

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA

**AUDITORÍA ENERGÉTICA DEL SISTEMA DE VAPOR DE LA
EMPRESA DUCK'S.**

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

CHRISTIAN ROLANDO CALLE JORDÁN
Chrisrcj@hotmail.com

PABLO VINICIO ROSERO RIVERA
pblorosero_mc@hotmail.com

DIRECTOR: ING. ORWIELD GUERRERO

orwield.guerrero@epn.edu.ec

Quito, Diciembre de 2011

DECLARACIÓN

Nosotros Christian Rolando Calle Jordán y Pablo Vinicio Rosero Rivera, declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional y que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

Por medio de la presente declaración cedemos nuestros derechos correspondientes a este trabajo a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la ley de propiedad intelectual, por su reglamento y por la normativa institucional vigente.

Christian Rolando Calle Jordán

Pablo Vinicio Rosero Rivera

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo fue desarrollado por Christian Rolando Calle Jordán y Pablo Vinicio Rosero Rivera, bajo nuestra supervisión.

Ing. Orwield Guerrero

DIRECTOR DEL PROYECTO

Ing. Jaime Vargas T.

COLABORADOR DE PROYECTO

AGRADECIMIENTO

A la Facultad de Ingeniería Mecánica, a sus profesores por impartir sus conocimientos y experiencias en el transcurso de mi carrera estudiantil.

Al Ing. Orwield Guerrero por su amistad, consejos brindados y su acertada dirección para realizar este proyecto.

Al Ing. Jaime Vargas por su colaboración y prolijidad para la revisión del proyecto.

A la empresa Duck's Colors P & M, al Ing. Roberto Solís Jefe de Planta de Empresa, por darnos todas las facilidades para efectuar este tema.

Christian

Al Ing. Orwield Guerrero que gracias a sus explicaciones, sugerencias y experiencia profesional ha hecho posible la realización del presente proyecto.

A los profesores de la Facultad de Ingeniería Mecánica por su colaboración y guía durante todos mis estudios universitarios.

A todas las personas que de una u otra manera contribuyeron a que pueda alcanzar esta meta tan importante en mi vida.

Pablo

DEDICATORIA

A mis padres Joaquín y Dolores por todo su apoyo, sacrificio, entrega, preocupación, y paciencia en los momentos más difíciles en los que los necesite.

A mi hermana Sofía, a mi tía Alicia que siempre me dieron la fortaleza para nunca rendirme y seguir adelante a pesar de todas las adversidades.

A mis tíos y a mis primos, de quienes siempre recibí una palabra de aliento en todo momento y haber tenido una gran relación de hermandad.

Christian

A mi Padre Catón Bolívar Rosero, que en paz descanse, que gracias a su amor y apoyo puede llegar a cumplir mi meta y regalarme la mejor herencia que se le puede dar a un hijo la educación.

A mi Madre Eva Patricia, que gracias a su trabajo y sacrificio en tierras extranjeras pudo sacar adelante a nuestra familia.

A mis hermanos Juan Carlos y Marcelino Rosero por ayudarme cuando más lo he necesitado.

A todos mis amigos y compañeros de lucha por estar en los momentos buenos y malos.

Pablo

CONTENIDO

INDICE DE TABLAS.....	X
INDICE DE FIGURAS.....	XII
GLOSARIO.....	XIV
NOMENCALTURA.....	XVIII
RESUMEN.....	XXI

CAPITULO 1

DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA EMPRESA

1.1 GENERALIDADES.....	1
1.2 SECCIONES DE LA PLANTA.....	4
1.3 ESTILO ADMINISTRATIVO Y MANEJO DE LA PLANTA.....	5
1.4 DESCRIPCIÓN DE LOS PROCESOS DE PRODUCCIÓN.....	6
1.4.1 TRAZADO Y CORTADO.....	6
1.4.2 CONFECCIÓN.....	6
1.4.3 TINTURADO.....	6
1.4.3.1 Lavado.....	7
1.4.3.2 Centrifugado.....	7
1.4.3.3 Secado.....	7
1.4.3.4 Desgaste.....	7
1.4.3.5 Terminado.....	8
1.5 MATERIA PRIMA.....	9
1.6 EQUIPOS UTILIZADOS.....	9
1.6.1 CALDERO.....	9

