexo 3) se reconocen con colores, y además se tienen sub zonas, las cuales ayudan a determinar zonas de falencia ó zonas donde la iluminación actual debe ser modificada.

Las zonas de intensidad lumínica se las dividió de la siguiente manera:

Tabla 3.6 Identificación por colores de las zonas lumínicas.

Zona	Color	Luminosidad(LUX)
Circulación	Celeste	150
Trabajo de operario ó control de calidad	Rojo	280
Bodegaje controles electrónicos	Verde	200
Bajos niveles de iluminación	Morado	80

Inicialmente se puede decir que existe una falencia en la zona R' donde no hay luminaria a la salida de un producto y donde se realizan inspecciones de control de calidad, de cierta manera esto se solucionó pues se instalo una plancha translúcida, brindando luminosidad en las mañanas, pero el problema por la noche se mantiene.

De igual manera implementar un sistema de capacitación y concienciación del personal pues ellos son quienes deben apagar las luminarias al momento que estas no sean usadas, esto se ve especialmente en las zonas de circulación, pues al amanecer las luminarias se mantienen consumiendo y los operarios no caen en cuenta que estas siguen funcionando.

3.8 RESUMEN DEL ESTADO INICIAL.

La fábrica tiene un buen estado con respecto a sus consumos energéticos, pero se tiene la capacidad de individualizar los consumos por líneas y sectores. El sistema de aire comprimido presenta varios inconvenientes y varias pérdidas, la presencia de fugas es cada vez más notoria y la presencia de humedad dentro del sistema se presenta como una bomba de tiempo para ciertos equipos que requieren un aire prácticamente seco en su totalidad.

El sistema de iluminación tiene la falencia que los interruptores controlan muchas lámparas al mismo tiempo, estando dentro del mismo interruptor 2 o más sectores cuyos requerimientos de iluminación son distintos, y esto sobretodo en la mañana, lo que representa un gasto innecesario, pues por iluminar una zona de 10 metros cuadrados se iluminan unos 200 metros cuadrados, los cuales no tienen un operario cerca y no requieren un nivel de iluminación mayor a la luz natural.

Existen varios metros de tubería descubierta que emanan altas temperaturas y por tanto una gran cantidad de energía, esto incluso puede ser riesgoso para la seguridad industrial pues el personal de planta puede resultar

con quemaduras de segundo o tercer grado al simple contacto con esta tubería.

El realizar el mantenimiento de los calderos dentro de los periodos establecidos puede disminuir drásticamente los consumos de combustible, la empresa ha iniciado un programa calendario para mantenerse al día en estos mantenimientos.

Desarrollar una base estadística con los consumos, producciones e índices energéticos desarrollados a partir de los datos obtenibles de los periodos anteriores a la auditoría, brindan una buena base comparativa; en la planta se obtuvieron consumos de diesel y eléctricos mensuales, así como también datos de producción mensual, tanto en el pastificio como en el molino, esto ayudó a desarrollar una base de los índices de consumo energético.

Tabla 3.7 Datos e índices de consumos 2004

MES	Diesel cons	total molino	total pastificio	Pasta produc.	Molin. Produc	Consumo diesel	Rendim diesel	Productividad Molino	Productividad Pastificio
	GLS	KW/ h	KW / h	kg	Kg	Gal / Kg	Kg / Gal	Kg / KWh	Kg / KWh
ENE	7409,09	90859,00	109500,00	683267	909644	0,01084362	92,220	10,01160039	6,239883881
FEB	7363,64	96350,00	111900,00	666280	823373	0,011051858	90,483	8,545648677	5,954248347
MAR	8590,91	93626,00	110400,00	663160	984465	0,012954513	77,193	10,51486766	6,006880254
ABR	8954,55	126489,00	118740,00	657888	837954	0,013611053	73,470	6,624718355	5,540574238
MAY	8363,64	71347,00	109500,00	663436	801159	0,012606554	79,324	11,22904957	6,058772329
JUN	6454,55	99751,00	118380,00	648009	869295	0,009960579	100,396	8,714649477	5,47397432
JUL	7363,64	75655,00	106620,00	642428	825564	0,011462188	87,243	10,91221995	6,025403161
AGO	6000,00	85094,00	99780,00	636922	868840	0,009420303	106,154	10,21034973	6,383265133
SEP	7363,64	94441,00	124158,00	651878	1083001	0,011296039	88,527	11,46748234	5,250388739
OCT	7590,91	86911,00	117162,00	665200	890070	0,0114111476	87,631	10,24116625	5,677605282
NOV	7340,91	115588,00	122340,00	662895	858103	0,011074012	90,302	7,42380697	5,418466323
DIC	7204,55	85555,00	112260,00	645654	915655	0,011158515	89,618	10,70253054	5,751420631

De esto se han obtenido graficas que ayudan el entendimiento de estos índices.

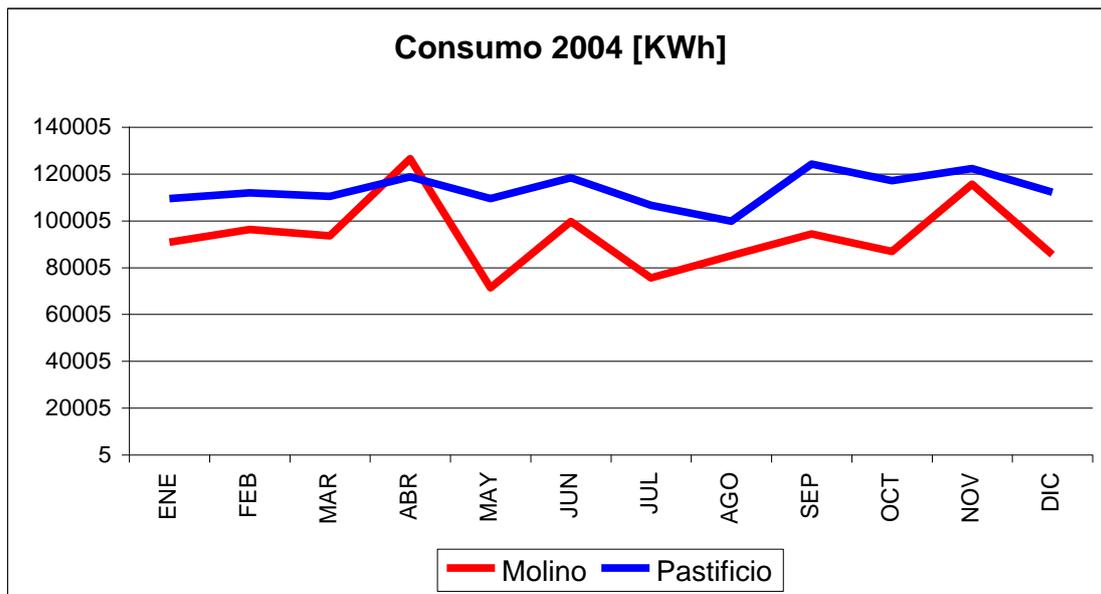


Fig. 3.6 Historial de consumo eléctrico, 2004

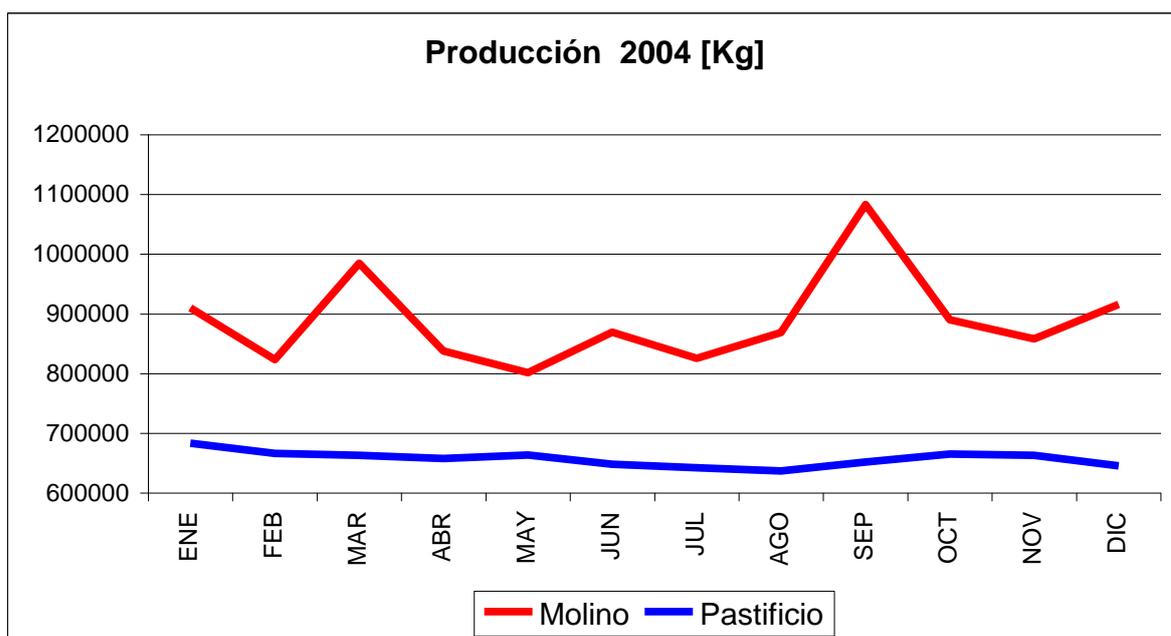


Fig. 3.7 Historial de producción, 2004

Se ve claramente variantes y que los niveles de consumo están sujetos a los volúmenes de producción, mas hay meses poco productivos como en este caso Noviembre y Abril, donde el nivel de producción aparentemente se

mantiene en los rangos normales, pero los consumos eléctricos se ven disparados, al buscar una causa de esta variación especial, se pueden encontrar mantenimientos especiales y pruebas controladas, más si el caso fuese de ese instante, se debería buscar acciones correctivas para evitar este tipo de consumos y así mantener niveles de productividad óptimos y sobretodo estabilizar la productividad a lo largo del año.

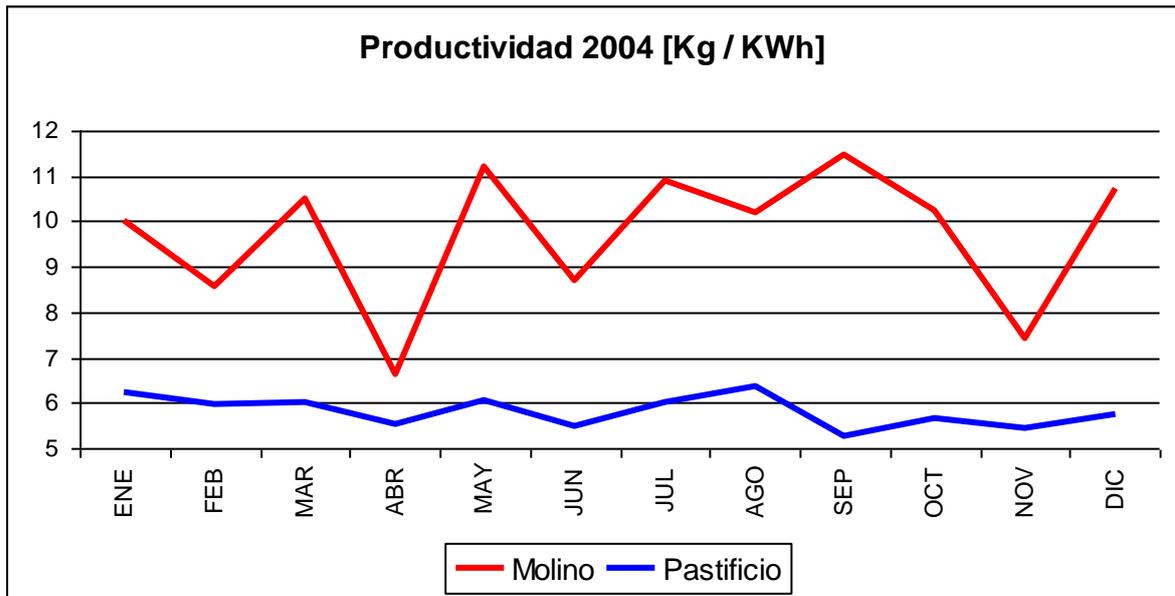


Fig. 3.8 Gráfica del índice de productividad para el 2004

En el molino especialmente se debe intentar balancear la productividad, intentando estabilizar los consumos y no aumentar la producción, pues de esta manera se obtendrá la mayor eficiencia energética, es decir se producirá lo mismo o talvez mas a un menor precio.

CAPÍTULO 4:

AUDITORÍA ENERGÉTICA DEFINITIVA

4.2 AUDITORÍA ENERGÉTICA DEFINITIVA. FUNDAMENTOS, OBJETIVOS, BENEFICIOS.

La auditoría energética definitiva es una fase del estudio que debe realizarse en un período mas largo de tiempo y en sistemas mas específicos, con detalles de producción y enfoques de estudios a un análisis de consumos en base a procesos de fabricación, esto se puede obtener de varios sistemas y procesos en toda la planta, de manera que los estudios sean registrados para poderlos comparar con los datos futuros y poder mantener un control sobre los consumos energéticos.

El fundamento al realizar una auditoría es obtener bases comparativas de los estados de un sistema para con estas bases poder determinar más detalladamente los puntos donde se debe tomar parte, para obtener mejoras de consumo y de rendimiento, todo esto a base de balances energéticos en los sistemas de uso y también con el desarrollo de índices que faciliten la interpretación de los datos obtenidos. Los objetivos de una auditoría energética definitiva son conocer que energía se usa, donde se la compra, como y donde se la utiliza y sobretodo si se la desperdicia y en que cantidad.

Una vez realizada la auditoría, la empresa podrá comprender los puntos donde se presentan pérdidas y de esta manera gestionar las acciones

correctivas que ameriten para optimizar la eficiencia energética en los sistemas auditados.

Los principales beneficios de realizar una auditoría, no están en los resultados que se obtengan de esta, están en los resultados de implementar varias de las acciones correctivas o proyectos de implementación que se proponga; al realizar estas inversiones, que generalmente son económicamente fuertes, la empresa podrá ver que se reducen sus costos operativos y de esta manera incrementar sus ganancias.

4.1.2 EVALUACIÓN DE INDICADORES DE CONSUMO ENERGÉTICO

La identificación, registro y cuantificación de los consumos energéticos de una industria es algo tan importante como lo son la planificación de producción, el control de calidad y las ventas; y de igual manera que se mantiene un registro, también se debe llevar un historial de los consumos. Para esto se debe tener una base comparativa, pues los consumos energéticos al igual que la producción no son constantes a lo largo del año y fluctúan dependiendo la producción, esto es que suelen ser proporcionales a la producción y a su vez esta es proporcional a la demanda y esto siempre varía a lo largo del año.

De esta manera los indicadores energéticos que se desarrollen deben estar basados en una unidad que este de acuerdo al volumen de producción, como pueden ser los kilogramos de producción ó los ingresos en dólares y en un período de tiempo.

Para poder comparar los valores que se vayan obteniendo con los indicadores se debe inicialmente evaluar el indicador para un promedio global con la mayor cantidad de datos históricos que se disponga, así se obtendrá un

valor que pueda representar el historial de consumos, y a partir de este valor iniciar una etapa de mejoras en los consumos.

4.1.1.1 CONSUMO ELÉCTRICO

Los indicadores de consumo eléctrico principalmente tienen que tomar en cuenta al pastificio y al molino globalmente, y por otra parte se pueden utilizar los mismos indicadores individualmente en cada línea de producción; los indicadores más representativos pueden tomar los kilowatios consumidos en producir una cantidad de producto en una semana ó un mes.

$$Consumo = \frac{Energía}{Producción \bullet tiempo} \quad (ec 4.1)$$

$$C = \frac{Kw}{Kg. \bullet hora}$$

$$C = \frac{Kw}{Kg. \bullet día}$$

$$C = \frac{Kw}{Kg. \bullet mes}$$

Se recomienda que los lapsos de tiempo de los indicadores no sean mayores a los 15 días; en casos especiales y extremos es recomendable evitar que los períodos de análisis no se extiendan sobre los 30 días, esto con la finalidad que los datos sean mas exactos y representativos, y de esta manera poder detectar aumentos de consumos de una manera mas rápida.

Se recomienda también mantener estos datos dentro de un software para poder graficar los valores, pues gráficamente se hacen más destacables los incrementos de consumo.

4.1.1.1.1 Consumo eléctrico general

Tabla 4.1 Promedio de consumo anual con indicador, 2004

	Promedio de consumo 2004 KWh	Promedio de Producción 2004 Kg	Indicador de consumo 2004 KWh / Kg
Molino	93472,17	888926,85	0,11
Pastificio	113395,00	657251,45	0,17

Tabla 4.2 Consumo en molino por quincena con indicador, 2005

MOLINO 2005			
	Consumo	Producción	indicador
Período	KWh	Kg	KWh / Kg
1ra ENE	46546	460126	0,101
2da ENE	45992	458919	0,100
1ra FEB	42661	411987	0,104
2da FEB	42811	413834	0,103
1ra MAR	42014	411002	0,102
2da MAR	41234	409353	0,101
1ra ABR	48113	414705	0,116
2da ABR	48205	414976	0,116
1ra MAY	43980	406311	0,108
2da MAY	44248	410218	0,108
1ra JUN	41437	419879	0,099
2da JUN	41687	421878	0,099
1ra JUL	29683	399008	0,074
2da JUL	28245	375640	0,075
1ra AGO	36939	390450	0,095
2da AGO	36745	392599	0,094

Tabla 4.3 Consumo en pastificio por quincena con indicador, 2005

PASTIFICIO 2005			
	Consumo	Producción	indicador
Periodo	KWh	Kg	KWh / Kg
2da ABR	50255,76	332108	0,151
1ra MAY	58897,50	334938	0,176
2da MAY	62716,26	335021	0,187
1ra JUN	60220,38	336077	0,179
2da JUN	56307,72	335987	0,168
1ra JUL	53827,62	333371	0,161
2da JUL	67918,80	333918	0,203
1ra AGO	63165,96	337713	0,187
2da AGO	69841,50	337095	0,207

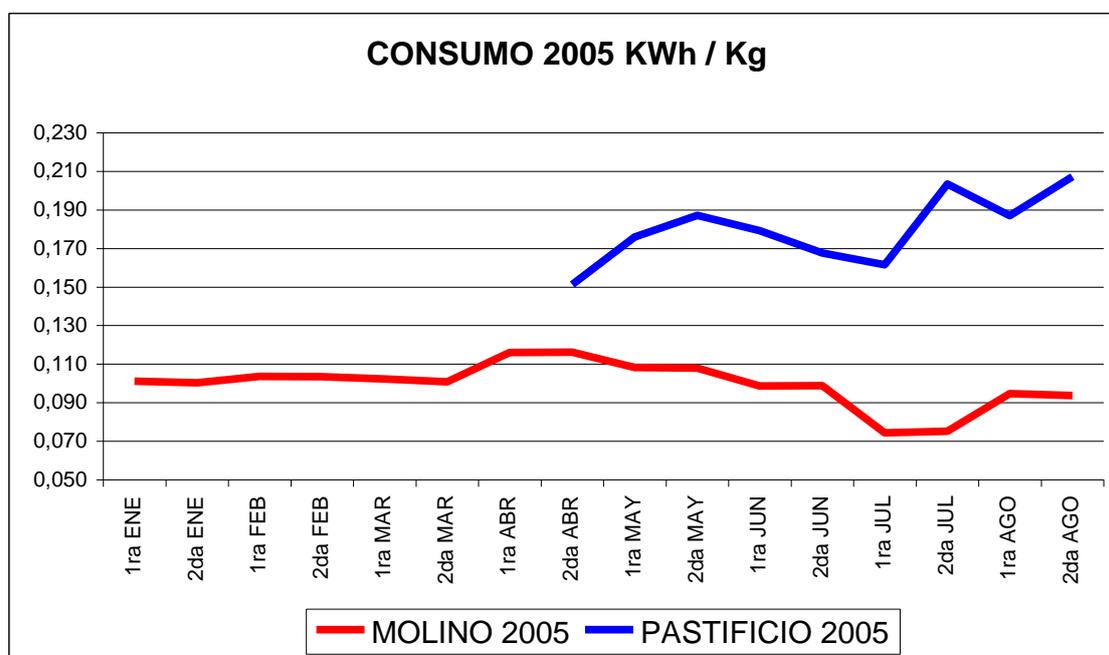


Fig. 4.1 Grafica de índice de consumo eléctrico por quincena, 2005

De la figura anterior se puede concluir fácilmente que en el pastificio existe un aumento del consumo por unidad de producción, y esto se ha presentado sin existir modificación alguna en los sistemas mecánicos de producción, se puede decir que esta variación es normal pues si comparamos con los indicadores mensuales obtenidos en la preauditoría, podemos observar

una fluctuación similar. Cabe destacar que los indicadores en la preauditoría son de productividad, es decir la inversa a lo que se analiza en este punto.