1.6.2 LAVADORA DE TAMBOR.....	10
1.6.3 CENTRIFUGADORA.....	11
1.6.4 SECADORA.....	11
1.6.5 COMPRESOR DE AIRE.....	12
1.7 REQUERIMIENTOS ENERGÉTICOS.....	13
1.8 SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA.....	13
1.9 POLÍTICAS DE CALIDAD.....	13

CAPITULO 2

AUDITORÍA ENERGÉTICA DE LA EMPRESA DUCK´S

2.1 ANTECEDENTES.....	15
2.2 AUDITORÍA ENERGÉTICA EN LA GENERACIÓN DE VAPOR.....	16
2.3 EL AUDITOR ENERGÉTICO.....	16
2.4 INSTRUCCIONES GENERALES.....	17
2.5 PASOS A SEGUIR EN UNA AUDITORÍA.....	18
2.6 CLASES DE AUDITORÍAS.....	18
2.6.1 AUDITORÍA ENERGÉTICA PRELIMINAR.....	19
2.6.2 AUDITORÍA ENERGÉTICA DETALLADA.....	19
2.7 AUDITORÍA ENERGÉTICA PRELIMINAR.....	19
2.7.1 CONSUMO Y COSTO DE ENERGÍA.....	19
2.7.2 INSPECCIÓN VISUAL Y RECORRIDO A TRAVÉS DE LA PLANTA.....	21
2.7.3 OPORTUNIDADES DE CONSERVACIÓN DE ENERGÍA.....	22
2.7.3.1 Aislamiento térmico.....	22
2.7.3.2 Trampas de vapor.....	23
2.7.3.3 Retorno de condensado.....	24
2.7.3.4 Fugas de vapor.....	24

CAPITULO 3

AUDITORÍA ENERGÉTICA DETALLADA

3.1 COBERTURA DE LA AUDITORÍA DETALLADA.....	26
3.1.1 OBJETIVO.....	26
3.1.2 CIRCUITO DE VAPOR DE LA EMPRESA DUCK´S.....	26
3.1.3 CONDICIONES DE OPERACIÓN DE LOS EQUIPOS.....	27
3.1.3.1 Caldero.....	27
3.1.3.1.1 Quemador.....	29
3.1.3.2 Tanque de almacenamiento de combustible.....	30
3.1.3.3 Tanque de almacenamiento de agua.....	30
3.1.3.4 Líneas de distribución de vapor.....	31
3.1.3.5 Equipos consumidores de vapor.....	32
3.1.3.6 Salida de condensado.....	33
3.2 MEDICIÓN DE CONSUMO DE VAPOR EN LA CALDERA.....	33
3.2.1 MÉTODO PARA DETERMINAR EL FLUJO DE AGUA DE ALIMENTACIÓN.....	35
3.3 MEDICIÓN DEL CONSUMO DE VAPOR EN LOS EQUIPOS.....	35
3.3.1 MÉTODO PARA DETERMINAR EL CONSUMO PUNTUAL DE VAPOR.....	36
3.4 METODOLOGÍA PARA DETERMIANAR LA EFICIENCIA DEL CALDERO.....	38
3.4.1 MÉTODO DIRECTO.....	38
3.4.2 MÉTODO INDIRECTO.....	39
3.4.2.1 Pérdidas de calor sensible con los gases de salida qcs.....	39
3.4.2.2 Pérdidas de calor por combustión incompleta qci.....	39
3.4.2.3 Cartas para pérdidas de calor	40

3.4.2.5 Pérdidas de calor por radiación y convección.....	40
3.4.2.6 Pérdidas por purgas	41
3.4.2.6.1 Análisis de purgas en la caldera.....	41
3.4.2.6.2 Determinación de sólidos totales disueltos (STD).....	43
3.5 ANÁLISIS DE LOS GASES PRODUCTO DE LA COMBUSTIÓN.....	44
3.5.1 NÚMERO DE HUMO.....	46
3.5.1.1 Análisis de muestra.....	47

CAPITULO 4

CÁLCULOS Y ANÁLISIS DEL SISTEMA ENERGÉTICO

4.1. CÁLCULO DE CONSUMO DE VAPOR EN LA CALDERA.....	48
4.1.1 CÁLCULO DE PÉRDIDAS DE CALOR.....	49
4.1.1.1 Pérdida por purga.....	49
4.1.1.2 Pérdidas por chimenea.....	50
4.1.1.3 Pérdidas por radiación.....	50
4.1.2. CÁLCULO DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE.....	51
4.1.3. CÁLCULO DE PÉRDIDA DE VAPOR EN EL PROCESO DE TEÑIDO.....	52
4.1.4. CÁLCULO DE PRODUCCIÓN DE VAPOR ANUAL.....	52
4.2 PROPUESTAS DE AHORRO DE ENERGÍA.....	53
4.2.1 REEMPLAZO DEL QUEMADOR.....	53
4.2.2 ANÁLISIS DE LA INVERSIÓN.....	55
4.2.3 TIEMPO DE RETORNO SIMPLE.....	56
4.3 REPORTE FINAL.....	56

CAPITULO 5

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES.....	59
5.2 RECOMENDACIONES.....	61
BIBLIOGRAFÍA.....	63
ANEXOS.....	64
ANEXO A: FOTOGRAFÍAS DE LAS MÁQUINAS Y EQUIPOS DE MEDICIÓN.....	65
ANEXO B: NORMA TÉCNICA DE EMISIONES AL AIRE FUENTES FIJAS.....	74
ANEXO C: COTIZACIÓN CALDERO.....	106
ANEXO D: TABLAS.....	108
ANEXO E: PROGRAMA DE MANTENIMIENTO.....	115

INDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Departamentos de Duck´s Colors P&M.....	2
Tabla 1.2 Secciones de la planta.....	4
Tabla 1.3 Equipos utilizados en el proceso de tinturado.....	9
Tabla 2.1 Consumo aproximado de energía año 2010.....	20
Tabla 2.2 Costo de la energía.....	20
Tabla 3.1 Condiciones de operación del caldero.....	28
Tabla 3.2 Temperatura en la superficie del caldero.....	28
Tabla 3.3 Características del quemador.....	29
Tabla 3.4 Características de la tubería.....	31
Tabla 3.5 Condiciones generales de trabajo de la lavadora.....	32
Tabla 3.6 Temperaturas en la superficie lateral de las lavadoras.....	32
Tabla 3.7 Características de la centrifugadora.....	33
Tabla 3.8 Datos de agua de alimentación.....	35
Tabla 3.9 Características medidor de flujo de vapor.....	36
Tabla 3.10 Datos obtenidos de flujo de vapor	37
Tabla 3.11 Pérdidas por radiación y convección.....	40
Tabla 3.12 Características del agua en el interior de la caldera.....	42
Tabla 3.13 Mediciones de sólidos totales disueltos (STD).....	44
Tabla 3.14 Resultados del analizador de gases Testo.....	45

Tabla 4.1 Datos obtenidos agua de alimentación.....	48
Tabla 4.2 Balance de la caldera.....	51
Tabla 4.3 Resultados ajuste de la combustión.....	54
Tabla 4.4 Resumen de modificaciones técnicas importantes.....	57

INDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Duck`s Colors P&M.....	1
Figura 1.2 Diagrama de bloques del proceso de teñido.....	8
Figura 1.3 Caldera pirotubular de tubos de fuego.....	10
Figura 1.4 Lavadora de tambor.....	10
Figura 1.5 Centrifugadora.....	11
Figura 1.6 Secadora.....	12
Figura 1.7 Compresor.....	12
Figura 2.1 Costo del consumo de la energía.....	21
Figura 2.2 Aislamiento térmico.....	23
Figura 2.3 Trampa de vapor.....	23
Figura 2.4 Retorno de condensado.....	24
Figura 2.5 Fugas de vapor	25
Figura 3.1 Circuito de vapor sin retorno de condensado.....	27
Figura 3.2 Quemador.....	29
Figura 3.3 Tanque de combustible.....	30
Figura 3.4 Tanque de almacenamiento de agua.....	30
Figura 3.5 Tubería de distribución de vapor.....	31
Figura 3.6 Medidor digital de flujo de vapor.....	36
Figura 3.7 Analizador de gases portátil.....	45

Figura 3.8 Caja caliente	46
Figura 3.9 Filtro	47

GLOSARIO

Auditoria energética

Es la metodología adecuada para el inicio de un estudio sobre gestión y mejoramiento energético.