4.1.1.1.2 Consumo eléctrico individual

Para auditar individualmente a cada línea de producción, se tomaron registros de los consumos instantáneos con pinza amperimétrica, y se esperó a obtener un pico de consumo, manteniendo la pinza en cada fase por aproximadamente 10 minutos y en la opción de retención de picos. De esta manera se logra obtener un pico de consumos y establecer un consumo base de control; para los cálculos se toma el valor mas alto de las tres fases y de esta manera evitamos obtener consumos bajos ó menores a lo real.

Los consumos energéticos a partir de un consumo instantáneo se obtienen de la siguiente manera:

$$P_{inst} := \sqrt{3} \cdot V \cdot I \cdot \cos(\phi) \quad (\text{ec 4.2})$$

$$C := \frac{P_{inst} \cdot t}{1000} \quad (\text{ec 4.3})$$

Donde:

P = Potencia [Watts]

V = voltaje de la red [Voltios]

I = Intensidad [Amperios]

$\cos(\phi)$ = Factor de potencia [adimensione]

C = Consumo [KWh]

t = Tiempo [horas]

1000 : transformación de Watts a KW

Tabla 4.4 Consumo eléctrico por quincena con indicador BHÜLER 1000

Fecha	BUHLER 1000			Consumo 15 d.	Producción	indicador
	r	s	t	KWh	Kg.	KWh / Kg
12/06/2005	0	0	0	0	106285	0,000
29/06/2005	174	180	179	16020,56	107337,00	0,149
15/07/2005	176	183	178	16378,56	139999,50	0,117
20/07/2005	170	182	174	16289,06	126270,50	0,129
30/07/2005	171	182	175	16289,06	109482,00	0,149
08/08/2005	175	181	178	16199,56	105625,00	0,153
17/08/2005	174	182	176	16289,06	115607,00	0,141
28/08/2005	176	184	177	16468,06	127095,50	0,130

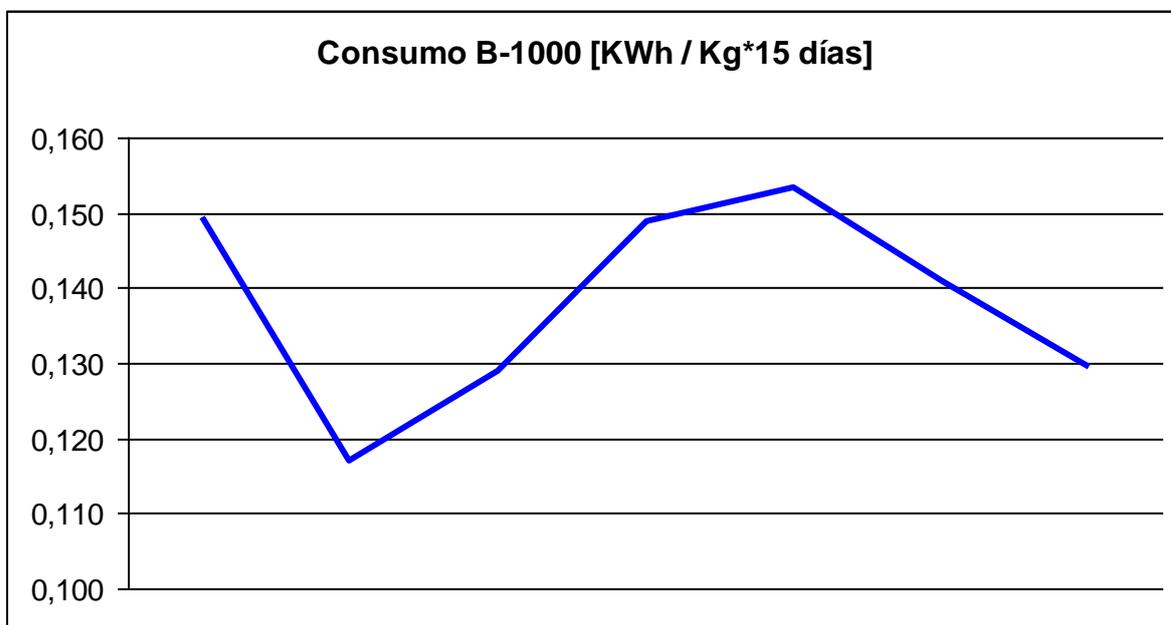


Fig. 4.2 Gráfica del indicador de consumo quincenal BHÜLER 1000

Tabla 4.5 Consumo eléctrico por quincena con indicador Prensa 1000

Fecha	PRENSA 1000			Consumo 15 d.	Producción	indicador
	r	s	t	KWh	Kg.	KWh / Kg
12/06/2005	123	132	130	11814,05	116914	0,101
29/06/2005	126	133	132	11903,55	118070,70	0,101
15/07/2005	99	109	100	9755,54	153999,45	0,063
20/07/2005	114	115	112	10292,54	138897,55	0,074
30/07/2005	116	118	112	10561,04	120430,20	0,088
08/08/2005	115	117	112	10471,54	116187,52	0,090
17/08/2005	116	116	113	10382,04	127167,73	0,082
28/08/2005	113	118	113	10561,04	139805,05	0,076

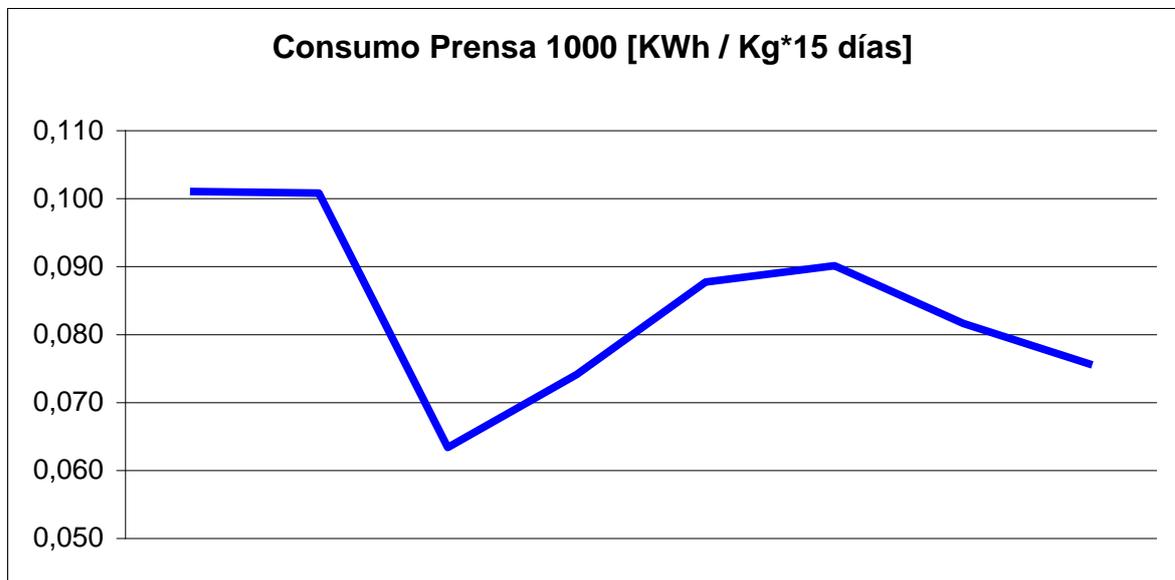


Fig. 4.3 Gráfica del indicador de consumo quincenal Prensa 1000

Tabla 4.6 Consumo eléctrico por quincena con indicador BHÜLER 600

Fecha	BUHLER 600			Consumo 15 d.	Producción	indicador
	r	s	t	KWh	Kg.	KWh / Kg
12/06/2005	255	263	252	23538,59	153687	0,153
29/06/2005	257	264	255	23628,09	159046	0,149
15/07/2005	242	248	245	22196,09	153553	0,145
20/07/2005	256	261	254	23359,59	144536	0,162
30/07/2005	263	263	255	23538,59	153628	0,153
08/08/2005	248	249	243	22285,59	153692	0,145
17/08/2005	252	253	249	22643,59	147853	0,153
28/08/2005	256	255	252	22912,09	144494	0,159

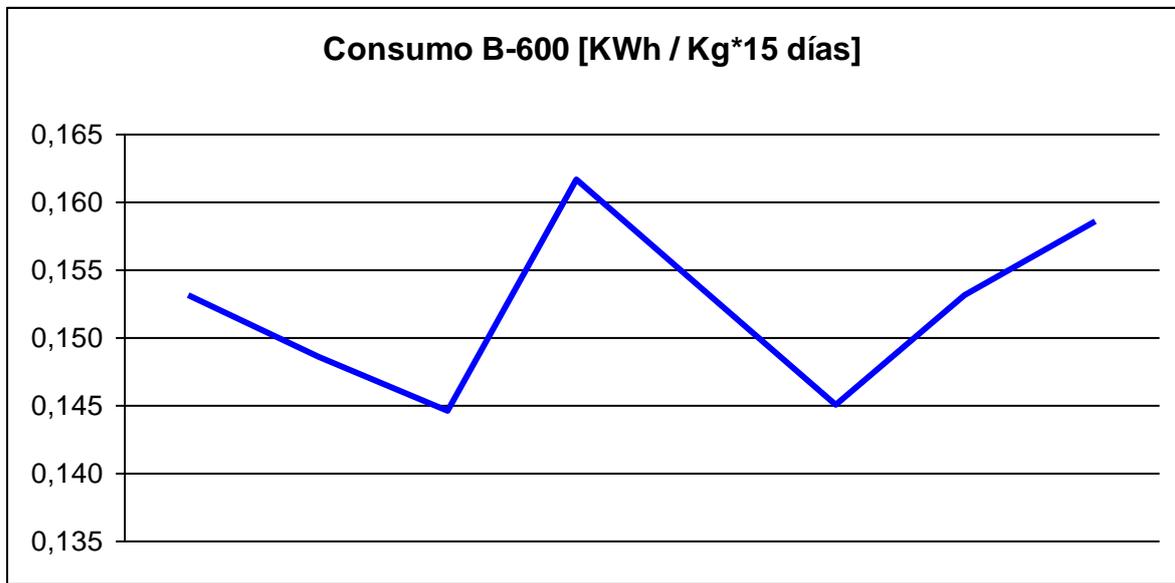


Fig. 4.4 Gráfica del indicador de consumo quincenal BHÜLER 600

Tabla 4.7 Consumo eléctrico por quincena con indicador línea NIDOS

Fecha	NIDOS			Consumo 15 d.	Producción	indicador
	r	s	t	KWh	Kg.	KWh / Kg
12/06/2005	99	107	116	10382,04	131057	0,079
29/06/2005	102	113	117	10471,54	107498	0,097
15/07/2005	70	57	66	6265,02	115032	0,054
20/07/2005	79	91	92	8234,03	104088	0,079
30/07/2005	83	92	98	8771,03	128437	0,068
08/08/2005	102	104	106	9487,04	111035	0,085
17/08/2005	101	102	104	9308,04	128179	0,073
28/08/2005	100	102	103	9218,54	109986	0,084

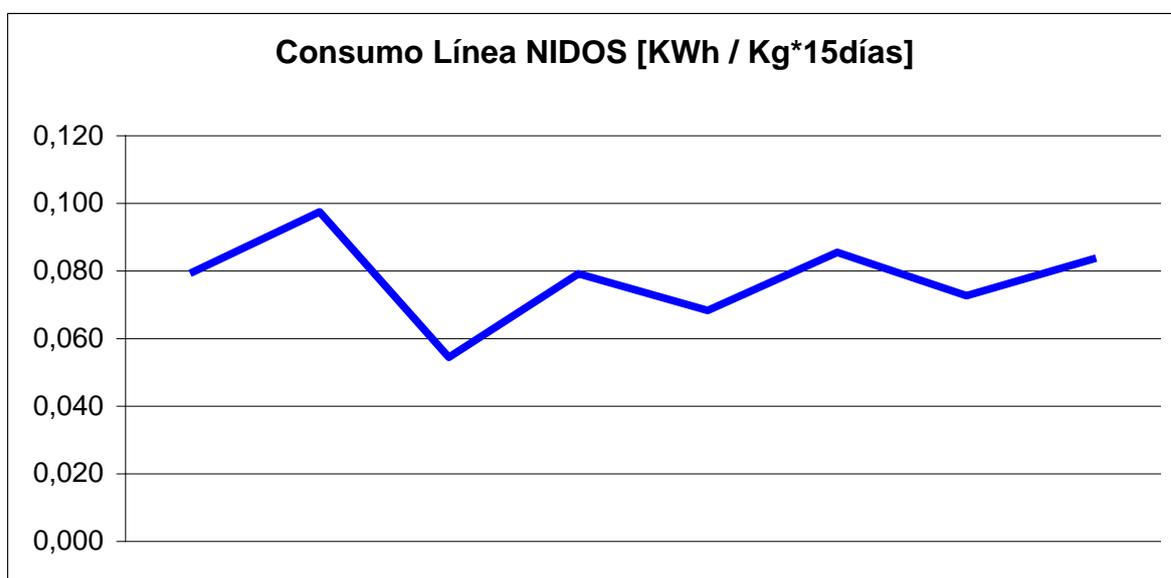


Fig. 4.5 Gráfica del indicador de consumo quincenal línea NIDOS

Como se puede observar cada línea mantiene su valor de índice de consumo, y se puede concluir que la línea NIDOS mantiene un bajo consumo por cada kilogramo de producción, sabiendo que esta línea puede producir más volumen con los mismos consumos se deben realizar estudios para aumentar su capacidad productiva.

4.1.1.2 CONSUMO DE COMBUSTIBLES

El consumo de combustibles esta dado únicamente por los calderos, los calderos trabajan las 24 horas al día, los 360 días al año, y la manera mas representativa de cuantificar el consumo es comparándolo con los kilogramos mensuales de producción. Para cuantificar los consumos globales de combustible, se debe establecer un indicador que considere el consumo total de diesel y la producción total de pasta.

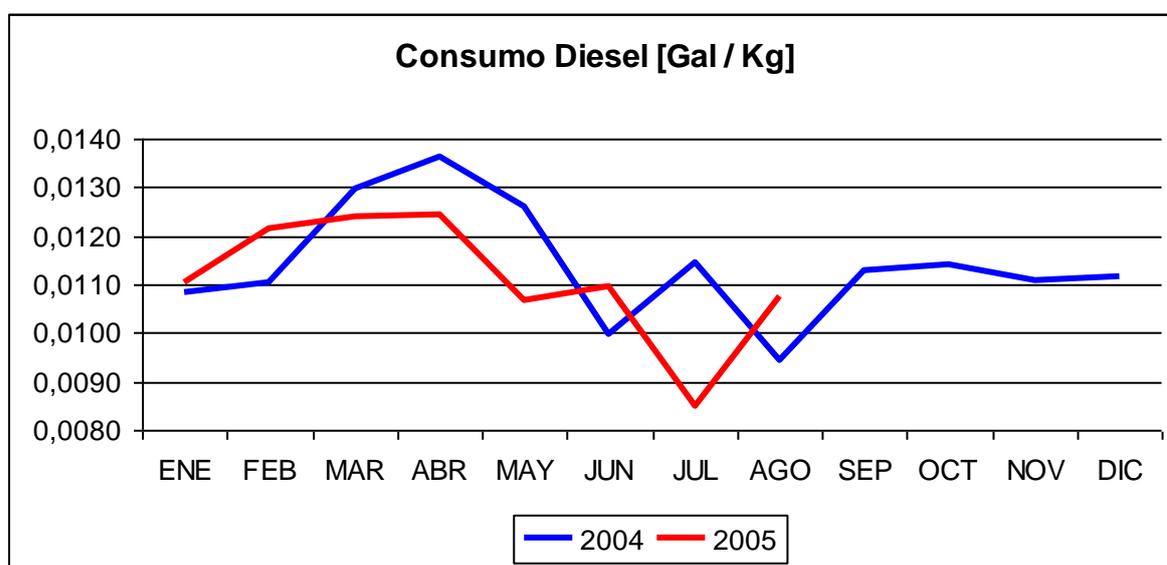


Fig. 4.6 Gráfica comparativa del consumo de combustible, 2004 - 2005

Se puede ver claramente que tras implementar los mantenimientos se ha obtenido una sustancial reducción de los consumos unitarios de combustible, y de esta manera una mayor eficiencia en el consumo de combustible en los calderos; es importante mantener el calendario de manteniendo en los calderos, pues si los mantenimientos se extienden, se podrá notar claramente un aumento en el consumo unitario.

Para analizar más detenidamente cada uno de los calderos, se debe disgregar individualmente tanto el consumo como la producción de las líneas que abastece cada caldero.

El caldero Bryan abastece únicamente a la línea BUHLER 1000, la producción mensual de esta línea está en un promedio de 234400 Kg. de pasta y su consumo promedio mensual de diesel es de 1600 galones; de esta manera tenemos el siguiente indicador:

Consumo de combustible en la línea B-1000

$$\text{Combustible Bryan} = \frac{\text{Galones}}{\text{Kg}_{(B1000)}} \quad (\text{ec 4.4})$$

El caldero Cleaver Brooks alimenta a las otras 3 líneas de producción, razón por la cual para evaluar el mismo índice anterior se considera la suma de la producción de las 3 líneas de producción, así el promedio de producción mensual es de 462790 Kg. Y el promedio de consumo mensual es de 4900 galones al mes; y se obtiene el segundo indicador:

Consumo de combustible en de Líneas NIDOS, B600 y Spaghetti.

$$\text{Combustible C.Brooks} = \frac{\text{Galones}}{\text{Kg}_{(NID+B600+SPGTI)}} \quad (\text{ec 4.5})$$

En la siguiente tabla se puede observar los índices promedio para cada uno de los meses de esta auditoría, y los gráficos a continuación muestran una secuencia de los índices mencionados.

Como se puede observar en la Figura 4.7; en el mes de Julio luego de haber realizado el mantenimiento de los calderos se tienen los mejores resultados en lo que se refiere a consumo unitario, sin embargo existe un aumento en el mes de agosto.