Auditoria preliminar

Es la base fundamental de todo estudio energético; en la que el auditor recopilará y tomará todos los datos posibles de la empresa.

Auditoria detallada

Es un análisis posterior a la base de información obtenida en la auditoria preliminar; en la que el auditor energético realiza la obtención de datos cuantificados y valorados de la utilización de la energía.

Caldero

Es una máquina que está diseñada para genera vapor, a través de una Transferencia de calor a presión constante, en la cual el fluido, originalmente en estado líquido, se calienta y cambia de estado.

Caja caliente

Equipo que permite recoger el material particulado de los gases productos de la combustión.

Condensado

Es el cambio de fase de vapor a líquido de una sustancia a una presión y temperatura constantes.

Combustión completa

Se refiere a la reacción del combustible con el oxígeno del aire, el mismo que se encuentra en exceso. Como productos de este proceso se tiene: CO₂, H₂O y N₂.

Densidad

Es una magnitud referida a la cantidad de masa contenida en un determinado volumen, es simbolizada con la letra griega rho (ρ).

Exceso de aire

Garantiza la total oxidación de todos los elementos capaces de oxidarse en el combustible.

Factor de carga

Es el porcentaje de tiempo que el quemador funciona cuando el caldero está en su línea de operación.

Presión de vapor

Presión ejercida por un líquido evaporado dentro de un recipiente a una temperatura determinada.

Poder calórico

Energía disponible en forma de calor que puede proporcionar un combustible.

Poder calórico inferior seco

Es la cantidad de calor que se desprende en la combustión completa del combustible quedando finalmente el agua en forma de vapor.

Poder calórico superior húmedo

Es la cantidad de calor que se desprende en la combustión completa quedando finalmente el agua formada en la combustión en forma líquida.

Quemador de combustible

Su función es de atomizar el combustible y dirigirlo hacia el difusor donde se mezcla con el aire enviado por un soplador generando una combustión eficiente y rápida.

Relación aire-combustible

Es la relación entre la masa de aire y masa de combustible que interactúan en un proceso de combustión. Este parámetro es de trascendental importancia en el diseño de todo sistema de combustión.

Teñido

El teñido es un proceso químico en el que se añade un colorante a los textiles y otros materiales, con el fin de que esta sustancia se convierta en parte del textil y tenga un color diferente al original.

Testo

Equipo electrónico portátil que permita analizar los gases productos de la combustión.

Vapor

Es el paso de líquido a estado gaseoso.

Vaporización

Es el proceso en el cual una fibra es sometida a un baño de vapor y se reduce en su tamaño.

Viscosidad

Es una característica de los fluidos en movimiento, que muestra una tendencia de oposición hacia su flujo ante la aplicación de una fuerza, cuanto más resistencia oponen los líquidos a fluir más viscosidad poseen.

NOMENCLATURA

A	Área [m ²]
A _{CM}	Ahorro Consumo mensual
AE	Ahorro eficiencia de combustión
CM	Consumo mensual total
D _{com}	Ahorro Consumo mensual
B	Caudal de purga [Kg/h]
C _c	Consumo de combustible
C _p	Capacidad calórica [KJ/Kg. °K]
C _{CM}	Capacidad continua máxima
Eff	Eficiencia de combustión %
Ex _a	Exceso de aire %
h _{agua}	Entalpia del agua [KJ/Kg]
h _{vapor}	Entalpia del vapor [KJ/Kg]
h _g	Entalpia presión de saturación [KJ/Kg]
H _f	Altura final [m]
H _i	Altura inicial [m]
K	Constante de Hassentein
Kw.h	Kilovatio/hora
L	Longitud [m]
	Flujo de vapor requerido [Kg/h]
vapor	Flujo de masa de vapor [Kg/h]
m _{comb}	Consumo de combustible [Kg/h]
m _{vp}	Flujo de vapor perdido [Kg/h]
PCI	Poder calórico inferior [KJ/Kg]
PCS	Poder calórico superior [KJ/Kg]

Continúa...

NOMENCLATURA (Continuación)

P_p	Pérdidas en purgas de la caldera en %.
P_{rad}	Pérdidas por radiación %
P	Presión [psi]
P_s	Presión de salida del vapor [psi]
Q	Potencia del caldero [BHP]
Q_{cs}	Pérdidas por calor sensible gases de salida [%]
Q_{ci}	Perdidas de calor por combustión incompleta [%]
Q_u	Calor útil [kJ/h]
Q_d	Calor disponible[kJ/h]
R	Radio del Tanque.
T_a	Temperatura Aire Ambiente [°C]
T_{dt}	Temperatura del diesel en el tanque. [°C]
T_{ea}	Temperatura agua de alimentación [°C]
T_{el}	Temperatura de entrada a lavadora. [°C]
T_f	Temperatura gases de salida [°C]
T_p	Temperatura promedio [°C]
T_{sc}	Temperatura salida de la caldera [°C]
T_{sv}	Temperatura de salida de vapor [°C]

LETRAS GRIEGAS

\emptyset	Diámetro [m]
ρ	Densidad [Kg / m ³]
%	Porcentaje
η_c	Eficiencia de la caldera [%]
Σ	Sumatorio

NOMENCLATURA QUIMICA

CO	Monóxido de carbono
CO ₂	Dióxido de carbono
NO _x	Óxidos de nitrógeno
O ₂	Oxígeno
SO ₂	Dióxido de azufre

RESUMEN

Este proyecto está orientado a la investigación y desarrollo de una auditoria energética en el sistema de vapor de la empresa Duck`s Colors P&M para disminuir el consumo de combustible, planteando soluciones prácticas. A continuación se detalla brevemente el contenido.

En el **CAPITULO I** presenta una reseña histórica de la empresa Duck`s Colors P&M desde sus inicios en agosto del año 1999, su ubicación geográfica, las funciones de cada uno de los departamentos, el número de empleados que existe en cada área, los procesos de producción, las secciones de la planta y las responsabilidades que tiene cada persona en orden jerárquico.

En el **CAPITULO II** hace referencia a la auditoría energética preliminar, los beneficios, los pasos correctos a seguir y los costos de la misma en la empresa Duck`s Colors P&M.

El **CAPITULO III** estudia la auditoria energética detallada, se plantea la formulación para calcular la eficiencia de la caldera y se realizan las mediciones necesarias para determinar el consumo de vapor en el sistema.

El **CAPITULO IV** está centrado en el análisis de pruebas y resultados obtenidos. Se cuantifica las pérdidas térmicas y se plantea propuesta de ahorro de energía.

El **CAPITULO V** se detalla las conclusiones y recomendaciones obtenidas de análisis energético de la empresa.

INTRODUCCION

La incertidumbre acerca del precio de petróleo y el calentamiento global es una señal clara para la elaboración de proyectos orientados al uso eficiente de la energía y de diagnóstico energético, cuyo objetivo es el establecer procedimientos para orientar, capacitar, evaluar y cuantificar el uso racional de los recursos energéticos en todas sus formas y su aplicación en los diferentes sectores industriales de nuestro país

Este proyecto tiene como objetivo establecer una auditoría energética de una planta dedicada a la elaboración de prendas de vestir en telas jeans, e identificar el potencial de ahorro energético existente. Todo esto con el propósito de que la empresa eleve sus niveles de eficiencia, competitividad, rentabilidad y minimice su grado de contaminación. El proyecto presentará los resultados de la auditoría realizada a la planta en lo concerniente al sistema de vapor, comprendiendo básicamente la recopilación de datos reales, para compararlos con los datos obtenidos mediante análisis y/o cálculos.

CAPITULO 1

DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA EMPRESA

1.1 GENERALIDADES

Duck`s Colors P&M es una Industria dedicada a la fabricación y comercialización de artículos de vestir con gran variedad de telas nacionales e internacionales.