Tabla 4.8 Producción y consumos de combustible mensual

	2004			2005							
	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO
Línea de Producción											
Glutenado	77.559	80.441	42.445	83.226	48.435	68.630	46.554	67.156	75.490	63.638	57.810
Nidos	54.276	38.021	68.095	45.290	53.954	42.850	54.483	61.281	32.215	60.433	52.176
Bolonia	5.334	8.642	5.048	2.541	5.109	3.552	3.051	0	3.330	4.108	0
Spaguetti	120.203	44.338	37.142	47.322	48.438	0	46.930	43.218	70.398	39.995	49.760
Buhler 600 (Laminados)	275.910	299.466	258.189	307.374	318.091	307.106	289.071	307.255	307.384	295.705	288.988
TOTAL C. Brooks	533.282	470.908	410.919	485.753	474.027	422.138	440.089	478.910	488.817	463.879	448.734
Buhler 1000 (Prensados)	156.044	216.030	258.153	212.570	214.674	279.999	252.541	218.964	211.250	231.214	254.191
Consumo diesel											
Cleaver Brooks	5693,182	5505,682	5403,409	5556,818	6034,091	6272,727	6204,545	5352,273	5522,727	4244,318	5437,500
Bryan	1897,727	1835,227	1801,136	1852,273	2011,364	2090,909	2068,182	1784,091	1840,909	1414,773	1812,500
Combustible Bryan [Galones / Kg]	0,01216	0,00850	0,00698	0,00871	0,00937	0,00747	0,00819	0,00815	0,00871	0,00612	0,00713
Combustible Cleaver [Galones / Kg]	0,01068	0,01169	0,01315	0,01144	0,01273	0,01486	0,01410	0,01118	0,01130	0,00915	0,01212

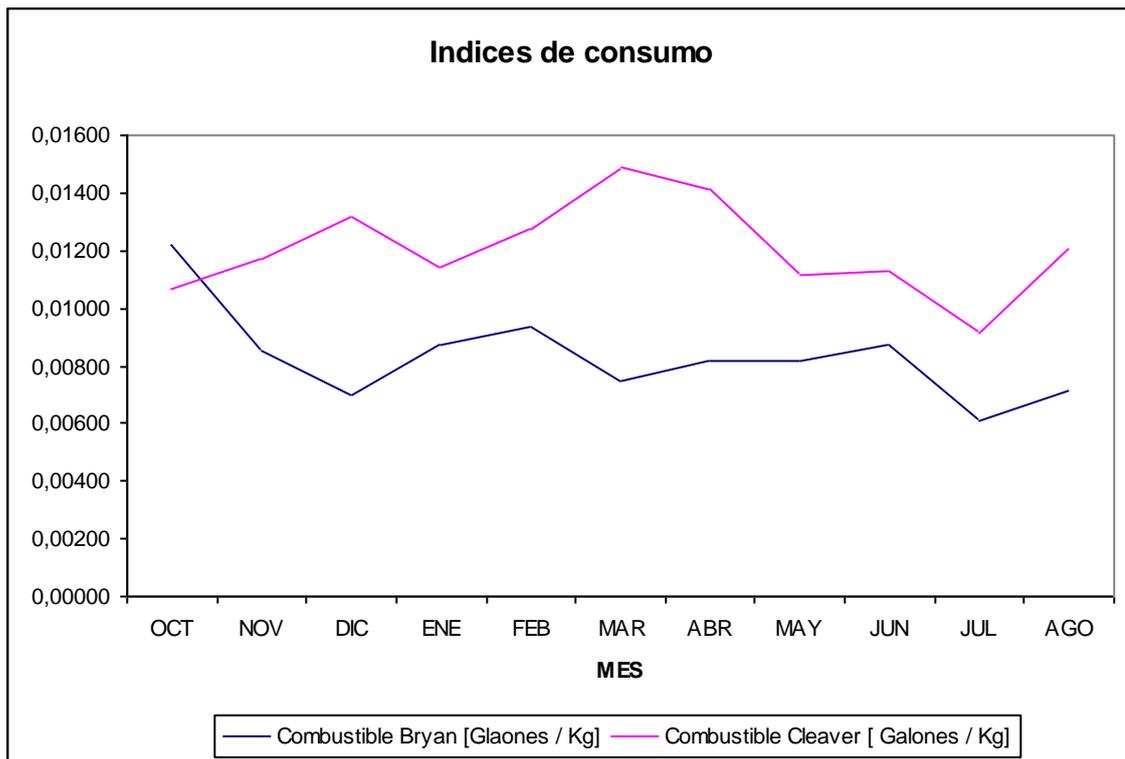


Fig. 4.7 Gráfica del consumo mensual de combustibles por caldero

4.5 MEDICIONES EN LOS EQUIPOS Y SISTEMAS DE CONSUMO ENERGÉTICO IMPORTANTES.

Los sistemas de consumo eléctrico deben ser controlados y monitoreados, puesto que representan el 70% del consumo energético mensual de la planta, es a estos sistemas a los que se les debe tener más en cuenta al momento de un análisis de consumo energético.

Las mediciones que se realizaren deben ser completamente confiables y reproducibles, es decir se deben especificar las condiciones en las que se toman las mediciones, para así poder garantizar la confiabilidad de estas medidas.

Los sistemas de consumo de combustible presentan una situación relativamente estable y son únicamente los calderos de agua caliente, y estos

dos calderos a futuro serán reemplazados por otro caldero de vapor, que alimente directamente a toda la planta por intercambiadores.

Los motivos para realizar esta modificación es que a futuro la planta instalará una línea que demanda vapor para la cocción del producto y se aprovechará dicho vapor con intercambiadores, pues la capacidad caloportadora del vapor es mayor que la del agua, y se trabajará con un solo equipo en vez de con dos.

4.5.1 REGISTRO DE PÉRDIDAS POR TRANSFERENCIA DE TEMPERATURA.

Los consumos termo energéticos en la planta principalmente vienen del uso de la temperatura generada en calderos, el fluido caloportador es el agua y esta es transportada por tuberías de 4 pulgadas hasta los distribuidores de cada línea; ciertas tuberías tienen recubrimiento, mas otras no; aquí se han registrado altas pérdidas energéticas, las cuales representan un alto consumo innecesario que genera un gasto mensual extra en consumo de combustibles; con la inversión en recubrimientos aislantes de tubería, una inversión que no sobrepasa los 2000 dólares, los consumos pueden reducirse drásticamente; a continuación un ejemplo de cálculo para la cantidad de calor perdido con respecto a tubería cubierta con aislante térmico y tubería descubierta.

4.2.1.1 PÉRDIDAS TÉRMICAS EN TUBERIAS DESCUBIERTAS

Tubería diámetro nominal 1/2"

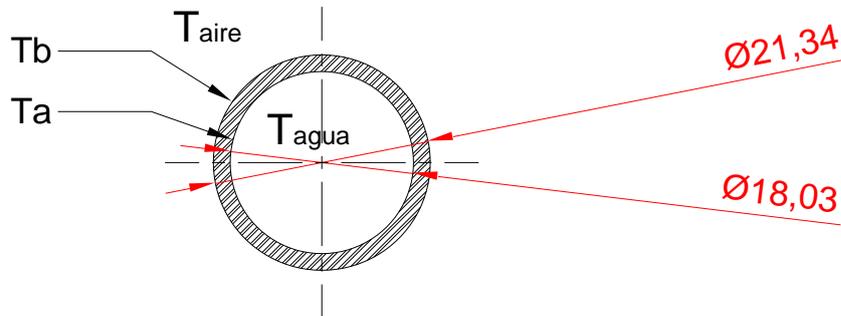


Fig. 4.8 Tubería de transporte de fluido caloportador, descubierta

Datos Tomados

$$T_{\omega 1} := 90 \text{ } ^\circ\text{C} \quad d_1 := 0.01803 \text{ m} \quad l := 1 \text{ m}$$

$$T_{\omega 2} := 25 \text{ } ^\circ\text{C} \quad d_2 := 0.02134 \text{ m}$$

Conductividad térmica del acero

$$K_{ac} := 23.8 \frac{\text{Btu}}{\text{h} \cdot \text{ft} \cdot ^\circ\text{F}} \quad (\text{ec 4.6})$$

$$K_a := K_{ac} \cdot 1.73073 \frac{\text{W}}{\text{m} \cdot ^\circ\text{C}} \quad (\text{ec 4.7})$$

$$K_a = 41.191 \frac{\text{W}}{\text{m} \cdot ^\circ\text{C}}$$

Coefficiente de convección agua acero

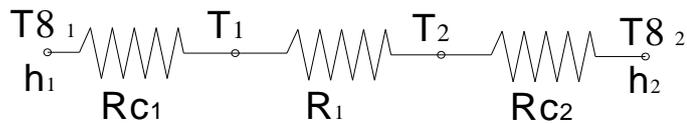
$$h_1 := 500 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}}$$

Coefficiente de convección acero aire

$$h_2 := 10 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{°C}}$$

Cálculo del calor total perdido por unidad de área.

Se realiza una analogía eléctrica con la resistencia que presenta cada material a la transferencia de calor



Calculamos el área de convección entre agua y acero en un metro de longitud.

$$A_1 := \pi \cdot d_1 \cdot l$$

$$A_1 = 0.057 \text{ m}^2$$

Calculamos el valor de la resistencia R_{c1}

$$R_{c1} := \frac{1}{h_1 \cdot A_1} \tag{ec 4.8}$$

$$R_{c1} = 0.035 \frac{\text{°C}}{\text{W}}$$

Calculamos el valor de la resistencia R_1

$$R_1 := \left(\frac{1}{2 \cdot \pi \cdot K_a \cdot l} \right) \cdot \ln \left(\frac{\frac{d_2}{2}}{\frac{d_1}{2}} \right) \tag{ec 4.9}$$

$$R_1 = 0.00065 \frac{\text{°C}}{\text{W}}$$

Calculamos el area de convección entre agua y acero en un metro de long

$$A_2 := \pi \cdot d_2 \cdot l$$

$$A_2 = 0.067 \text{ m}^2$$

Calculamos el valor de la resistencia Rc

$$R_{c2} := \frac{1}{h_2 \cdot A_2}$$

$$R_{c2} = 1.492 \frac{^\circ\text{C}}{\text{W}}$$

Cálculo de la resistencia total del sistema

$$R_t := R_{c1} + R_1 + R_{c2} \quad (\text{ec 4.10})$$

$$R_t = 1.528 \frac{^\circ\text{C}}{\text{W}}$$

Cálculo del calor total perdid

$$Q := \frac{T_{\omega 1} - T_{\omega 2}}{R_t} \quad (\text{ec 4.11})$$

$$Q = 42.551 \text{ W}$$

4.2.1.2 PÉRDIDAS TÉRMICAS EN TUBERÍA CUBIERTA

Tubería diámetro nominal 1/2"

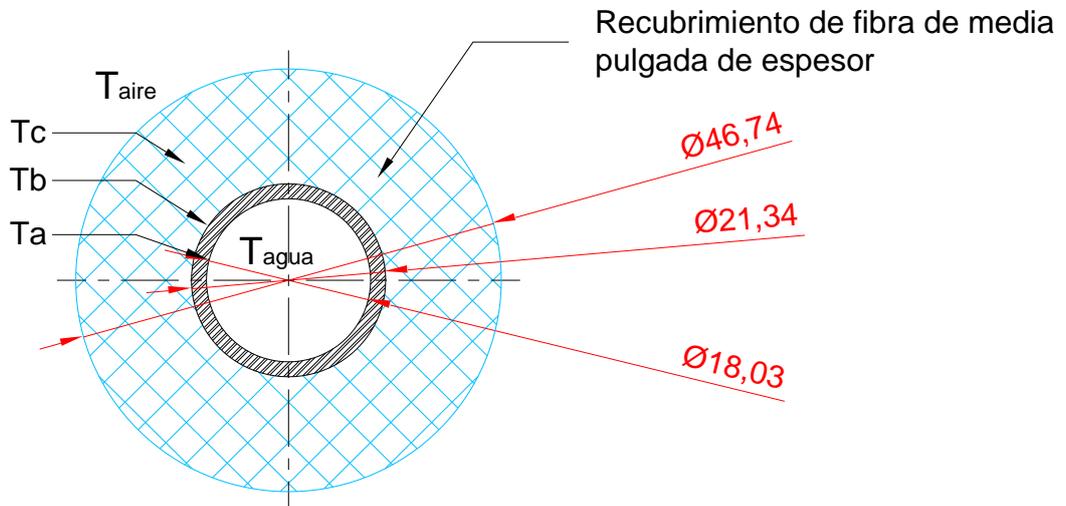


Fig. 4.9 Tubería de transporte de fluido caloportador, cubierta

Datos Tomados

$$T_{w1} := 90 \text{ } ^\circ\text{C} \quad d1 := 0.01803 \text{ m} \quad l := 1 \text{ m}$$

$$T_{w2} := 25 \text{ } ^\circ\text{C} \quad d2 := 0.02134 \text{ m}$$

$$d3 := 0.04674 \text{ m}$$

Conductividad térmica del acero

$$K_{ac} := 23.8 \frac{\text{Btu}}{\text{h} \cdot \text{ft} \cdot ^\circ\text{F}}$$

$$K_a := K_{ac} \cdot 1.73073 \frac{\text{W}}{\text{m} \cdot ^\circ\text{C}}$$

$$K_a = 41.191 \frac{\text{W}}{\text{m} \cdot ^\circ\text{C}}$$

Coefficiente de convección agua acero

$$h1 := 500 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}}$$

Coefficiente de convección fibra aire

$$h_2 := 7.9 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}}$$

Conductividad térmica de la fibra:

$$K_{ai} := 0.032 \frac{\text{Btu}}{\text{h} \cdot \text{ft} \cdot ^\circ\text{F}}$$

$$K_{ais} := K_{ai} \cdot 1.73073 \frac{\text{W}}{\text{m} \cdot ^\circ\text{C}}$$

$$K_{ais} = 0.055 \frac{\text{W}}{\text{m} \cdot ^\circ\text{C}}$$

Cálculo del calor total perdido por unidad de área

Se realiza una analogía eléctrica con la resistencia que presenta cada material a la transferencia de calor.



Calculamos el área de convección entre agua y acero en un metro de longitud

$$A_1 := \pi \cdot d_1 \cdot l$$

$$A_1 = 0.057 \text{ m}^2$$

Calculamos el valor de la resistencia R_{c1}

$$R_{c1} := \frac{1}{h_1 \cdot A_1}$$

$$R_{c1} = 0.035 \quad \frac{^{\circ}\text{C}}{\text{W}}$$

Calculamos el valor de la resistencia F₁

$$R_1 := \left(\frac{1}{2 \cdot \pi \cdot K_a \cdot l} \right) \cdot \ln \left(\frac{\frac{d_2}{2}}{\frac{d_1}{2}} \right)$$

$$R_1 = 0.000651 \quad \frac{^{\circ}\text{C}}{\text{W}}$$

Calculamos el valor de la resistencia F₂

$$R_2 := \left(\frac{1}{2 \cdot \pi \cdot K_{ais} \cdot l} \right) \cdot \ln \left(\frac{\frac{d_3}{2}}{\frac{d_2}{2}} \right)$$

$$R_2 = 2.253 \quad \frac{^{\circ}\text{C}}{\text{W}}$$

Calculamos el area de convección entre agua y acero en un metro de long

$$A_3 := \pi \cdot d_3 \cdot l$$

$$A_3 = 0.147 \quad \text{m}^2$$

Calculamos el valor de la resistencia R_{c2}

$$R_{c2} := \frac{1}{h_3 \cdot A_3}$$

$$R_{c2} = 0.862 \quad \frac{^{\circ}\text{C}}{\text{W}}$$

Cálculo de la resistencia total del sistema

$$R_{tot} := R_{c1} + R_1 + R_2 + R_{c2}$$

$$R_{tot} = 3.151 \frac{^{\circ}\text{C}}{\text{W}}$$

Cálculo del calor total perdido

$$Q_1 := \frac{T_{\omega 1} - T_{\omega 2}}{R_{tot}}$$

$$Q_1 = 21.58 \text{ W}$$

Calculamos el ahorro en Watts que representa usar recubrimiento de fibra

$$Q_{\text{ahorro}} := Q - Q_1$$

$$Q_{\text{ahorro}} = 22.935 \text{ W}$$

En el pastificio encontramos varias tuberías descubiertas, tanto en la línea de NIDOS así como también en la línea de Spaghetti; en la siguiente tabla 4.6 observamos los valores totales de reducción de consumo al recubrir todas las tuberías con aislante de fibra de vidrio.

Tabla. 4.9 Pérdida de calor y ahorro en tuberías de transporte de fluido caloportador.

Línea			Spaghetti	Spaghetti	Spaghetti	Spaghetti	NIDOS	NIDOS	NIDOS	NIDOS	NIDOS
Tubería	Simbología	Unidad	1/2"	3/4"	1 1/2"	2"	1 1/2"	3/4"	1 1/2"	1 1/2"	2"
Diametro int.	d1	m	0,0180	0,0234	0,0423	0,0548	0,0423	0,0234	0,0423	0,0423	0,0548
Diametro ext.	d2	m	0,0213	0,0267	0,0483	0,0603	0,0483	0,0267	0,0483	0,0483	0,0603
Diametro ais.	d3	m	0,0467	0,0521	0,0991	0,1111	0,0991	0,0521	0,0991	0,0991	0,1111
T agua	Ta1	°C	90,0000	90,0000	90,0000	90,0000	93,0000	93,0000	78,0000	92,0000	94,0000
T ambiente	Ta2	°C	25,0000	25,0000	25,0000	25,0000	25,0000	25,0000	25,0000	25,0000	25,0000
Longitud	L	m	24,0000	168,0000	131,0000	19,0000	5,6000	18,2000	22,7500	22,7500	17,3000
Cond. Acero	Ka	W/m°C	41,1910	41,1910	41,1910	41,1910	41,1910	41,1910	41,1910	41,1910	41,1910
Cond. Aislante	Kais	W/m°C	0,0550	0,0550	0,0550	0,0550	0,0550	0,0550	0,0550	0,0550	0,0550
Conv agua ac.	h1	W/m2°C	500,0000	500,0000	500,0000	500,0000	500,0000	500,0000	500,0000	500,0000	500,0000
Conv. Ac. Aire	h2	W/m2°C	10,0000	10,0000	10,0000	10,0000	10,0000	10,0000	10,0000	10,0000	10,0000
Conv. Fib. Aire	h3	W/m2°C	7,9000	7,9000	7,9000	7,9000	7,9000	7,9000	7,9000	7,9000	7,9000
Área conv 1	A1	m2	1,3594	12,3344	17,4003	3,2704	0,7438	1,3362	3,0218	3,0218	2,9778
Resis conv	Rc1	°C/W	0,0027	0,0247	0,0348	0,0065	0,0015	0,0027	0,0060	0,0060	0,0060
Resis tubo	R1	°C/W	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0001	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Resis aislam.	R2	°C/W	0,0945	0,0115	0,0159	0,0930	0,3716	0,1064	0,0915	0,0915	0,1022
Área conv 2	A2	m2	1,6090	14,0761	19,8613	3,6005	0,8490	1,5249	3,4492	3,4492	3,2784
Área conv 3	A3	m2	3,5241	27,4819	40,7680	6,6328	1,7428	2,9772	7,0799	7,0799	6,0393
Resis conv des	Rc2	°C/W	0,0622	0,0071	0,0050	0,0278	0,1178	0,0656	0,0290	0,0290	0,0305
Resis conv cub	Rc2'	°C/W	0,0359	0,0046	0,0031	0,0191	0,0726	0,0425	0,0179	0,0179	0,0210
Resis total des	Rt	°C/W	0,0649	0,0318	0,0398	0,0343	0,1194	0,0683	0,0351	0,0351	0,0365
Resis total cub	Rt'	°C/W	0,1332	0,0408	0,0538	0,1187	0,4458	0,1516	0,1154	0,1154	0,1291
Calor descub	Q	W	1001,5953	2045,5643	1631,5522	1893,1558	569,7060	995,9266	1511,7679	1911,1029	1891,4417
Calor cubierto	Q1	W	488,0050	1593,0616	1208,3027	547,6321	152,5315	448,5671	459,2118	580,5130	534,3523
Calor ahorrado	Qahorro	W	513,5902	452,5028	423,2495	1345,5237	417,1745	547,3595	1052,5561	1330,5898	1357,0894
TOTAL	Ahorro	W	J/s	7439,64							

Al registrar las temperaturas del fluido al inicio y al final de ciertos trayectos se puede tener una idea de la cantidad de calor entregada al proceso, el objetivo es evaluar las pérdidas y verificar la eficacia y eficiencia de los procesos de secado; por otra parte al registrar las temperaturas de las tuberías se logra determinar con un grado de exactitud, la energía que es desperdiciada por convección en ambientes fuera de proceso.

Ahorro en dólares al usar recubrimiento térmico.

$pcd := 33330$	$\frac{\text{kcal}}{\text{gal}}$	Poder calorico diesel
$Ah := 7439.64$	$W = \frac{J}{s}$	Ahorro obtenido de calcul
$Ah1 := \frac{Ah}{4186.8}$	$\frac{\frac{J}{s}}{\frac{J}{\text{kcal}}}$	
$Ah1 = 1.777$	$\frac{\text{kcal}}{s}$	
$AH := Ah1 \cdot 3600$	$\frac{\text{kcal}}{h}$	
$AH = 6396.939$	$\frac{\text{kcal}}{h}$	Ahorro en un día de trabaj
$T := 720$	$\frac{h}{\text{mes}}$	Horas de trabajo en un me
$At := \frac{AH \cdot T}{pcd}$		
$At = 138.188$	$\frac{\text{gal}}{\text{mes}}$	Ahorro en un mes de trabæ
$US := 0.9187$	$\frac{\text{USD}}{\text{gal}}$	Ahorro en un mes de trabæ
$Aus := At \cdot US$		
$Aus = 126.953$	$\frac{\text{USD}}{\text{mes}}$	Ahorro en un mes de trabæ

4.5.2 REGISTRO DE ANÁLISIS DE GASES DE COMBUSTIÓN.

Los gases de combustión de los calderos han registrado tomas tanto antes como después de realizados los mantenimientos, teniendo de esta manera una mejora en el rendimiento de los calderos, tanto en su funcionamiento, como en la eficiencia de combustión.

Tabla 4.10 Registros de mediciones de emisiones gaseosas.

	Unidad	M1	M2	M3	M4
Temperatura	°C	198,6	190,1	195,3	198,0
Oxígeno	%	14,2	12,9	9,8	14,8
Dióxido de carbono	%	5,08	6,0	8,4	4,6
Monóxido de carbono	ppm	867	4211	1261	94
Dióxido de azufre	ppm	79	66	32	100
Temperatura ambiente	°C	25,8	26,0	25,1	28,1
monóxidos de Nitrógen	ppm	58	57	92	59
Dioxido de Nitrógeno	ppm	0,0	0,0	0,2	0,2
Óxidos de Nitrógeno	ppm	58	57	92	59
Exceso de aire	%	187,9	143,2	79,3	218,8
Eficiencia combustión	%	77,3	80,5	83,8	75,7
Caudal de bomba	L / m	0,55	0,51	0,50	0,50
# de humo	-	0	0	0	0

Tabla 4.10 continuación. Registros de mediciones de emisiones gaseosas.

	Unidad	M5	M6	M7	M8	M9
Temperatura	°C	208,8	211,0	184,1	204,0	193,4
Oxígeno	%	15,5	13,1	12,8	13,6	15,3
Dióxido de carbono	%	4,1	5,9	6,1	5,5	4,2
Monóxido de carbono	ppm	64	117	4203	32	4
Dióxido de azufre	ppm	86	131	16	88	76
Temperatura ambiente	°C	29,8	30,1	27,7	31,8	31,9
monóxidos de Nitrógen	ppm	54	75	61	72	54
Dioxido de Nitrógeno	ppm	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0
Óxidos de Nitrógeno	ppm	54	75	61	72	54
Exceso de aire	%	252,2	153,0	138,8	167,2	244,8
Eficiencia combustión	%	72,7	78,7	81,3	78,6	75,2
Caudal de bomba	L / m	0,54	0,53	0,51	0,52	0,52
# de humo	-	0	0	0	0	0

Las emisiones gaseosas son una parte importante en la contaminación ambiental, su relevancia con una auditoría energética es que a partir de los datos que brindan estas emisiones gaseosas se puede analizar levemente los consumos de combustible.

En las primeras lecturas se evidencia un caldero mal calibrado y que consume una gran cantidad de combustible, esto se evidencia por la alta presencia de monóxido de Carbono, y estas cantidades de esta sustancia también confirman una gran cantidad de hidrocarburos no combustionados.

Tabla 4.11 Valores de emisiones gaseosas en unidades controladas por el municipio.

Comparación de resultados con límites permitidos por la ley municipal							
LECTURA	CO	SO2	NOX	LECTURA	CO	SO2	NOX
	kg/m3 comb	kg/m3 comb	kg/m3 comb		kg/m3 comb	kg/m3 comb	kg/m3 comb
1	21	4,4	2,3	6	3	7,4	3,0
2	103,0	3,7	2,3	7	102,9	0,9	2,5
3	30,9	1,8	3,7	8	0,8	4,9	2,9
4	2	5,6	2,4	9	0,10	4,3	2,2
5	1,6	4,8	2,2				
Promedio	31,8	4,1	2,6		21,3	3,5	2,1
Límite permisible	0,6	12,0	3,0		0,6	12,0	3,0

4.2.2.1 EFICIENCIA DE LA CALDERA

La eficiencia en un caldero es importante pues estas son maquinarias que se mantienen trabajando sin dar problemas, pues pueden regularse automáticamente, aumentar su consumo y seguir brindando el servicio sin que nadie se de cuenta; las pérdidas energéticas hacen que los calderos se regulen a un mayor consumo y así sigan funcionando normalmente, estas pérdidas normalmente se presentan en:

- Inquemados
- Gases de combustión
- Transferencia de calor por paredes del caldero

En el caso de los calderos en evaluación, como se pudo ver en el análisis anterior los inquemados fueron prácticamente eliminados y de este modo estas pérdidas tienen una tendencia a cero por lo que se las considerará despreciables.

La eficiencia neta esta dada por:

$$EfN = 100\% - P_{tot} \quad (\text{ec 4.12})$$

Donde:

EfN = Eficiencia Neta

P_{tot} = Pérdidas Totales

Las pérdidas totales están dadas por:

P_{tot} = Pérdidas por gases de combustión + Pérdidas por transferencia de calor

4.2.2.2 PÉRDIDAS POR GASES DE COMBUSTIÓN

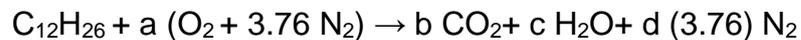
Como se mencionó anteriormente los gases de combustión son el medio de comunicación entre la caldera y el calderista, para este análisis la pauta es la temperatura de los gases, si estos son extremadamente calientes significa que los tubos de la caldera tienen muchas incrustaciones y no pueden realizar bien la transferencia de calor, y se necesita que la caldera reciba mantenimiento.

La pérdida de calor por gases de combustión esta directamente asociada con el calor sensible de CO₂, H₂O, O₂ y N₂ presentes en los gases emitidos, estos valores se encuentran en la tabla 4.9 para obtener estos valores necesitamos establecer los valores de moles durante el proceso de combustión, para esto debemos obtener la reacción real de combustión; se utilizarán las lecturas 1 y 9 para comparar los estados inicial y final del caldero ante el mantenimiento realizado.

La composición del aire seco, es decir sin considerar humedad, esta dada por 20,9 % de oxígeno (O₂), 78,1 % de nitrógeno (N₂), 0,9 % de argón (Ar), y 0,1 % de otros gases entre los cuales encontramos hidrógeno y helio.

Para el análisis el argón se lo considera como nitrógeno y a los gases en pequeñas cantidades se los considera despreciables, de manera que se considera molarmente, 21% de oxígeno y 79 % de Nitrógeno, de esta manera al considerar aire se considera 1 Kmol de oxígeno y $0.79 / 0.21 = 3.76$ Kmol de nitrógeno.

La ecuación estequiométrica de de la combustión del diesel es:



Igualamos,

$$C: \quad 12 = b$$

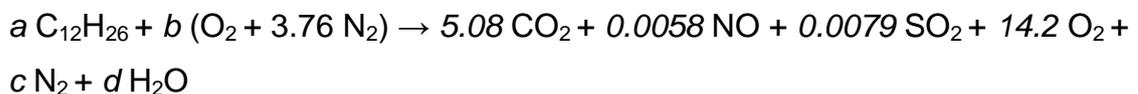
$$H: \quad 26 = 2c \qquad c = 13$$

$$O: \quad 2a = 2b + c \qquad a = 18.5$$

$$N: \quad 7.52a = 7.52d \qquad d = 18.5$$

Para poder determinar una mejora en la eficiencia de la caldera se considera en el análisis las medidas 1 y 9, siendo estas las más representativas antes y después del mantenimiento.

MEDIDA 1



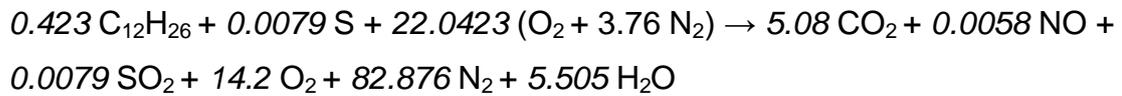
$$C: \quad 12a = 5.08 \qquad a = 0.423$$

$$H: \quad 26a = 2d \qquad d = 5.0503$$

$$O: \quad 2b = (2)5.08 + 0.0058 + 0.0079(2) + (2)14.2 + d \qquad b = 22.0423$$

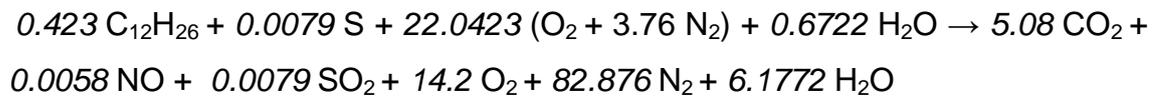
$$N: \quad 2(3.76)b = 0.0058 + 2c \qquad c = 82.876$$

Al resolver la ecuación anterior se obtiene la ecuación química que considera aire seco.

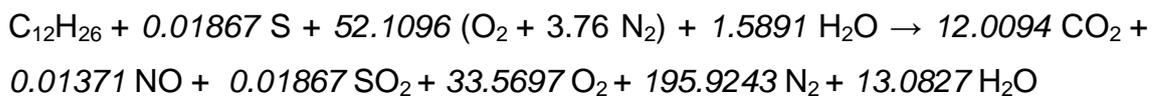


Ahora se debe considerar la humedad del aire, para esto ingresamos a tablas psicrométricas del aire ANEXO 4 con la presión atmosférica o con la altura en la localidad y con las temperaturas de bulbo húmedo y bulbo seco del aire que ingresa al caldero.

La presión atmosférica en la fábrica esta en 10,6 psia. Esto es igual a 0.7218 atm; la temperatura del aire al ingresar es de 30 °C en bulbo seco y de 27 °C en bulbo húmedo; se obtiene un contenido de agua de 0.0305 Kgm agua / Kgm de aire seco, con estos valores se plantea nuevamente la ecuación obteniendo la ecuación real de combustión del diesel considerando la humedad del aire:



Para encontrar la ecuación real a partir de una Kilo mol de combustible dividimos todo para 0.423 y obtenemos:



Obteniendo la relación aire combustible estequiométrica y la real podemos encontrar el exceso de aire.

$$A/C = \frac{m_{aire}}{m_{combustible}} \quad (\text{ec 4.13})$$

$$(A/C)_{Esteq} = \frac{18.5 \text{ kgm } O_2}{\text{kgm comb}} \times \frac{1 \text{ kgm aire}}{0.21 \text{ kgm } O_2} \times \frac{28.96 \text{ kg aire}}{1 \text{ kgm aire}} \times \frac{\text{kgm comb}}{170 \text{ kg comb}}$$

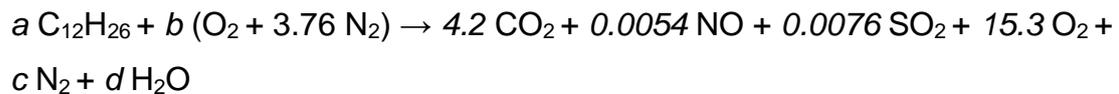
$$(A/C)_{Esreq} = 15 \frac{kg \text{ aire}}{kg \text{ comb}}$$

$$(A/C)_{real} = \frac{52.1096 \text{ kgm } O_2}{\text{kgm comb}} \times \frac{1 \text{ kgm aire}}{0.21 \text{ kgm } O_2} \times \frac{28.96 \text{ kg aire}}{1 \text{ kgm aire}} \times \frac{\text{kgm comb}}{170 \text{ kg comb}}$$

$$(A/C)_{real} = 42.18 \frac{kg \text{ aire}}{kg \text{ comb}}$$

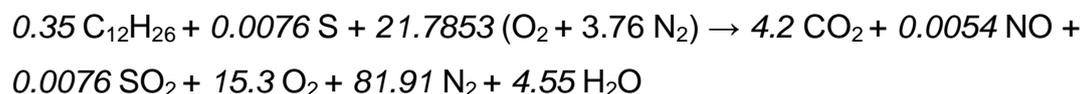
$$\frac{(A/C)_{real}}{(A/C)_{Esteq}} = \frac{42.18}{15} = 2.81 \rightarrow 181\% \text{ exceso de aire}$$

MEDIDA 9



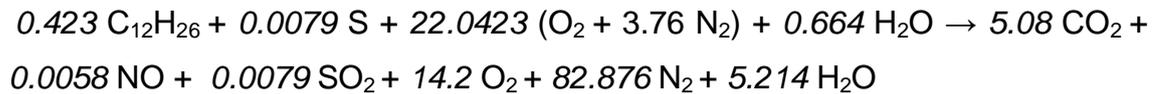
C:	$12a = 4.2$	$a = 0.35$
H:	$26a = 2d$	$d = 4.55$
O:	$2b = (2)4.2 + 0.0054 + 0.0076 (2) + (2)15.3 + d$	$b = 21.7853$
N:	$2(3.76)b = 0.0054 + 2c$	$c = 81.91$

Al resolver la ecuación anterior se obtiene la ecuación química que considera aire seco.

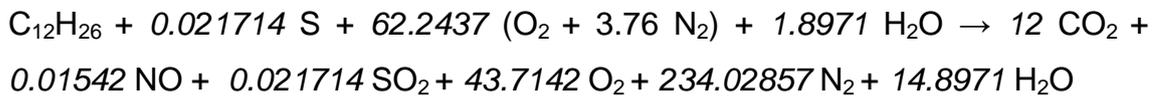


Ahora se debe considerar la humedad del aire, para esto ingresamos a tablas psicrométricas del aire ANEXO 4 con la presión atmosférica o con la altura en la localidad y con las temperaturas de bulbo húmedo y bulbo seco del aire que ingresa al caldero.

La presión atmosférica en la fábrica esta en 10,6 psia. Esto es igual a 0.7218 atm; la temperatura del aire al ingresar es de 30 °C en bulbo seco y de 27 °C en bulbo húmedo; se obtiene un contenido de agua de 0.0305 Kgm agua / Kgm de aire seco, con estos valores se plantea nuevamente la ecuación obteniendo la ecuación real de combustión del diesel considerando la humedad del aire:



Para encontrar la ecuación real a partir de una Kilo mol de combustible dividimos todo para 0.423 y obtenemos:



Obteniendo la relación aire combustible estequiométrica y la real podemos encontrar el exceso de aire.

$$A/C = \frac{m_{aire}}{m_{combustible}}$$

$$(A/C)_{Esteq} = \frac{18.5 \text{ kgm } O_2}{\text{kgm comb}} \times \frac{1 \text{ kgm aire}}{0.21 \text{ kgm } O_2} \times \frac{28.96 \text{ kg aire}}{1 \text{ kgm aire}} \times \frac{\text{kgm comb}}{170 \text{ kg comb}}$$

$$(A/C)_{Esreq} = 15 \frac{\text{kg aire}}{\text{kg comb}}$$

$$(A/C)_{real} = \frac{62.2437 \text{ kgm } O_2}{\text{kgm comb}} \times \frac{1 \text{ kgm aire}}{0.21 \text{ kgm } O_2} \times \frac{28.96 \text{ kg aire}}{1 \text{ kgm aire}} \times \frac{\text{kgm comb}}{170 \text{ kg comb}}$$

$$(A/C)_{real} = 50.3877 \frac{\text{kg aire}}{\text{kg comb}}$$

$$\frac{(A/C)_{real}}{(A/C)_{Esteq}} = \frac{50.387}{15} = 3.359 \rightarrow 235\% \text{ exceso de aire}$$

Comparando los valores de exceso de aire con los del equipo de calibración podemos asegurar que las calibraciones se han realizado a una base de confiabilidad y que los valores de las emisiones tras haber calibrado el caldero (medida 9) están dentro de los rangos permitidos por la ley.

El calor sensible se lo calcula de la siguiente manera:

$$Cs = Mol * T^{\circ} * Cp \quad (\text{ec 4.14})$$

Donde:

Cs = Calor sensible

Mol = Numero de moles de gas

T° = Temperatura del gas

Cp = Calor específico del gas

El calor sensible de cada uno de los gases de combustión se resume en la siguiente tabla:

Tabla 4.12 Valores de calor sensible de los gases lectura 1.

Lectura 1				
Elemento	Numero de moles gas	Temperatura gases	Calor específico	Calor sensible
	Kgm/Kg comb	°F	Kcal/Kgm °F	Kcal/Kg
CO2	0,070643529	389,48	4,76	130,9677911
H2O	0,076957059	389,48	4,38	131,2827705
N2	1,152495882	389,48	3,82	1714,699048
O2	0,197468824	389,48	3,82	293,7968012
Aire	0,306527059	82,4	0,132	3,334033513

Tabla 4.13 Valores de calor sensible de los gases lectura 9.

Lectura 9				
Elemento	Numero de moles gas	Temperatura gases	Calor específico	Calor sensible
	Kgm/Kg comb	°F	Kcal/Kgm °F	Kcal/Kg
CO2	0,070588235	389,48	4,76	130,86528
H2O	0,08763	389,48	4,38	149,4899799
N2	1,376638647	389,48	3,82	2048,181701
O2	0,257142353	389,48	3,82	382,5798898
Aire	0,366139412	82,4	0,132	3,982425154

Tabla 4.14 Poder calórico diesel 2

Poder calórico Diesel	
10350	Kcal/kg.

Las pérdidas totales por gases de combustión se obtienen de la siguiente manera:

$$P_g = \frac{(\sum C_s) - C_s(\text{aire})}{\text{Podercaloricodiesel}} * 100 \quad (\text{ec 4.15})$$

$$P_{g1} = 21.907 \%$$

$$P_{g9} = 26.155 \%$$

Se puede ver que las pérdidas por gases de combustión aumentaron, es decir que la caldera debe ser recalibrada.

4.2.2.3 PÉRDIDAS POR TRANSFERENCIA DE CALOR EN LAS PAREDES DEL CALDERO

El caldero tiene forma cilíndrica, y como se puede observar en la imagen...., existen zonas de mayor pérdida que otras; por asunto de cálculos se ha tomado una temperatura promedio entre todas las zonas del caldero y con esta temperatura se analizan las pérdidas por convección.

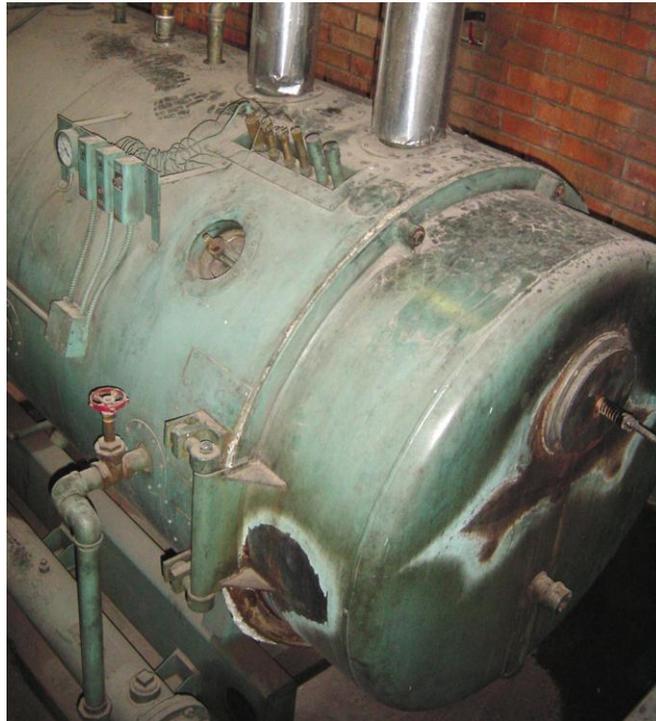


Fig. 4.10 Caldero de agua Cleaver Brooks.