La planta se encuentra ubicada en la ciudad de Ambato en la Av. Carlos Amable Ortiz y Leónidas Araujo Chiriboga Km 2. Ver. Figura 1.1



Figura 1.1 Empresa Duck`s Colors P&M

[Fuente: Duck`s Colors P&M]

Duck's Colors P&M es una empresa familiar que se creó en la ciudad de Ambato, provincia del Tungurahua, mediante escritura pública el 7 de Agosto de 1999, con un capital de siete mil dólares y con un número de dos socios.

Sus operaciones comenzaron a finales del año 2000 con la confección de pantalones jeans; posteriormente se adquirió maquinaria nueva para incrementar la variedad de productos como: chaquetas, ternos, faldas, chompas para damas caballeros y niños.

La planta actualmente debido a su crecimiento se encuentra en un área limitada de espacio; los administradores están realizando negociaciones para adquirir un terreno en el sector de Totorá en el cual se construirá un galpón el cual pueda reunir todas las secciones de la planta ya que actualmente se encuentran en diferentes sectores de la ciudad de Ambato.

La planta está constituida por 47 empleados, quienes integran los departamentos descritos en la Tabla 1.1

Tabla 1.1 Departamentos de Duck's Colors P&M.

DEPARTAMENTOS	FUNCIONES	N° EMPLEADOS
DIRECCIÓN	Determinar y ejecutar los procesos, políticas y controles necesarios para la ejecución de las labores cotidianas de los diferentes niveles subordinados de la compañía.	3
CORPORATIVO	Crear y ejecutar políticas, procesos y procedimientos de control tanto para el área financiera como para el área de personal sin contraposición a las áreas de los niveles superiores.	2

Continúa...

Tabla 1.1 Departamentos de Duck's Colors P&M. (Continuación)

DEPARTAMENTOS	FUNCIONES	N° EMPLEADOS
CONTABILIDAD	Registrar, controlar y evaluar la situación económica de la empresa a través de la emisión de informes contables que reflejen la realidad financiera en base a los principios de contabilidad.	2
PRODUCCION	Elaboración del producto. Para lo cual debe coordinar con las actividades de compra de materia prima con el departamento de compras. Además se encarga de la entrega de productos.	31
VENTAS	Estructurar, coordinar y evaluar todos los procesos de investigación, información y trámites involucrados en las actividades de exportación e importación para la empresa.	6
COMPRAS	Programar y realizar las compras de materiales y materia prima necesaria para el proceso de producción, realizar los registros de entrada a bodega, resguardar los stocks y realizar la distribución física de estos.	3
TOTAL EMPLEADOS		47

[Fuente: Duck's Colors P&M]

1.2 SECCIONES DE LA PLANTA

Está dividida en diferentes secciones las mismas que se indican en la Tabla 1.2.

Tabla 1.2 Secciones de la planta.

TIPO DE SECCIÓN	SECCION	
PRINCIPAL	1	TRAZADO
	2	CORTE
	3	CONFECCIÓN
APOYO	4	TINTURADO
	5	SECADO
TERMINADO	6	PLANCHADO
	7	BORDADO
	8	DOBLADO
	9	EMPACADO

[Fuente: Duck's Colors P&M]

1.3 ESTILO ADMINISTRATIVO Y MANEJO DE LA PLANTA.

La planta se encuentra organizada de la siguiente manera:

- **PRESIDENTE EJECUTIVO.** Es la persona encargada de llevar la gestión administrativa de procesos y políticas de la empresa, para la ejecución de las labores cotidianas de los niveles de menor jerarquía.
- **GERENTE GENERAL.** Ejecuta los procesos, políticas y controles ordenados por la Presidencia Ejecutiva, además pueden tomar decisiones e implantarlos si fuese necesario.
- **CONTRALOR Y JEFE DE RECURSOS HUMANOS.** Crea y ejecuta políticas, procesos y procedimientos de control para el área financiera y de personal.
- **JEFE DE PRODUCCIÓN.** Coordina, ejecuta y controla los procesos de producción de la planta, acoplado además nuevas tecnologías con el fin de mejorar la calidad y reducir los costos. Además es el encargado del diseño y producción de cualquier producto nuevo.
- **CONTADOR GENERAL.** Lleva el registro, control y evaluación de la situación económica de cualquier producto nuevo.
- **ASESOR COMERCIAL.** Busca nuevos clientes con el fin de asesorarlos y dar a conocer los productos y cotizaciones que ofrece la empresa.
- **JEFE DE LOGÍSTICA.** Programa y realiza las compras de materiales y materia prima para el proceso de producción. Además es responsable de revisar el correcto almacenamiento de datos en los registros de entrada y salida de bodega.
- **AUXILIAR DE PRODUCCIÓN.** Nivel de apoyo para el Dpto. de producción y es encargado de la salida de los productos terminados y la distribución a los clientes.
- **AUXILIAR CONTABLE.** Nivel de apoyo para el Dpto. de contabilidad.