Cálculo de las pérdidas por transferencia de calor en el caldero

$$T1 := 63 \text{ } ^\circ\text{C} \quad T2 := 27 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$d := 2.3 \text{ m}$$

$$L := 4.87 \text{ m}$$

Coeficiente de convección acero aire

$$h := 10 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}}$$

Calculamos el area de convección entre aire y ace

$$A := \pi \cdot d \cdot L + \pi \cdot \frac{d^2}{4}$$

$$A = 43.498 \text{ m}^2$$

Calculamos el valor de la resistencia

$$Rc := \frac{1}{h \cdot A}$$

$$Rc = 2.299 \times 10^{-3} \frac{^\circ\text{C}}{\text{W}}$$

Cálculo del calor total perdido

$$Q := \frac{T1 - T2}{Rc}$$

$$Q = 15659.46 \text{ W}$$

Las pérdidas por transferencia de calor son

$$Pc = \frac{Q_{perd}}{\text{energiacombustible}} * 100 \quad (\text{ec 4.16})$$

La energía del combustible es la rata de consumo multiplicada por su poder calórico.

$$E = 10.257 \text{ gal} / \text{h} * 33333.3 \text{ Kcal} / \text{gal}$$

$$E = 397629.7 [\text{W}]$$

$$P_c = \frac{15659.46 * 100}{397629.7}$$

$$P_c = 3.93\%$$

Como se puede ver el recubrir a la caldera con aislante térmico sería un gasto innecesario, por otro lado se puede mejorar esta pérdida realizando un cambio de refractario a otro de menor conductividad, pero esto no es nada rentable, por la cantidad de refractario que se debería cambiar, el costo y el ahorro que se obtendría.

Se obtiene un valor de pérdidas totales

$$P_t = P_g + P_c$$

$$P_t = 26.155 + 3.93$$

$$P_t = 30.085 \%$$

La eficiencia neta de la caldera es igual a 100 % - P_t

$$E_f = 100 - 30.085$$

$$E_f = 69.915 \%$$

Este resultado nos indica que se puede mejorar en la eficiencia de la caldera y esto se puede realizar esencialmente calibrando bien la caldera a fin de reducir las pérdidas en los gases de combustión. Principalmente se debe reducir la cantidad del exceso de aire pues una gran cantidad de energía se esta desperdiciando en calentar este exceso de aire.

4.5.3 REGISTRO DE CONSUMOS DE SISTEMAS DE AIRE COMPRIMIDO E ILUMINACIÓN.

4.2.3.1 SISTEMA DE AIRE COMPRIMIDO

El sistema de aire comprimido en su etapa inicial presentó varios problemas como han sido pérdidas, y consumos excesivos por funcionamientos constantes de los equipos, con un cambio de los equipos principales se ha obteniendo una mejor eficiencia en todo el sistema y además se obtuvo aire comprimido de mejor calidad.

El registro del consumo del sistema de aire comprimido se ha realizado en una base estimativa de la cantidad de aire comprimido que se consume en cada maquina, de acuerdo a catálogos, de esta manera se tiene un estimado de un consumo total, comparando con la capacidad de los compresores y así evaluar si el sobre dimensionamiento cumple con el 30 por ciento de pérdidas estimadas, este es el sobre dimensionamiento dado al sistema cuando se lo instaló y esta especificado en el contrato con la compañía proveedora.

Se debe considerar que la mayor parte del tiempo todos los equipos con demanda de aire comprimido se encuentran trabajando, es por esto que se considera todos los equipos para el calculo.

Tabla 4.15 Demanda de aire comprimido por maquinaria.

demanda de aire	
Maquinaria	cfm
Richareli 2C	6
Richareli 3C	6
Empaquetadora SPGTY	5
Simionato	10
Key Pack	16
Túnel B600	20
Túnel B1000	24
Estampadoras B600	5
Estampadoras B1000	5
Formadora Nidos	15
Molino	15
TOTAL	127

En la actualidad el sistema de aire comprimido esta alimentado por dos compresores de marca COMPAIRGEN, uno de tornillos y otro de paletas, el segundo esta representado en la tabla 3.3 como compresor nuevo, los compresores funcionan en paralelo pues la demanda es variable y en ocasiones puede ser mayor a la capacidad individual de estos equipos, la capacidad del compresor de tornillos es de 100 cfm.; el total de los dos compresores es 180.5 cfm. Este valor sobrepasa a los 130 que demanda la fábrica en un 42 %, por lo que se puede concluir que el sistema esta bien dimensionado e incluso tiene una consideración para un futuro crecimiento del sistema de aire comprimido.

4.2.3.2 SISTEMA DE ILUMINACIÓN

Para realizar el estudio de un sistema de iluminación de una planta industrial se deben tomar los datos pertinentes como son, número de luminarias, potencia, capacidad lumínica y disposición de las luminarias, y por ultimo en que área están colocadas estas luminarias y que nivel de iluminación requieren dichas áreas. Tras la presencia de traslúcidos se debe evaluar al sistema de iluminación, para su funcionamiento tanto en el día como en la noche, pues pueden existir zonas donde la intensidad lumínica que proporcione

el sol sea insuficiente para el desempeño de las labores, en dicho caso es recomendable aumentar el tamaño de los translúcidos, o encontrar la alternativa de una luminaria lo mas eficiente posible.

El sistema de iluminación en la fabrica es algo complejo, como se mencionó anteriormente existen varias zonas lumínicas (ver anexo 3), en la siguiente tabla podemos observar las zonas y el área de cada una; así como también el nivel de iluminación que cada una de estas zonas requiere.

Tabla 4.16 Áreas de zonas lumínicas.

Zona	Tipo de iluminación	Area m2
A	Media	579,75
B	Circulación	9,045
C	Circulación	217,53
D1	Alta ó trabajo	19,78
D2	Alta ó trabajo	19,78
D3	Alta ó trabajo	19,78
D4	Alta ó trabajo	19,78
E	Media	33,98
F	Alta ó trabajo	19,82
G	Circulación	13,62
G'	Alta ó trabajo	7,18
H	Alta ó trabajo	8,12
I	Circulación	28,53
J	Media	15,38
K	Media	72,7
L	Circulación	45,88
M	Circulación	45,88
N	Alta ó trabajo	133,46
O	Circulación	277,78
P	Baja	134,88
Q	Baja	113,73
R	Alta ó trabajo	148,68
R'	Alta ó trabajo	54,11
S	Alta ó trabajo	10,52

En la siguiente tabla se pueden ver las luminarias que son utilizadas en la mañana y si deberían o no ser usadas y durante cuanto tiempo. Las luminarias que son utilizadas en la noche están bien localizadas.

Tabla 4.17 Horas de uso de luminarias en la mañana.

LÁMPARAS QUE SE USAN EN LA MAÑANA			
LAMPARA	ZONA	HORAS DE USO	DEBERIAN
L9	D3	12	Depende
L10	D3	12	12
L11	D3	12	0
L12	D3	12	0
L13	D2	12	0
L14	D2	12	12
L16	F	6	1
L17	G	6	1
L39	J	12	0
L40	J	12	0
L57	L	12	0
L58	L	12	0
L59	L	12	0

4.6 EVALUACIÓN DE DATOS Y DE EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LOS SISTEMAS EN LA PLANTA.

Un correcto estudio y análisis de los datos tomados para el proceso de una auditoría es crucial para obtener resultados óptimos al realizar la planificación de proyectos de optimización y mejora.

Los sistemas de consumo energético deben ser analizados individualmente y conjuntamente, pues varios de ellos trabajan en conjunto y deben ser analizados por todas sus características.

4.3.3 PASTIFICIO

4.3.1.1 SISTEMA DE ILUMINACIÓN

Es posible determinar la iluminancia a través de varios métodos, algunos implican el uso de equipos sofisticados y caros, lo que encarece un análisis energético, por otra parte existe un método muy confiable y de bajo costo, basado en los principios técnicos para el desarrollo de estos equipos. El método se llama LUMEN y a través de este método se puede establecer cuantas luminarias se necesitan y la disposición de las mismas, y de igual

manera si las luminarias que se utilizan al momento están siendo eficientes o no.

El análisis de iluminación debe estar basado en el plano de la planta con las características de la iluminación requerida por las áreas de distribución.

Es necesario establecer el nivel de iluminación requerido por cada tipo de área, para esto no existe una norma específica con respecto a identificación de colores, pero se considera a la gama 1 a las zonas de mayor luminosidad y en escala de grises aumenta la tonalidad llegando a la gama 7, siendo la gama 1 un alto nivel de iluminación y la gama 7 una oscuridad total representada por el negro; también se puede tomar en cuenta la calidez de los colores donde el rojo y el verde se encuentran como colores cálidos y representan alta luminosidad; el celeste y el púrpura son colores fríos que representan niveles mínimos de iluminación.

Tabla 4.18 Colores de identificación de zonas lumínicas.

COLOR	Tipo de iluminación	Iluminación (lux)
Púrpura	Baja	80
Celeste	Circulación	150
Verde	Media	200
Rojo	Alta ó trabajo	280

Determinar la altura de las luminarias según el tipo de iluminación requerido; para este caso se considerará la iluminación directa, semidirecta y difusa, pues es la disposición que se usa en fábricas con el objetivo de aprovechar al máximo la capacidad lumínica de cada lámpara.

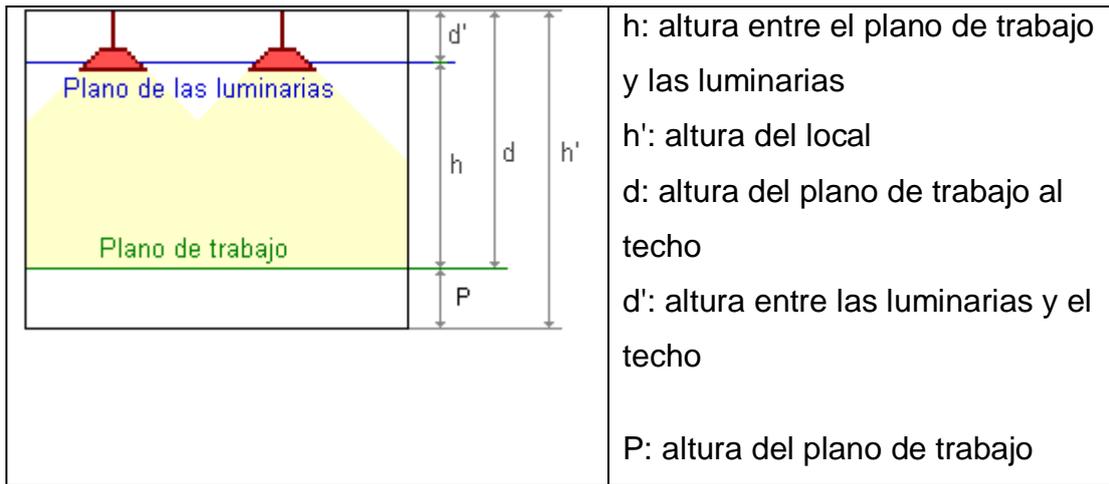


Fig. 4.11 Nomenclatura en plano de luminarias.

Tabla 4.19 Fórmulas para la altura de luminarias según el tipo de local.

	Altura de las luminarias
Locales de altura normal (oficinas, viviendas, aulas...)	Lo más altas posibles
Locales con iluminación directa, semidirecta y difusa	Mínimo: $h = \frac{2}{3}(h'-p)$ Óptimo: $h = \frac{4}{5}(h'-p)$
Locales con iluminación indirecta	$h = \frac{3}{4}(h'-p)$

A continuación se debe calcular la altura entre el plano de trabajo y la luminaria, de la misma manera se calcula el índice del local (k) a partir de la forma geométrica del local donde **a** es el ancho y **b** el largo

Tabla 4.20 Índice de local.

Tipo de iluminación	Índice del local
Iluminación directa, semidirecta, directa-indirecta y general difusa	$k = \frac{a \cdot b}{h \cdot (a + b)}$

Donde k es un número comprendido entre 1 y 10. A pesar de que se pueden obtener valores mayores de 10 con la fórmula, no se consideran pues la diferencia entre usar diez o un número mayor en los cálculos es despreciable.

Considerando la capacidad de reflectancia del ambiente en evaluación, se debe estimar un coeficiente de reflexión de la tabla 4.20

Tabla 4.21 Factor de reflexión según el color y la posición.

	Color	Factor de reflexión (ρ)
Techo	Blanco o muy claro	0.7
	claro	0.5
	medio	0.3
Paredes	claro	0.5
	medio	0.3
	oscuro	0.1
Suelo	claro	0.3
	oscuro	0.1

En este caso los coeficientes seleccionados son:

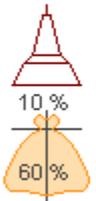
Coeficiente de reflexión del techo = 0.5

Coeficiente de reflexión de la pared = 0.5

Coeficiente de reflexión del piso = 0.3

El siguiente punto a evaluar es el tipo de utilización que va a tener la lámpara encendida por la demanda de un nivel lumínico óptimo, y por el tipo de reflexión de los alrededores; para esto se considera un coeficiente de utilización η

Tabla 4.22 Factor de utilización.

Tipo de aparato de alumbrado	Índice del local k	Factor de utilización (η)														
		Factor de reflexión del techo														
		0.8			0.7			0.5			0.3			0		
		Factor de reflexión de las paredes														
		0.5	0.3	0.1	0.5	0.3	0.1	0.5	0.3	0.1	0.3	0.1	0			
 10 % 60 %	0.6	.39	.35	.32	.38	.34	.32	.38	.34	.31	.33	.31	.30			
	0.8	.48	.43	.40	.47	.42	.40	.46	.42	.39	.41	.38	.37			
	1.0	.53	.49	.46	.52	.48	.45	.51	.47	.45	.46	.44	.41			
	1.25	.58	.54	.51	.57	.53	.50	.55	.51	.49	.50	.48	.45			
	1.5	.62	.58	.54	.61	.57	.54	.58	.55	.52	.53	.51	.48			
	2.0	.66	.62	.59	.64	.61	.58	.61	.59	.57	.56	.55	.52			
	2.5	.68	.65	.63	.67	.64	.62	.64	.61	.60	.59	.57	.54			
	3.0	.70	.67	.65	.69	.66	.64	.65	.63	.61	.60	.59	.56			
	$D_{max} = 1.0 H_m$	4.0	.72	.70	.68	.70	.69	.67	.67	.66	.64	.63	.61	.58		
	f_m	.70	.75	.80	5.0	.73	.71	.70	.71	.70	.68	.67	.66	.64	.63	.59

H_m : altura luminaria-plano de trabajo

Finalmente se determina el factor de mantenimiento, este esta dado por la cantidad de limpiezas programadas para una lámpara y también por el tipo de ambiente que se tiene, en el presente caso se tiene un ambiente bastante limpio pero hay que considerar que es un ambiente de polvo y que en ocasiones se levanta una gran cantidad de polvo que se acumula en las luminarias, por esto se considera un valor de $0.7 = f_m$.

Tabla 4.23 Factor de mantenimiento.

Ambiente	Factor de mantenimiento f_m
Limpio	0.8
Sucio	0.6

A continuación se obtiene el flujo luminoso requerido para la disposición física del local.

$$Fl = \frac{E^* (b^* a)}{\eta^* fm} \quad (\text{ec. 4.17})$$

Donde:

E= Nivel de lux requeridos sobre le plano de trabajo

b= Largo del local

a= Ancho del local

η = Coeficiente de utilización.

fm= factor de mantenimiento.

Se calcula de número de luminarias necesarias para el flujo de luminosidad obtenido

$$N = \frac{Fl}{Elu} \quad (\text{ec. 4.18})$$

Donde:

Fl = Flujo luminoso

Elu = Emisión luminosa de la lámpara.

Y por ultimo se evalúa la disposición de las luminarias dentro del local

$$Na = \sqrt{\frac{Nt}{b} * a} \quad (\text{ec. 4.19})$$

$$Nb = Na * \frac{b}{a}$$

Na = Número de luminarias requeridas a lo ancho.

Nb = Número de luminarias requeridas a lo largo.

En la tabla 4.23 se pueden observar los resultados de los cálculos para cada una de las zonas lumínicas que se consideran en esta auditoría.

Tabla 4.24 Calculo lumínico por zonas.

Zona	Tipo de iluminación	Área m2	Ancho	Largo	Iluminación	altura local	altura plano trabajo	Lámpara techo	Lámpara plano
			a	b	LUX	h'	P	d'	h
A	Media	579,75	9,8	60	200	9	2	2	4,667
B	Circulación	9,045	2,7	3,5	150	9	1	2	5,333
C	Circulación	217,53	6	38	150	9	1,5	2	5,000
D1	Alta ó trabajo	19,78	5,1	3,8	280	9	1,1	2	5,267
D2	Alta ó trabajo	19,78	5,1	3,8	280	9	5,2	2	2,533
D3	Alta ó trabajo	19,78	5,1	3,8	280	9	5,4	2	2,400
D4	Alta ó trabajo	19,78	5,1	3,8	280	9	1,1	2	5,267
E	Media	33,98	4,5	7,6	200	9	1,1	2	5,267
F	Alta ó trabajo	19,82	3,6	5,4	280	9	1,6	2	4,933
G	Circulación	13,62	3,5	3,8	150	9	1,2	2	5,200
G'	Alta ó trabajo	7,18	1,8	3,8	280	9	1,2	2	5,200
H	Alta ó trabajo	8,12	1,7	4,7	280	9	1,2	2	5,200
I	Circulación	28,53	4,7	5,9	150	9	1,2	2	5,200
J	Media	15,38	2,8	5,4	200	9	1	2	5,333
K	Media	72,7	5,4	13,1	200	9	2	2	4,667
L	Circulación	45,88	2,8	16,1	150	9	1,5	2	5,000
M	Circulación	45,88	2,8	16,1	150	9	2	2	4,667
N	Alta ó trabajo	133,46	8,3	16,1	280	9	6	2	2,000
O	Circulación	277,78	9,7	30,7	150	9	2	2	4,667
P	Baja	134,88	3,9	33,5	80	9	1,5	2	5,000
Q	Baja	113,73	3,5	30,7	80	9	1,5	2	5,000
R	Alta ó trabajo	148,68	6,1	20,6	280	9	1	2	5,333
R'	Alta ó trabajo	54,11	6,1	8,8	280	9	1,5	2	5,000
S	Alta ó trabajo	10,52	2,7	3,8	280	9	1,5	2	5,000

Tabla 4.24 Cálculo lumínico por zonas. Continuación.

altura actual	índice del local	coef techo	Coef paredes	coef piso	Coef uso	Factor manteni	Flujo luminoso	Nº Lámparas	Nº Lámparas
h	k	ct	cp	cpi	η	fm	Fl	n	n
5	10,0	0,5	0,5	0,3	0,69	0,7	243478,26	16,23	16
5	10,0	0,5	0,5	0,3	0,69	0,7	2934,78	0,20	1
5,5	10,0	0,5	0,5	0,3	0,69	0,7	70807,45	4,72	5
5,9	10,0	0,5	0,5	0,3	0,69	0,7	11234,78	0,75	1
1,8	10,0	0,5	0,5	0,3	0,69	0,7	11234,78	0,75	1
1,6	10,0	0,5	0,5	0,3	0,69	0,7	11234,78	0,75	1
5,9	10,0	0,5	0,5	0,3	0,69	0,7	11234,78	0,75	1
5,9	10,0	0,5	0,5	0,3	0,69	0,7	14161,49	0,94	1
5,4	10,0	0,5	0,5	0,3	0,69	0,7	11269,57	0,75	1
5,8	10,0	0,5	0,5	0,3	0,69	0,7	4130,43	0,28	1
5,8	7,4	0,5	0,5	0,3	0,69	0,7	3965,22	0,26	1
5,8	9,8	0,5	0,5	0,3	0,69	0,7	4631,88	0,31	1
5,8	10,0	0,5	0,5	0,3	0,69	0,7	8611,80	0,57	1
6	10,0	0,5	0,5	0,3	0,69	0,7	6260,87	0,42	1
5	10,0	0,5	0,5	0,3	0,69	0,7	29291,93	1,95	2
5,5	10,0	0,5	0,5	0,3	0,69	0,7	14000,00	0,93	1
5	10,0	0,5	0,5	0,3	0,69	0,7	14000,00	0,93	1
1	10,0	0,5	0,5	0,3	0,69	0,7	77466,67	5,16	5
5	10,0	0,5	0,5	0,3	0,69	0,7	92481,37	6,17	6
5,5	10,0	0,5	0,5	0,3	0,69	0,7	21639,75	1,44	2
5,5	10,0	0,5	0,5	0,3	0,69	0,7	17797,10	1,19	1
6	10,0	0,5	0,5	0,3	0,69	0,7	72846,38	4,86	5
5,5	10,0	0,5	0,5	0,3	0,69	0,7	31118,84	2,07	2
5,5	10,0	0,5	0,5	0,3	0,69	0,7	5947,83	0,40	1

Debido a que el número de luminarias y la ubicación de las mismas se encuentra aceptable y no requiere mayor atención, se debe considerar la posibilidad de encontrar otro tipo de ahorro, esto es instalando lámparas de menor consumo y de mayor vida útil; de esta manera se sugiere la instalación de lámparas electrónicas, la comparación entre estas y las actualmente instaladas se encuentra en la tabla 4. 24

Tabla 4.25 Comparación de lámparas

	Lámpara electrónica	Lámpara normal
Costo USD	38	21
Consumo W/h	32	40
vida útil horas	15000	8000
Consumo actual KWh / mes	786,24	920,4
Consumo mensual USD	55,0368	64,428

4.3.1.1 SISTEMA DE AIRE COMPRIMIDO

El sistema de aire comprimido fue optimizado, pues se reemplazó uno de los compresores que funcionaba en el sistema.