- AUXILIAR DE BODEGA. Nivel de apoyo para el Dpto. de compras y se encarga del inventario de la materia prima existente en bodega y la distribución física de las compras.
- SECRETARIA. Coordina las comunicaciones verticales y/o horizontales, internas y externas de la empresa.

1.4 DESCRIPCIÓN DE LOS PROCESOS DE PRODUCCIÓN.

Duck`s Colors P&M tiene más producción en serie, ya que confecciona gran cantidad de prendas en diferentes modelos según la necesidad del cliente. Todos los productos inician su fabricación por las secciones principales en las que se especifican el modelo y la cantidad de prendas a elaborar, luego pasan por las secciones de apoyo y terminado para finalmente ser almacenadas.

A continuación se indica una descripción de los principales procesos de producción:

1.4.1 TRAZADO Y CORTADO.

En esta sección se diseña el modelo y se determina la cantidad de prendas a realizar utilizando telas como gabardina, pana, piel y jean que es la más utilizada.

1.4.2 CONFECCIÓN.

Se elaboran los productos como chompas, pantalones, levas, chaquetas, en las diferentes telas según la selección del proceso anterior.

Esta sección cuenta con la maquinaria y el personal necesario para realizar un trabajo en serie dando una costura elegante y garantizando la calidad de las prendas confeccionadas.

Las prendas quedan totalmente armadas en crudo, quedando listas para la sección de tinturado.

1.4.3 TINTURADO

Esta sección permite que la prenda ya confeccionada adquiera una textura y color previamente seleccionada.

Se utiliza piedra pómez para dar un acabado especial a la prenda y colorantes químicos para lograr el color deseado.

El proceso de tinturado necesita operaciones especiales que se apoyan principalmente en procedimientos mecánicos como son:

- Lavado
- Centrifugado
- Secado
- Desgaste
- Terminado

1.4.3.1 Lavado

Todo tejido que ha sido engomado y que es necesario teñir, blanquear o estampar se someten a este proceso en lavadoras de tambor de 50 kilos alrededor de 45 minutos; los tipos de lavado que se puede dar a una prenda o fibra textil dependen de las exigencias del cliente.

Los productos químicos y colorantes utilizados deben ser de primera calidad, que no sean tóxicos y amigables con el ambiente.

1.4.3.2 Centrifugado

Es un proceso en el cual se utiliza la fuerza centrífuga para exprimir la prenda después del proceso de lavado.

1.4.3.3 Secado

Las prendas luego del proceso de centrifugado se introducen en el interior del tambor giratorio de la máquina secadora, la cual por medio del calor generado por la combustión del gas se reduce el contenido de humedad de la prenda.

1.4.3.4 Desgaste

Consiste en colocar en contacto la prenda con piedra pómez, la misma que produce abrasión, suavidad y una superficie decolorada al dar vueltas la máquina durante un periodo de tiempo.

Otro método utilizado para dar un aspecto de envejecido y/o introducir puntos de desgaste se hace a mano con una gran variedad de cepillos de alambre que pasan sobre la prenda colocada sobre un maniquí inflable. La prenda terminada tiene flecos, rotos y manchas que son del gusto del consumidor.

A continuación se presenta el diagrama de las operaciones del proceso de tinturado.