Anteriormente el sistema contaba con un compresor de tornillos y un compresor de pistones, el cual fue reemplazado por el compresor de paletas, este compresor tenía ya mas de 5 años de servicio y el mantenimiento generaba un rubro económico excesivo, razón por la cual fue reemplazado por otro equipo más eficiente.

Tabla 4.26 Características de compresores de aire.

Compresor Antiguo		
Potencia	10	HP
Velocidad	3510	rpm
Voltaje	220	V.
Consumo	25	A.
Frecuencia	60	Hz.
F. de Potencia	0,8	Cos fi
Capacidad	50.6	cfm.

Compresor Nuevo		
Potencia	15	Kw.
Velocidad	1760	rpm.
Voltaje	220	V.
Consumo	52	A.
Frecuencia	60	Hz.
F. de Potencia	0,83	cos fi
Capacidad	80.5	cfm

4.3.1.3 SISTEMA DE CALEFACCION EN SECADOR NIDOS

En la línea NIDOS, es notorio que existe una capacidad calorífica desperdiciada, es un túnel de secado antiguo cuyo sistema de calefacción funciona a partir de 8 radiadores no aleteados, las medidas de estos radiadores se observan en las figuras 4.10 y 4.11; al cambiar estos radiadores por otros con tubería aleteada, el calor se transmitirá mas fácilmente y como resultante se debe tener un menor consumo de combustible.

Tabla 4.27 Dimensiones de radiadores línea NIDOS

Largo	Ancho	TUBERIA*		
		Diámetro	Separación	Numero
1420	545	17	19	15
830	545	17	19	15

*Toda la tubería es de cobre.

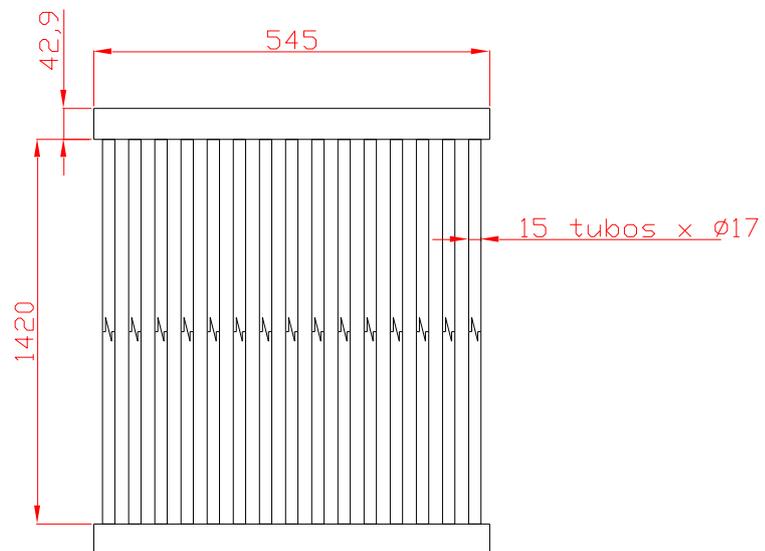


Fig. 4.12 Radiador grande no aleteado, LINEA NIDOS (medidas en mm.)

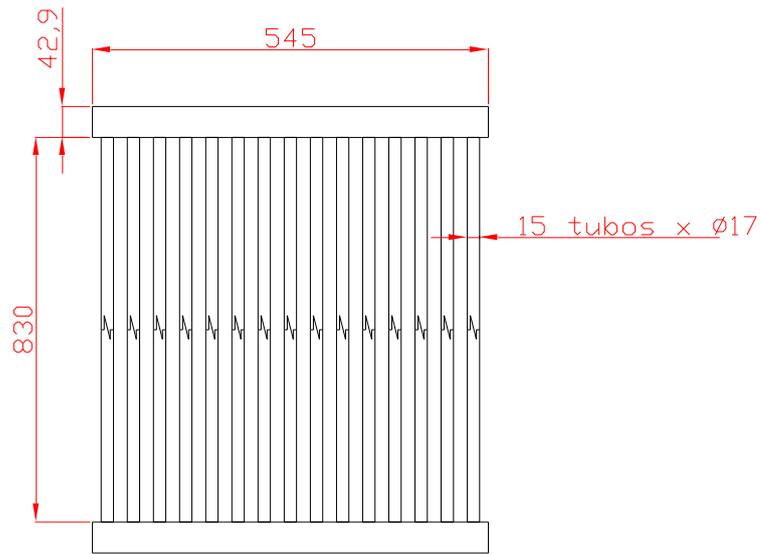


Fig. 4.13 Radiador pequeño no aleteado, LINEA NIDOS (medidas en mm.)

Las temperaturas de agua antes y después de pasar por los radiadores se las puede observar en la siguiente tabla.

Tabla 4.28 Temperatura del fluido caloportador túnel NIDOS.

Fecha	T° entrada	T° salida
08/04/2005	74	65
11/04/2005	91	79
11/04/2005	87	73
11/04/2005	91	79
11/04/2005	88	72
12/04/2005	88	78
13/04/2005	93	82
13/04/2005	90	71
PROMEDIO	87,75	74,875

Calculo de transferencia de calor radiadores no aleteados

DATOS

$N_{\text{tub}} := 15$ Numero de tubos por radiador

$D := 0.017$ m

$T_1 := 315$ °K Temperatura aire ingreso

$T_2 := 318$ °K Temperatura aire salida

$T_m := 316.5$ °K Temperatura promedio

$T_s := 343$ °K Temperatura superficial de tubos

$L_1 := 1.42$ m Longitud radiador grande

$L_2 := 0.830$ m Longitud radiador pequeño

$V := 18$ $\frac{\text{m}}{\text{s}}$ Velocidad de flujo cruzado de aire

Con los valores de la temperatura inicial del aire ingresamos a la tabla A4 de Incro

$$\nu := 17.399 \cdot 10^{-6} \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$$

$$k := 27.41 \cdot 10^{-3} \frac{\text{W}}{\text{m} \cdot \text{°K}}$$

$Pr := 0.7049$

Calculamos el numero de Reynolds

$$Re := \frac{V \cdot D}{\nu} \quad (\text{ec 4.20})$$

$Re = 17587.218$

Con el valor de Reynolds determinamos los valores de C y m para la siguiente ecuación y obtener el Nusselt

$C := 0.193$ $m := 0.618$

$$Nu := C \cdot Re^m \cdot Pr^{\frac{1}{3}} \quad (\text{ec 4.21})$$

$Nu = 72.188$

$$h := \frac{Nu \cdot k}{D} \quad (\text{ec 4.22})$$

$$h = 116.393$$

Calculamos el area total de transferencia para los dos radiadores

$$A1 := \pi \cdot D \cdot L1 \cdot Ntub$$

$$A1 = 1.138 \text{ m}^2$$

$$A2 := \pi \cdot D \cdot L2 \cdot Ntub$$

$$A2 = 0.665 \text{ m}^2$$

Calculamos el calor disipado por los radiadores

$$Qg := h \cdot A1 \cdot (Ts - Tm) \quad (\text{ec 4.23})$$

$$Qg = 3508.725 \text{ W}$$

$$Qp := h \cdot A2 \cdot (Ts - Tm)$$

$$Qp = 2050.875 \text{ W}$$

Calculamos el calor total transmitido por los 8 radiadores no aletea

$$Qt := 4 \cdot Qg + 4 \cdot Qp$$

$$Qt = 22238.4 \text{ W}$$

Calculo de transferencia de calor en los radiadores aleteados plant

$$Dt := 0.015875$$

$$Dal := 0.035$$

$$e := 0.002$$

$$nal := 8 \frac{\text{aletas}}{\text{plg}}$$

Calculo del numero total de aletas por tubo

$$Nag := \frac{nal \cdot L1}{0.0254}$$

$$Nag = 447.244 \quad \text{Numero de aletas radiador grande}$$

$$N_{ap} := \frac{n_{al} \cdot L_2}{0.0254}$$

$$N_{ap} = 261.417 \quad \text{Numero de aletas radiador pequeño}$$

Calculo del area total de transferencia

$$A_{sa} := \left(\frac{\pi \cdot Da^2}{4} - \frac{\pi \cdot Dt^2}{4} \right) \cdot 2$$

$$A_{la} := \pi \cdot Da \cdot e$$

$$A_{tubg} := \pi \cdot Dt \cdot L_1$$

$$A_{tubp} := \pi \cdot Dt \cdot L_2$$

$$A_{oc} := \pi \cdot Dt \cdot e$$

$$A_{totg} := [(A_{sa} + A_{la} - A_{oc}) \cdot N_{ag} + A_{tubg}]$$

$$A_{totg} = 0.808 \quad m^2$$

$$A_{totp} := [(A_{sa} + A_{la} - A_{oc}) \cdot N_{ap} + A_{tubp}]$$

$$A_{totp} = 0.472 \quad m^2$$

Calculo de la eficiencia superficial de transferencia

$$k_{Cu} := 400$$

Para determinar la eficiencia de la aleta ingresamos con la constante S a la f

$$L := \left(\frac{Da}{2} - \frac{Dt}{2} \right) \quad L = 9.563 \times 10^{-3}$$

$$S := L \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot h}{k_{Cu} \cdot e}}$$

$$S = 0.163$$

De la grafica se obtiene

$$\eta_f := 0.98 \quad \text{Eficiencia de la aleta}$$

$$\eta_{og} := 1 - \frac{N_{ag} \cdot (A_{sa} + A_{la}) \cdot (1 - \eta_f)}{A_{totg}} \quad (\text{ec 4.24})$$

$$\eta_{og} = 0.98065$$

$$\eta_{op} := 1 - \frac{N_{ap} \cdot (A_{sa} + A_{la}) \cdot (1 - \eta_f)}{A_{totp}}$$

$$\eta_{op} = 0.98065$$

Con los valores de la eficiencia del arreglo de aletas se obtiene el nuevo valor de transferencia:

$$Q_{ag} := \eta_{og} \cdot h \cdot A_{totg} \cdot (T_s - T_m)$$

$$Q_{ag} = 2444.311 \quad W$$

$$Q_{tag} := Q_{ag} \cdot N_{tub}$$

$$Q_{tag} = 36664.665$$

$$Q_{ap} := \eta_{op} \cdot h \cdot A_{totp} \cdot (T_s - T_m)$$

$$Q_{ap} = 1428.717 \quad W$$

$$Q_{tap} := Q_{ap} \cdot N_{tub}$$

$$Q_{tap} = 21430.755 \quad W$$

$$Q_{aT} := 4 \cdot Q_{tag} + 4 \cdot Q_{tap}$$

$$Q_{aT} = 232381.683 \quad W$$

Calculo de la mejora al cambiar de radiadores.

$$Mej := Q_{aT} - Q_t \quad (ec \ 4.25)$$

$$Mej = 210143.283 \quad W$$

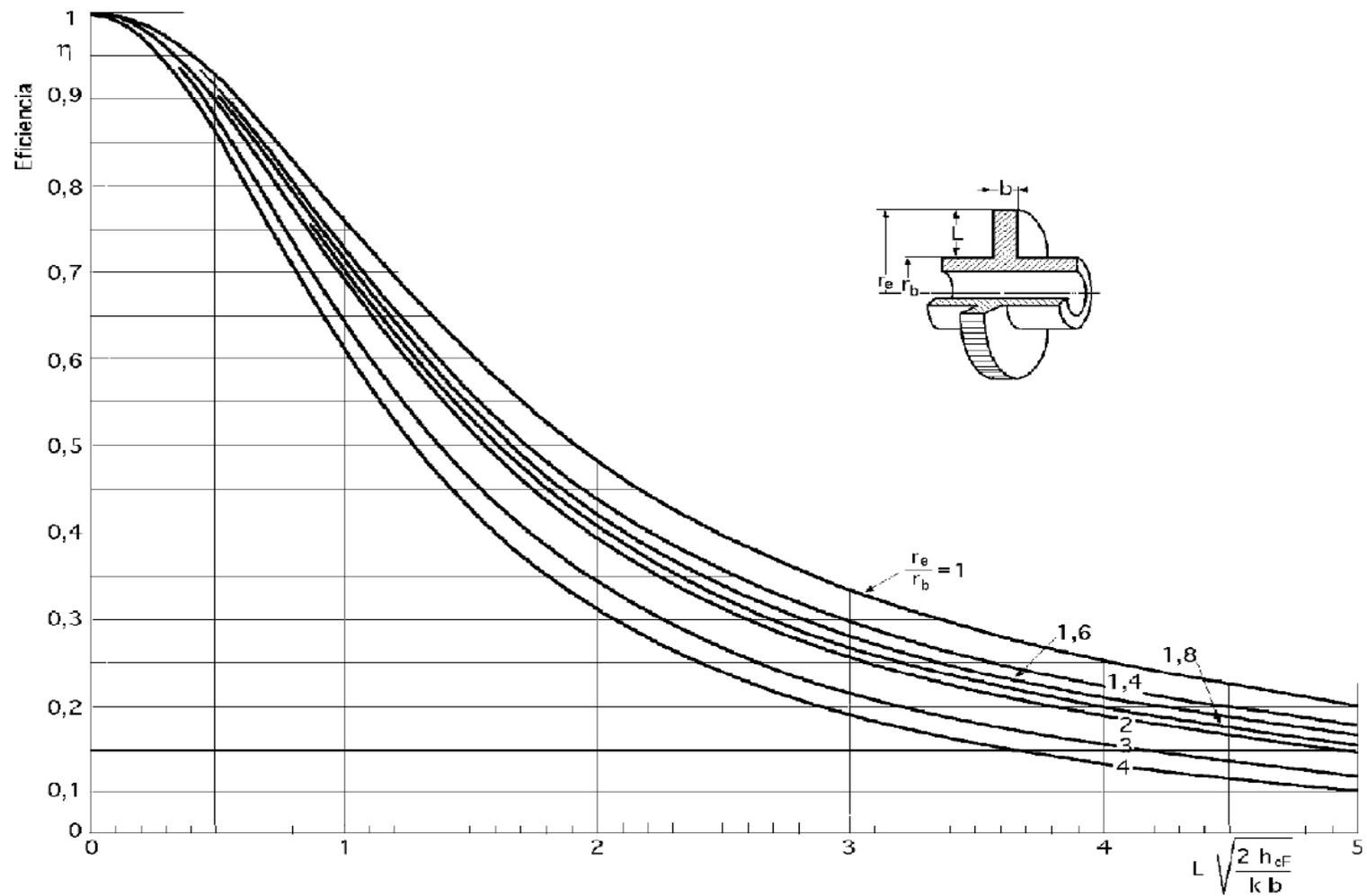


Figura 4.14 Eficiencia de aletas circulares

Ahorro en dólares por cambio de radiadores en línea NIDOS

$pcd := 33330$	$\frac{\text{kcal}}{\text{gal}}$	Poder calorico diesel
$Ah := 210143.283$	$W = \frac{J}{s}$	Ahorro obtenido de calculo
$Ah1 := \frac{Ah}{4186.8}$	$\frac{\frac{J}{s}}{\frac{J}{\text{kcal}}}$	
$Ah1 = 50.192$	$\frac{\text{kcal}}{s}$	
$AH := Ah1 \cdot 3600$	$\frac{\text{kcal}}{h}$	
$AH = 180690.699$	$\frac{\text{kcal}}{h}$	Ahorro en un dia de trabaj
$T := 720$	$\frac{h}{\text{mes}}$	Horas de trabajo en un me
$At := \frac{AH \cdot T}{pcd}$		
$At = 3903.309$	$\frac{\text{gal}}{\text{mes}}$	Ahorro en un mes de trabaje
$US := 0.9187$	$\frac{\text{USD}}{\text{gal}}$	Ahorro en un mes de trabaje
$Aus := At \cdot US$		
$Aus = 3585.97$	$\frac{\text{USD}}{\text{mes}}$	Ahorro en un mes de trabaje

4.3.4 MOLINO

4.3.2.1 SISTEMA DE ELEVACIÓN

En el sistema de elevación de trigo, dentro del circuito de lavado, previo a la molienda se realizan 3 elevaciones, todas ellas de 5 pisos; a un principio

estas elevaciones se las realizaban con un sistema de impulsión neumática alimentado por un compresor cuyas características se resumen en la tabla 4.25 El problema con este sistema era que cuando solo se usaba una ó dos de las 3 elevaciones, el compresor trabaja a toda su capacidad sin ninguna especie de regulación.

El sistema de elevación fue reemplazado por una elevación de tipo mecánica con canjilones, ahora cada elevación es independiente y es accionada únicamente cuando es requerida.

Los motores de accionamiento de los elevadores son iguales y sus características están definidas en la tabla 4.25

Tabla 4.29 Características de compresores y motores de elevación.

COMPRESOR DE ELEVACIÓN

MOTORES DE ELEVACIÓN

MOTOR		
Pot.	30	HP
Frq.	60	Hz.
n	3490	rpm
Vol	220	V.
I	74	A
cos fi	0,8	

COMPRESOR		
Q1	13,2	m3/min
P1	1	bar
P2	0,8	bar
DP	800	mbar
Pot	22,7	Kw
Cap.	2490	l/min

MOTOR		
Pot.	1,5	HP
Frq.	60	Hz.
n	1690	rpm
Vol	220	V.
I	5,1	A
cos fi	0,82	

4.3.2.2 CÁLCULO DE MEJORA EN SISTEMA DE ELEVACIÓN.

COMPRESOR DE ARIE

DATOS

V := 220	V
A := 74	A
n := 3490	rpm
P := 30	HP
Fp := 0.8	cos (ϕ)

ELEVACIÓN NEUMÁTICA

eN := 3500	Kg / h
------------	--------

MOTORES DE ELEVACIÓN MECÁNICA

DATOS

Vm := 220	V
Am := 5.1	A
nm := 1690	rpm
Pm := 1.5	HP
Fpm := 0.82	cos (ϕ)

ELEVACIÓN MECÁNICA

eM := 6000	Kg / h
------------	--------

CÁLCULO DE CONSUMO ENERGÉTICO

Tiempo de consumo	t := 1	h
-------------------	--------	---

ELEVACIÓN NEUMÁTICA

$$P_{inst} := \sqrt{3} \cdot V \cdot A \cdot F_p \quad (\text{ec 4.26})$$

$$C := \frac{P_{inst} \cdot t}{1000} \quad \text{Kw / h} \quad (\text{ec 4.27})$$

$$Con := \frac{C}{eN} \quad (\text{ec 4.28})$$

$$Con = 6.445 \times 10^{-3} \quad \text{Kw / Kg}$$

ELEVACIÓN MECÁNICA

$$P_{instm} := \sqrt{3} \cdot V_m \cdot A_m \cdot F_{pm}$$

$$C_m := \frac{P_{instm} \cdot t}{1000} \quad \text{Kw / h}$$

$$Com := \frac{C_m \cdot 3}{eM} \quad \text{Considerando que las tres elevaciones se encuentren funcion}$$

$$Com = 7.968 \times 10^{-4} \quad \text{Kw / Kg}$$

CÁLCULO DE MEJORA EN CONSUMO

$$Mej := Con - Com$$

$$Mej = 5.648 \times 10^{-3} \quad \text{Kw / Kg}$$

La cantidad promedio de trigo que se eleva al

$$Trig := 3095439 \quad \text{Kg / mes}$$

Al mes se ahorra en Kilowatts

$$Ah := Mej \cdot Trig$$

$$Ah = 1.748 \times 10^4 \quad \text{Kw / mes}$$

El costo promedio del Kwh

$USD_{Kw} = 0.052$ USD / Kw

Ahorro en dolares cada mes

$Ah_{US} := Ah \cdot USD_{Kw}$

$Ah_{US} = 909.187$ USD / mes

4.3.2.3 SISTEMA DE MOLIENDA

El sistema de molienda se encuentra fijo, su modificación mas cercana a un proyecto de mejora estaría sujeto a una absoluta modificación física en las instalaciones, esta modificación principalmente tendría como objetivo independizar a cada banco de su motor impulsor, y así poder llegar a un mayor alto grado de automatización en el molino, pero el retorno de dicha inversión sobrepasaría los 9 años; este tiempo de retorno esta fuera del período que se exige en la empresa para realizar una inversión, siendo mucho mas conveniente reemplazar todos los bancos de molienda por nuevos.

4.3.2.4 SISTEMA DE ABSORCIÓN

El sistema de absorción es parte de la limpieza que se realiza constantemente de manera paralela a todo el proceso de molienda, esta constituida por 4 ventiladores de alta capacidad de desplazamiento. El objetivo de estos ventiladores es ayudar a la purificación de las harinas con una separación por pesos específicos de todo lo que es harinas y sémolas con cascarillas e impurezas. Estos sistemas basan su calidad en la capacidad de

desplazamiento de estos ventiladores, pero el estudio se centrará únicamente al consumo energético.

Para el estudio energético de la potencia se necesitó tomar el caudal del fluido a la salida del ventilador, para obtener este dato se usó un tubo pitot que se fabricó en la mecánica de la planta, de esta manera se obtuvo una presión en mm. de columna de agua y se utilizó la ecuación 4.29 para el cálculo de la potencia.

La potencia consumida por un ventilador está dada por la siguiente relación:

$$\text{Pot} = Q \cdot P \cdot 9.81/1,000 \cdot \eta \quad (\text{ec 4.29})$$

DONDE:

Pot - potencia en kW

Q - caudal en m³/s

P - presión en mm c.d.a. (columna de agua)

η - rendimiento mecánico

Ejemplo de cálculo de la potencia de un ventilador

$$P := 8798 \text{ Pa}$$

$$P := 895 \text{ mm cda}$$

$$Q := 2.86 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

$$\eta := 0.85$$

$$\text{Pot} := P \cdot Q \cdot \frac{9.81}{1000 \cdot \eta}$$

$$\text{Pot} = 29.542 \text{ Kw}$$

$$\text{Pteor} := 33.81 \text{ Kw}$$

$$\text{Efic} := \text{Pot} \cdot \frac{100}{\text{Pteor}} \quad (\text{ec 4.30})$$

$$\text{Efic} = 87.376 \%$$

Tabla 4.30 Características de ventiladores de succión en el molino.

Ventilador	V1	V2	V3	V4
Caudal medido	2,86	2,91	4,18	4,28
Presión	895	250	248	246
Potencia teórica	33,81	12,78	14,51	14,7
Efic. Mecánica	0,85	0,89	0,86	0,85
Pot. calculada	29,54	8,01	11,82	12,15
Rendimiento %	87,37	62,74	81,49	82,66

4.7 PLANTEAMIENTOS DE LAS RECOMENDACIONES SOBRE OPORTUNIDADES PARA LA REDUCCIÓN DE CONSUMOS ENERGÉTICOS.

4.4.1 PASTIFICIO

4.4.1.1 SISTEMA DE ILUMINACIÓN

En el sistema de iluminación se debe tener muy en cuenta que las lámparas usadas actualmente se encuentran sucias y que su capacidad lumínica esta reducida, es recomendable que se las cambie por lámparas electrónicas que tienen un sistema sellado y que no acumula polvo pues tienen una forma especial y además evitan que se acumulen altas cantidades de polvo evitando cualquier posibilidad de cortos eléctricos, además esta disposición hermética evita que el bulbo o tubo se ensucie y se reduzca la capacidad lumínica.

Por otro lado las lámparas electrónicas tienen un funcionamiento que genera una mayor vida útil de los tubos ó focos, la diferencia es de 8000 horas las de vida en las lámparas normales a 15000 horas con las lámparas electrónicas.

4.4.1.2 SISTEMA DE AIRE COMPRIMIDO

En el sistema de aire comprimido se tiene varias posibilidades de mejora, iniciando por cerrar el anillo del sistema de aire, esto ayuda a la distribución uniforme de las presiones en todas las maquinarias y a reducir las caídas de presión; por otra parte se deben modificar las instalaciones para que la humedad pueda ser retenida y no llegue a los equipos, esto es modificar la tubería instalando recolectores de humedad en los puntos de alimentación a cada maquinaria.

4.4.1.3 SISTEMA DE CALEFACCIÓN NIDOS

En el túnel nidos se debe eliminar una tubería aleteada que atraviesa toda la zona dos del túnel, esta tubería esta robando calor al sistema pues es un metal que esta disipando calor útil que no llega a los radiadores donde este calor puede ser transportado y disecionado; además esta tubería esta interrumpiendo en los flujos de aire del túnel y por último su disposición no es a favor del flujo; por lo tanto no realiza trabajo alguno.

Al reemplazar los radiadores por otros con tubería aleteada se obtendrá una mejora considerable en la transmisión de calor y por tanto se podrá reducir el consumo de combustible al igual que las emisiones gaseosas.

El túnel tiene que ser realizado un mantenimiento donde se sellen las fugas térmicas, esto incluye recubrimiento de tuberías con aislamiento térmico, recubrimiento de las ventanas del túnel por donde existen fugas térmicas menores, pero estas fugas se hacen representativas tras las 24 horas de funcionamiento del túnel, y reparación de los tableros superiores en la parte del

tejado que se encuentran deteriorados y trizados teniendo una fuga considerable de humedad.

4.4.2 MOLINO

4.4.2.1 SISTEMA DE ELEVACIÓN

Se ha notado que el ahorro en el sistema de elevación es considerable y que el sistema tiene una mayor eficiencia y una mayor capacidad; la recomendación en este sistema es que debe tener el mantenimiento adecuado para que su funcionamiento se mantenga de esta manera; si los canjilones sufriesen deterioro, estos pueden dejar de elevar a su máxima capacidad, ocasionando pérdidas o incluso este proceso podría convertirse en un cuello de botella para el resto del proceso.

Al establecer este tipo de elevación se debe garantizar su funcionamiento y este funcionamiento se garantiza únicamente con un minucioso mantenimiento en los períodos respectivos.

4.4.2.2 SISTEMA DE MOLIENDA

Dentro del sistema de molienda las instalaciones tienen un funcionamiento muy específico y técnico, esto hace que el molino sea de una gran capacidad y que no tenga falla alguna o pérdidas energéticas. Por otro lado el molino consta de varios bancos de molienda antiguos, los cuales podían ser reemplazados y aumentar la capacidad productiva del molino; pero para esto entramos en otro cuello de botella que son los silos de producto

terminado, es por esto que si la fábrica desea crecer en su capacidad productiva debe también considerar que si crecimiento debe ser también físico.

4.4.2.3 SISTEMA DE ABSORCIÓN

En el sistema de absorción se recomienda establecer un calendario de las mediciones del caudal de aire generado por los ventiladores pues estos pueden llegar a deteriorarse y a disminuir su capacidad por el simple hecho de necesitar limpieza, esto ayudará a determinar si este tipo de mantenimiento es necesario sin tener que desarmar los equipos.

Las mediciones del caudal deberían realizarse anualmente con el pitot que se fabricó en planta pues es un instrumento simple y los datos obtenidos pueden ser comparados fácilmente al tratarse del mismo instrumento.

CAPÍTULO 5:

RESULTADOS Y ANALISIS

4.3 NIVEL DE ILUMINACIÓN NATURAL Y ARTIFICIAL EN PLANTA.

A partir de los cálculos realizados y los valores obtenidos que se pueden observar en la tabla 4.23, se puede evidenciar que la luminosidad en planta esta bien distribuida salvo ciertas excepciones, como principalmente se puede notar en la bodega (zona A) donde la iluminación requiere un mayor nivel, sin embargo esta iluminación no es completamente mala y una modificación en el sistema lumínica no sería absolutamente de mejora.

La energía solar es una energía de muy alta capacidad y además es completamente gratuita; en el caso particular de esta planta, la energía solar brinda una gran iluminación, incluso en ocasiones no es necesario el uso de iluminación artificial hasta pasadas las 17 horas del día; y su capacidad lumínica esta presente desde las 6 horas en la mañana; es decir el uso de la energía eléctrica tiene un promedio de uso de 13 horas diarias pues la empresa labora las 24 horas al día los 360 días al año.

Se puede evidenciar que las planchas translúcidas se encuentran bien distribuidas en toda la planta y otorgan una muy buena iluminación hasta altas horas de la tarde, además de esto el tejado es lo suficientemente alto para distribuir toda la luminosidad natural que se recibe.

Por otra parte se evaluó cambiar las luminarias existentes por luminarias electrónicas, estimando tener un ahorro a futuro por la durabilidad de los tubos en estos equipos y por el menor consumo que estas luminarias tienen.

En la Tabla 5.1 se presentan los resultados en ahorro al instalar estas lámparas y se evalúa la inversión para un periodo extendido de 7 años.

Tabla 5.1 Costo y ahorro comparativo entre lámparas electrónicas e industriales

	Lámpara electrónica	Lámpara normal
Costo USD	38	21
consumo W/h	32	40
vida útil horas	15000	8000
Consumo actual KWh / mes	786,24	920,4
Consumo mensual USD	55,0368	64,428
Inversión	2242	
Costo de recambio USD / lámpara	354	378
Meses para recambio	38	21
Recambios / 7 años	2	4
Inversión luego de 7 años	5396,2272	6959,862
Ahorro luego de 7 años	1563,6348	

Observando los resultados, luego de los 7 años de funcionamiento de estas luminarias todavía no se obtiene un ahorro igual a la inversión es por esto que podemos decir que el proyecto no es rentable pues el ahorro no es mayor a la recuperación de la inversión.

5.7 PROCESAMIENTO DE INFORMACIÓN Y ANÁLISIS COMPARATIVO DE GASES DE COMBUSTIÓN.

Al evaluar los gases de combustión en una caldera se debe considerar que la eficiencia de la caldera es uno de los temas que mayor importancia tiene, pues el consumo de combustible puede aumentar drásticamente, siendo esto imperceptible al ojo humano; por tanto si no se lleva un control muy riguroso de los consumos de combustible, las perdidas pueden llegar a ser mayores al 100 % de la demanda real.

Luego de haber comparado las dos relaciones aire combustible 42.18 y 50.38, obtenidas en las lecturas 1 y 9 respectivamente, podemos observar el exceso de aire, sabiendo que la combustión debe tener un exceso de aire y que la relación estequiométrica es de 15, podemos darnos cuenta fácilmente que se está perdiendo una gran cantidad de energía en calentar el exceso de aire; lastimosamente esta calibración se mantiene así por razones ambientales y poder cumplir con las normas municipales de emisiones gaseosas. Por este motivo para no dejar de cumplir con las normativas, se debería precalentar el aire de alimentación, esto se puede hacer de una manera muy sencilla, instalar un ducto tubular dentro de la chimenea, para que el aire de alimentación venga precalentado con los gases de desecho.

El precalentar el aire ayudará en la eficiencia de la caldera considerablemente, pues el calor específico del aire se verá incrementado notablemente y toda la energía consumida en calentar este aire, se verá aprovechada en realizar el trabajo para la cual está destinada, calentar el fluido caloportador.

Analizando los resultados obtenidos durante esta auditoría, podemos evidenciar que la eficiencia de la caldera se redujo en un 4.2 %; por lo tanto es factible decir que el consumo de combustible aumentará también cerca de un 4 %, lógicamente esto en galones es prácticamente imperceptible pero al momento de evaluar la pérdida en dólares luego de seis meses de funcionamiento, se podrá verificar que resulta mucho más económico gastar en un buen mantenimiento y en una buena calibración.

Como recomendación para facilitar y garantizar la buena calibración de un caldero, se debe tomar en cuenta los datos emitidos por los equipos de registro de gases y se debería realizar una hoja electrónica donde se ingresen estos datos y poder encontrar directamente la eficiencia de la caldera, para así poder modificar inmediatamente la caldera considerando los requisitos de acuerdo a la información obtenida.

5.8 PROCESAMIENTO DE INFORMACIÓN Y ANÁLISIS COMPARATIVO DE PÉRDIDAS TÉRMICAS.

Las pérdidas térmicas generalmente resultan siendo problemas a los cuales suele no prestárseles mucha atención, las perdidas térmicas en un caldero están dadas en convección natural y no alcanzan valores extremos.

Las pérdidas térmicas en el caldero no llegan a un 4%, de esta manera se puede confirmar que se pierde calor por convección a través de las paredes, pero este calor perdido esta dentro de los rangos normales y es por esto que dando los mantenimientos periódicos a la caldera se evitará que este porcentaje aumente.

5.9 ANÁLISIS INDIVIDUAL DE LÍNEAS DE TRANSPORTE DE AGUA CALIENTE.

En el caso de esta auditoría, se han evaluado las tuberías de dos túneles de secado que en la actualidad se encuentran descubiertas, estas tuberías corresponden a un circuito cerrado de agua caliente; el caldero alimenta a tres líneas de producción, de las cuales una funciona únicamente una semana al mes y corresponde al túnel pasta larga, sin embargo cuando el túnel no funciona las tuberías permanecen con fluido lo que ocasiona que se tengan pérdidas constantes e innecesarias.

Como primer paso previo a la colocación de aislante térmico, se ha implementado la política de que las tuberías de esta línea permanezcan cerradas cuando esta maquinaria esta fuera de operación, lastimosamente no se ha podido registrar ni cuantificar los ahorros obtenidos ante el simple hecho

de cerrar una llave, pues no se ha recolectado datos antes de implementar esta norma de ahorro.

El ahorro energético que representa tener la tubería recubierta con aislante térmico es realmente considerable, para poder cuantificar este ahorro en dólares, se utiliza el poder calórico del diesel y se obtiene un ahorro en volumen de combustible; este volumen multiplicado por el costo unitario nos da como resultado el ahorro en dólares.

A continuación se puede observar los cálculos para cuantificar el ahorro en dólares tras instalar los aislantes térmicos en tuberías de transporte de fluido caloportador.

Tabla 5.2 Ahorro en dólares por recubrimiento térmico.

Tipo	Unidad	Ahorro
Energía	Watts	7439.64
Dinero	dólares	126.953

Como se puede observar el ahorro mensual tras instalar el aislante térmico en las tuberías es considerablemente alto, evitando estas pérdidas, estos recursos energéticos pueden ser destinados para otros fines ó simplemente el ahorro económico puede ser redireccionado para inversiones en renovación de maquinaria.

Tabla 5.3 Ahorro en dólares por cambio de radiadores en línea NIDOS

Tipo	Unidad	Ahorro
Energía	Watts	210143.28
Dinero	dólares	3585.97

Es razonable que el ahorro en combustible tras la instalación de estos intercambiadores sea considerablemente importante, pues al analizar el incremento del área de transferencia de calor se puede encontrar un incremento de 1056%, esto confirma la importancia de este proyecto.

5.10 ANÁLISIS DE PÉRDIDAS EN SISTEMA DE AIRE COMPRESO DE ACUERDO A LOS PARÁMETROS DE DISEÑO DEL SISTEMA.

Al sistema de aire comprimido se le debe prestar mucha atención pues es fácil que se generen pérdidas y no se las note por los altos niveles de ruido que existe en las instalaciones de esta empresa; ya que la empresa mantiene sus equipos en funcionamiento por periodos extendidos, es difícil realizar inspecciones de fugas; se ha realizado un calendario de inspecciones de fugas con un listado de las zonas que se debe recorrer y prestar atención (anexo 5). El objetivo de este calendario es planificar un paro mensual de toda la maquinaria de la planta por un período de una hora para realizar un recorrido audiovisual por toda la planta en busca de fugas y anomalías; esto garantizará la reducción y el control de fugas en el sistema.

En la actualidad el sistema está diseñado para abastecer 180.5 cfm. Y la demanda actual de los equipos llega a 127 cfm, de esto podemos ver que tenemos un sobre dimensionamiento que considera un 30 % extra de la demanda de los equipos y las pérdidas dentro de cada maquinaria; esto asegura que el sistema funciona correctamente y que no exista falta de abastecimiento en el sistema.

5.11 EVALUACIÓN DEL FACTOR DE POTENCIA.

El factor de potencia se genera por el consumo de la energía reactiva, la energía reactiva generalmente se presenta en los motores eléctricos; normalmente el factor de potencia que genera un motor trifásico se encuentra alrededor de 0.75, es por esto que normalmente se requiere el uso de un banco de condensadores para corregir el factor de potencia.

La empresa eléctrica exige que se tenga un factor de potencia mayor a 0,9, pues no se puede medir exactamente la energía reactiva consumida y por esto si se tiene un factor de potencia menor a lo exigido, la empresa eléctrica presenta un sobrecargo proporcional considerando el consumo y el factor de potencia obtenido. En la actualidad la empresa cuenta con un banco de condensadores que eleva el factor de potencia, del que se obtiene un factor medio de 0.92; en la tabla 5. X se puede observar una tabla de los registros del banco de condensadores.

Tabla 5.4 Valores de factor de potencia.

Fecha	F. Potencia
20/06/2005	0,92
29/07/2005	0,91
02/08/2005	0,93
15/08/2005	0,92
26/08/2005	0,92
05/09/2005	0,91
10/10/2005	0,93
25/11/2005	0,94
15/12/2005	0,92
03/01/2006	0,91

CAPÍTULO 6:

PROYECTO DE IMPLANTACIÓN DE ACCIONES CORRECTIVAS PARA OPTIMIZAR EL USO Y CONSUMO ADECUADOS DE LA ENERGÍA EN LA EMPRESA

El proyecto a llevarse a cabo tiene como fin optimizar el uso de la energía y mantener un control del consumo energético; esto se lo logrará únicamente tomando registros de los consumos y analizándolos periódicamente; esto ayudará a detectar problemas y falencias en los sistemas de consumo energético y realizar las correcciones necesarias y al momento necesario.

El proyecto debe constar de tres fases la primera, la implementación; en esta etapa se realizan las inversiones que se consideren convenientes y se registran los valores estándares para establecer una base de control en el proyecto. La segunda fase es de control, en esta fase se obtienen registros de los consumos y se logran cuantificar las mejoras y evaluar de una manera real al proyecto y compararlo con las proyecciones calculadas; finalmente viene una tercera fase muy importante, que resulta difícil de llevarla a cabo pero es bueno tenerla en consideración, esta fase es el análisis y evaluación para mantener una mejora continua; lo que se pretende es seguir optimizando los sistemas de consumo llegando a valores de eficiencia que tiendan a los valores ideales, es decir 100% de eficiencia.

6.9 ANÁLISIS Y DETALLE DE LOS PLANTEAMIENTOS A LLEVARSE A CABO PARA LA OPTIMIZACIÓN Y CONTROL DEL CONSUMO RACIONAL DE LA ENERGÍA.

El proyecto planteado toma en cuenta principalmente las oportunidades de mejora en los consumos energéticos que se puedan obtener a partir de los

análisis realizados, y también pretende establecer un programa de control de los consumos, para poder cuantificar dichas mejoras.

6.1.1 IMPLEMENTACIÓN

El proyecto contempla varios puntos a ser considerados para inversiones económicas:

Recubrimiento de tuberías de transporte de fluido caloportador con aislante térmico de lana de fibra de vidrio.

- La fibra de vidrio a instalarse tiene un espesor de una pulgada (1") y su coeficiente de conductividad térmica no debe ser mayor a $0.032 \text{ Btu/h}\cdot\text{pie}\cdot^{\circ}\text{F}$
- Se debe recubrir en su totalidad a la tubería de transporte y se tomarán registros de consumo únicamente cuando la totalidad de la tubería esté cubierta, caso contrario no podrá cuantificar la mejora ni compararla con el estimado del estudio realizado.

Reemplazo de intercambiadores térmicos en el túnel de secado NIDOS por intercambiadores aleteados.

- Los intercambiadores tienen la misma disposición física a los originales pero están contruidos con tubería aleteada;
- De preferencia se deben cambiar todos los radiadores como se plantea en este estudio; de no ser posible esta situación, se plantea preferentemente el cambio de dos de los intercambiadores mas grandes pues el costo inversión es mucho menor y el porcentaje de mejora resulta mayor.

Mantenimiento periódico de la caldera y control del consumo de combustible

- Esto viene a ser parte del control de consumo; pero se lo considera como parte de implementación por ser un paso necesario para poder establecer las bases comparativas; es decir el control debe establecerse desde el primer día de implementación y debe seguir un calendario riguroso; el intervalo sugerido para los registros es de 15 días; en otras palabras los registros deberán realizarse el 15 y 30 de cada mes.
- Los mantenimientos de la caldera deben realizarse cada 6 meses sin excepción; para poder comprobar esto se establecieron los índices de consumo y producción; cuando los periodos de mantenimiento se extiendan, se debe prestar especial atención a estos índices con el fin de determinar la urgencia de realizar los mantenimientos en la caldera.

Como parte de la inversión no se tomarán en cuenta a los proyectos ya realizados como son el cambio del sistema de elevación en la limpieza de trigo en el molino y el reemplazo de un compresor de aire; estas inversiones fueron ya analizadas y en la actualidad se encuentran funcionando; sin embargo se las deberá tomar en cuenta en la etapa de control así como también en la etapa de mejora continua.

6.1.2 CONTROL

Para poder controlar los consumos energéticos se mantendrán los formatos establecidos para toma de datos; para esto se debe tomar en cuenta los siguientes registros:

- Consumo eléctrico registrado en los medidores de la empresa eléctrica, este registro se lo debe llevar a cabo en los formatos establecidos y cada 15 días por dos días seguidos; preferentemente se debe considerar que se encuentren funcionando tanto el molino como el pastificio.

- Consumo global de diesel registrado en el tanque principal cada 15 días y por dos días seguidos; el registro se lo debe tomar en los formatos establecidos.
- Registro de temperatura en los sistemas de transporte de fluido caloportador; tanto en el túnel Spaghetti como en el túnel NIDOS; el registro se lo debe llevar en los formatos establecidos.
- Evaluar los índices establecidos cada 15 días e ingresarlos en una hoja de cálculo con el fin de evaluarlos estadísticamente.

Los formatos para los registros de datos de control de consumo energético se los puede encontrar en el Anexo 6

En la parte de acciones inmediatas correctivas, se debe supervisar que las luminarias sean usadas únicamente si son requeridas; para garantizar el uso estrictamente necesario de la iluminación, se puede automatizar el sistema con fotocélulas que accionen las luminarias ante la faltas de luminosidad.

Otra acción correctiva inmediata es controlar que las válvulas de paso de fluido caloportador al túnel Spaghetti se encuentren cerradas durante los días que esta maquinaria se encuentre fuera de operación.

Cabe destacar que los registros de datos de consumo los pueden tomar los mismos operarios y no se requiere contratar una persona para que realice esta tarea; de esta manera no se incurre en gastos por mano de obra.,

6.1.3 ANÁLISIS EVALUACIÓN Y MEJORA CONTINUA

Los objetivos de un proyecto de mejora implican obtener resultados óptimos y mejoras considerables y cuantificables; cuando se obtiene una mejora es necesario evaluarla, comprobar su eficiencia y cuantificar la mejora; una vez que el proceso retorna a una estabilidad, es necesario buscar otra mejoría, es decir optimizar los procesos y mejorar la productividad.

Para la evaluación se deben comparar los índices de consumo y productividad establecidos y establecer diferencias y cuantificar las mejoras; estos índices ayudarán a determinar si el incremento en la productividad amerita una nueva inversión en una mejora del proceso o de los equipos, todo esto con el fin de obtener otro aumento significativo en la productividad.

Finalmente si se encuentran nuevas oportunidades de mejora estas deben ser evaluadas de la misma manera que son analizadas en este estudio.

6.10

EST

UDIO DE LA PREFACTIBILIDAD TÉCNICA Y ECONÓMICA DEL PROYECTO CONJUNTO.

En la prefactibilidad técnica económica de un proyecto se analiza a groso modo la capacidad de recuperación de una inversión; en este caso es recomendable analizar los proyectos por separado, esto para poder individualizar las mejoras y oportunidades de los distintos proyectos, de manera que se pueda optar por inversiones separadas e individuales y así poder también establecer una factibilidad global del proyecto.

El proyecto tiene dos partes principales de inversión:

Instalación de recubrimiento con aislante térmico de lana de fibra de vidrio en tuberías de transporte de fluido caloportador

Este proyecto contempla un ahorro de energía que en la actualidad se disipa en el ambiente en las líneas nidos y pasta larga; el caldero que alimenta a estas líneas es el caldero Cleaver Brooks; el análisis de prefactibilidad contempla en que período estimativo de tiempo se lograría recuperar la inversión, si este período es menor que el tiempo de vida útil (diez años) el proyecto es viable.

INVERSIÓN:

475 cañuelas de lana de fibra de vidrio en distintos diámetros y de una pulgada de espesor: 2387.15 dólares

AHORRO:

138.188 gal/mes: 126.953 dólares al mes

RETORNO DE INVERSIÓN:

$$r = \frac{2387.15}{126.953}$$

$$r = 18.8$$

Es decir que la inversión se pagará en aproximadamente 19 meses, es decir 1.6 años.

Reemplazo de intercambiadores térmicos en el túnel de secado NIDOS por intercambiadores aleteados.

Este proyecto contempla un ahorro de energía térmica que no es aprovechado dentro de las condiciones normales de funcionamiento del túnel de secado NIDOS; el caldero que alimenta a este túnel es el caldero Cleaver Brooks; el análisis de prefactibilidad contempla en que período estimativo de tiempo se lograría recuperar la inversión, si este período es menor que el tiempo de vida útil (diez años) el proyecto es viable.

INVERSIÓN:

4 radiadores pequeños y 4 radiadores grandes de 830 mm. y 1420 mm. De longitud respectivamente con aletas circulares en arreglo de tipo espiral con 4 mm. de paso: 18408.00 dólares

AHORRO:

3903.309 gal/mes: 3585.97 dólares al mes

RETORNO DE INVERSIÓN:

$$r = \frac{18408.00}{3585.97}$$

$$r = 5.13$$

Es decir que la inversión se pagará en aproximadamente 5 meses; de este resultado podemos observar que el proyecto tiene una muy alta rentabilidad y podemos evaluarlo en la etapa final.

Proyecto conjunto

Este proyecto contempla el ahorro energético que se obtiene al invertir conjuntamente en los dos proyectos planteados.

INVERSIÓN:

- 4 radiadores pequeños y 4 radiadores grandes de 830 mm. y 1420 mm. De longitud respectivamente con aletas circulares en arreglo de tipo espiral con 4 mm. de paso: 18408.00 dólares
- 475 cañuelas de lana de fibra de vidrio en distintos diámetros y de una pulgada de espesor: 2387.15 dólares

TOTAL: 20795.15 dólares

AHORRO:

4041.5 gal/mes: 3712.92 dólares al mes

RETORNO DE INVERSIÓN:

$$r = \frac{20795.15}{3712.92}$$

$$r = 5.60$$

El retorno de la inversión del proyecto conjunto es mucho más favorable que realizar los proyectos individualmente, es por esto que se recomienda que el proyecto conjunto abarque todos los ahorros energéticos y se realice una inversión global de mejora.

6.11

EST

UDIO DE LA FACTIBILIDAD DEL PROYECTO DE OPTIMIZACIÓN DEL CONSUMO ENERGÉTICO.

Un estudio de factibilidad debe considerar todo el flujo de caja que se genere en un proyecto en periodos anuales durante la vida del proyecto; en este caso tomamos un periodo base de 5 años para el proyecto con el fin de tener un período de vida medio y que pueda evaluar un retorno de inversión relativamente corto.

El flujo de caja en este caso contará con los gastos en que se incurran durante los 5 años de vida que se estima para la evaluación; en los gastos que se considera únicamente esta el mantenimiento cada 6 meses y el consumo de diesel mensual que tendrá el caldero.

6.12

INV

ERSIÓN INMEDIATA.

La inversión inmediata esta compuesta por todo aquel tipo de inversión que se la pueda considerar pequeña y se la pueda realizar de contado; dentro

de este tipo de inversión estaría el proyecto de recubrimiento de tuberías con aislante térmico de lana de fibra de vidrio pues la inversión de este proyecto no excede los 2500 dólares y las empresas proveedoras de este material no proporcionan una crédito mayor a los treinta días.

En el caso del proyecto conjunto, la inversión a corto plazo tiene un valor de 2387.15 dólares

6.13

INV

INVERSIÓN A LARGO PLAZO.

Toda inversión que se realice a largo plazo esta planteada para un beneficio a futuro; existen inversiones a largo plazo que son relativamente invisibles, puesto que son inversiones que crean desembolsos periódicos, pero que mantienen a los equipos en funcionamiento; a esto generalmente se lo conoce como mantenimiento; el mantenimiento es algo que si no se lo realiza, los equipos pueden dejar de funcionar; y es bueno mencionarlo en esta etapa del proyecto pues el mantenimiento de todo tipo de inversión debe ser considerado, caso contrario la inversión que se realice, por mas pequeña que esta fuere, sufre un deterioro y su vida útil puede verse mermada considerablemente.

En el proyecto se han considerado los costos de mantenimiento de estos equipos por un valor de 200 dólares; esto es un valor alto pero se lo ha considerado de esta manera para poder representar las posibles variaciones que puedan tener los costos de los distintos mantenimientos según el caso en el período de cinco años.

Trayendo a valor presente todos estos costos de mantenimiento dentro del período de cinco años, la inversión a largo plazo actual sería de alrededor de 3788.52 dólares; como podemos ver el mantenimiento es un rubro que realmente es una inversión y como tal ayuda a que las inversiones se mantengan productivas y generando beneficios.

6.14**AN****ANÁLISIS COSTO BENEFICIO.**

El análisis costo beneficio, es un estudio que compara los costos con los beneficios que representa una actividad, una proyecto, una inversión o un trabajo, para estimar el impacto financiero acumulado de lo que se quiere lograr; generalmente este indicador nos ayuda a la toma de decisiones con respecto a dicha actividad o proyecto.

Tabla 6.1 Valores de inversión y de beneficios.

COSTOS		BENEFICIOS	
Inversión	\$ 20795.15	Ahorro-Ganancia	\$ 222775.2
Mantenimiento	\$ 3788.52		
TOTAL	\$ 24583.67		

$$CB = \frac{\text{Beneficios}}{\text{Costos}} \quad (\text{ec 6.1})$$

$$CB = \frac{222775.2}{24583.67}$$

$$CB = 9.062$$

Podemos ver que por cada dólar que se invierta en este proyecto tendremos un retorno de 9 dólares, esto nos da un alto grado de fiabilidad del proyecto, pero es recomendable no basarse únicamente en este indicador y evaluar otros y combinarlos para realizar una toma de decisión.

6.15**PRE****SUPUESTO DE LA IMPLEMENTACIÓN.**

El presupuesto que sea designado para esta implementación debe considerar que este es un proyecto de alta rentabilidad y por tal esta inversión se recuperará inmediatamente pudiendo generar oportunidades financieras para que se invierta en otros proyectos que ayuden a mejorar la productividad de la planta

El presupuesto que se propone en este caso es el total de la inversión mas el primer mantenimiento, es decir 21195.15 dólares, tomando en cuenta que el primer mantenimiento es un mantenimiento de rutina que considera a cualquier falla que se pudiese presentar en la instalación y que requiera la atención o una modificación, es decir es una parte del presupuesto que considera imprevistos y emergencias.

6.16

TAS

A INTERNA DE RETORNO.

La tasa interna de retorno es la tasa de interés que hace que el valor neto actual sea igual a cero; para encontrar la tasa interna de retorno, encontramos los ingresos en valor presente y a continuación encontramos el valor neto actual; finalmente llevamos el Valor neto actual a cero y encontramos un nuevo valor de la tasa de interés correspondiente al $VNP = 0$; este valor de interés es el correspondiente al TIR.

Si la tasa interna de retorno es mayor al interés establecido, el proyecto es rentable y debe ser aceptado; si la TIR es menor al interés, el proyecto debe ser rechazado bajo cualquier concepto; y si la tasa es igual al interés, simplemente depende del inversionista la decisión de arriesgar la inversión.

La tasa interna de retorno para el presente proyecto se la encuentra en la siguiente tabla.

Tabla 6.2 TIR y Flujo de caja anual.

TIR	214%
Rentabilidad	\$ 146.119,45
Inversión Inicial	-20795,15
Flujo 1	44555,076
Flujo 2	44555,076
Flujo 3	44555,076
Flujo 4	44555,076
Flujo 5	44555,076

Como podemos ver tenemos una tasa interna de retorno muy favorable lo cual confirma la factibilidad del proyecto.

CAPÍTULO 7:

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.3 CONCLUSIONES

1. Se desarrollaron varios índices de consumo energético, tanto de consumo eléctrico como de combustible; estos indicadores han sido utilizados para determinar el estado de las maquinarias y servirán como base para mantener un control del estado de las maquinarias y su consumo.
2. Se determinó que los principales sistemas de consumo energético en las líneas de producción son los sistemas de calefacción de los túneles de secado de la pasta; así se determinó que optimizando el sistema de calefacción del túnel nidos, se puede llegar a un ahorro mensual en combustible equivalente a 3585.97 dólares.
3. Se plantearon las acciones correctivas necesarias que deberán llevarse a cabo en la institución, con el fin de reducir el consumo energético y mantener un control sobre los consumos que se tengan; el proyecto ayudará a determinar variaciones importantes de consumo y a determinar periodos de mantenimiento predictivo.
4. Se realizó un análisis económico financiero del proyecto, encontrando que su rentabilidad es muy favorable y que la tasa interna de retorno es del 214 %, con una relación costo beneficio de 9.072, es decir que por cada dólar que se invierta en este proyecto se obtendrán 9 dólares de beneficio; esto nos brinda una total confianza sobre las posibilidades de inversión y recuperación en este proyecto.

7.4 RECOMENDACIONES

1. Se debe mantener el registro periódico de datos de consumo energético para poder evaluar los distintos índices de consumo y así mantener un historial del estado de la maquinaria para mantener la planta bajo un control de consumo energético.
2. Se debe prestar especial atención a los sistemas de calefacción de los túneles de secado, estos sistemas representan el principal foco de consumo energético de la planta y pueden ser optimizados en ciertas situaciones, así es recomendable modificar ciertos de estos sistemas para poder obtener una gran cantidad de ahorro energético.
3. Con una fiel implementación del proyecto de acciones correctivas que deberían llevarse a cabo en la institución se podrá reducir el consumo energético y establecer un riguroso control sobre los consumos energéticos; es recomendable mantener un historial del avance que se vaya obteniendo en el proyecto, pues esto ayudará a establecer una mejora continua.
4. Es recomendable realizar la implementación del proyecto pues como se puede ver la tasa de retorno es muy favorable y el beneficio que brinda la inversión esta dentro de los intereses de los accionistas de la empresa.

ANEXOS

ANEXO 1

Recopilación de consumos eléctricos 2004

MOLINO					
		consumo Kwh	consumo Kwh	consumo Kwh	Demanda Kw
2004	MES	Tarifa 1	Tarifa 2	TOTAL	Demanda
	ENE	59134	31725	90859	323
	FEB	67560	28790	96350	323
	MAR	64301	29325	93626	317
	ABR	96667	29822	126489	317
	MAY	43328	28019	71347	305
	JUN	65651	34100	99751	298
	JUL	54980	20675	75655	305
	AGO	59252	25842	85094	305
	SEP	63487	30954	94441	305
	OCT	59091	27820	86911	305
	NOV	74623	40965	115588	323
	DIC	54558	30997	85555	311

PASTIFICIO					
		consumo Kwh	consumo Kwh	consumo Kwh	Demanda Kw
2004	MES	Tarifa 1	Tarifa 2	TOTAL	Demanda
	ENE	69420	40080	109500	246
	FEB	71040	40860	111900	240
	MAR	69300	41100	110400	246
	ABR	73860	44880	118740	246
	MAY	69240	40260	109500	258
	JUN	73260	45120	118380	240
	JUL	67260	39360	106620	246
	AGO	62760	37020	99780	234
	SEP	78138	46020	124158	234
	OCT	73902	43260	117162	246
	NOV	77100	45240	122340	240
	DIC	70980	41280	112260	240

ANEXO 3

Plano de zonas lumínicas en planta

ANEXO 4

Tablas psicrometricas del aire.

ANEXO 5

Formato de inspecciones de sistema de aire comprimido.

 <p>Sucesores de Jacobo Paredes M. S.A. <i>Paca</i></p>	CONTROL ENERGÉTICO	CÓDIGO	CE-AC-0001
	FUGAS DE AIRE COMPRIMIDO	REVISIÓN No.	1
		FECHA ELABORACION	14/10/2005
		PAGINA	1 de 1

MES	TUBERIA	EMPACADORAS	CONTROL MOLINO	AMASADORAS	TUNELES
ENERO					
FEBRERO					
MARZO					
ABRIL					
MAYO					
JUNIO					
JULIO					
AGOSTO					
SEPTIEMBRE					
OCTUBRE					
NOVIEMBRE					
DICIEMBRE					

BIBLIOGRAFÍA

- INCROPERA FRANK; “Fundamentos de Transferencia de Calor”, Editorial Prentice Hall, cuarta edición, México 1999.
- Cengel Yunus; “Termodinámica (TOMO I y II)”, Editorial McGraw-Hill, segunda edición, Colombia 1998.
- IDOM, “Fundamentos del Manejo de la Energía. Beneficios para la Empresa. Técnicas de la Gestión-Etapas. Planificación Energética” (Instituto Nacional de Energía).
- Hidalgo Hugo Hernán; “Técnicas de estudio, elementos de investigación y planificación” Rindes ediciones, segunda edición, Ecuador 1998.
- Perry Robert H; “Perry’s chemical Engineers handbook”, McGraw-Hill, seventh edition, Estados Unidos de América 1997
- Avallone Eugene A.; “Marks’ Standard Handbook For Mechanical Engineers, tenth edition, McGraw-Hill, Estados Unidos de América 1998
- Munson Young; “Fundamentos de mecánica de fluidos”, Editorial Limusa, México 1999
- Larson, Hostetler; “Cálculo”, McGraw-Hill, sexta edición, México 1999

WEBGRAFÍA

<http://edison.upc.es/curs/llum/fotometria/magnitud.html#Ilumin>, español.

http://www.consumaseguridad.com/web/es/sociedad_y_consumo/2003/02/12/, español.

<http://www.dsostenible.com.ar>, español.