Ver Fig. 1.2

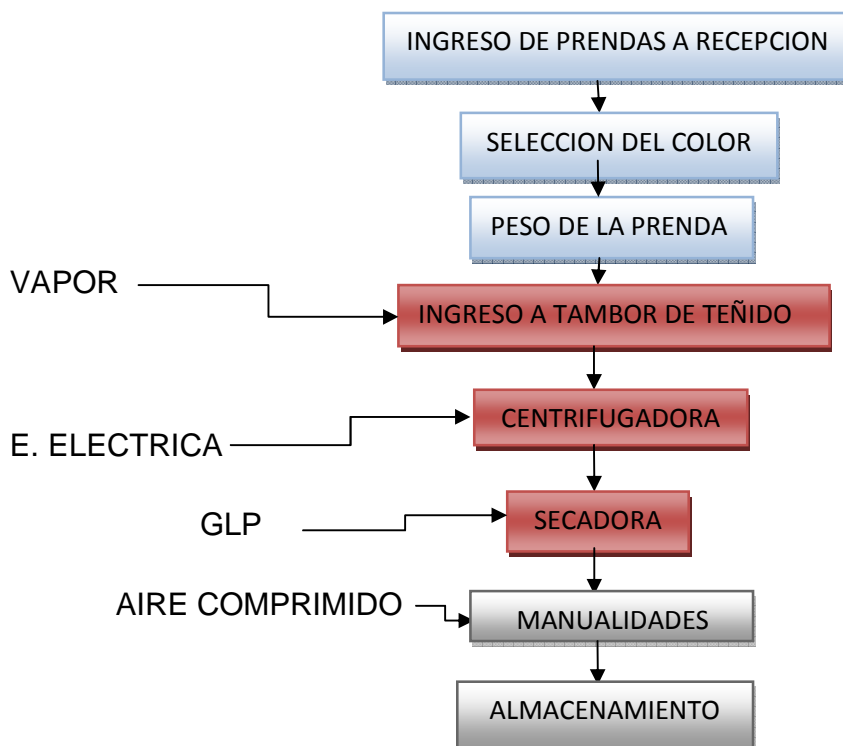


Figura 1.2. Diagrama de bloques del proceso de teñido.

[Fuente: Duck's colors P & M]

1.4.3.5 Terminado

Se culmina el proceso, las prendas quedan listas para la venta y su distribución en el mercado.

1.5 MATERIA PRIMA.

Para la elaboración del producto se utilizan telas como: jean, gabardina, pana y piel.

1.6 EQUIPOS UTILIZADOS.

En la tabla 1.3 se detalla la maquinaria principal del proceso de tinturado.

Tabla 1.3 Equipos utilizados en el proceso de tinturado.

MÁQUINA	MODELO	CANTIDAD	CARACTERISTICAS
CALDERO	MILLER	1	0-150 PSI
LAVADORA	TOYA	4	300 libras
CENTRIFUGADORA	WKSLER	2	1740/1200 RPM
SECADORA	KONNEN	3	60/50 ° C
COMPRESOR	TOYA	1	135 PSI

[Fuente: Duck's colors P & M]

1.6.1 CALDERO

Es un recipiente cerrado dentro del cual se puede alimentar agua; y por la aplicación de calor se convierte continuamente en vapor, la caldera con la cual trabaja la empresa es de tubos de fuego. Fig. 1.3

La energía química del combustible diesel se convierte en calor, el mismo que es transmitido al agua a través de las superficies de transferencia de calor.



Figura 1.3 Caldero pirotubular de tubos de fuego
[Fuente: Duck's colors P & M]

1.6.2 LAVADORA DE TAMBOR

Fundamentalmente, es una máquina que permite teñir, lavar y blanquear prendas ahorrando esfuerzo y tiempo.

La lavadora consta de un tambor en el cual se introduce las prendas, químicos y agua necesaria que al girar desarrolla los procesos antes mencionados, dicho giro es provocado por un motor eléctrico que en ocasiones puede estar conectado al tambor directamente y en otras mediante correas, engranajes o poleas. Figura 1.4



Figura 1.4 Lavadora de tambor

La lavadora está constituida principalmente por las siguientes partes:

- **Motor eléctrico:** situado en la parte superior de la lavadora.
- **Control:** controla las distintas operaciones de lavado.
- **Tambor:** cilindro de metal donde se introduce prendas, químicos y agua.

1.6.3 CENTRIFUGADORA

Este equipo permite mediante el mecanismo de centrifugado expulsar parte del agua que la prenda acumula durante al proceso de lavado para luego introducirla en la máquina secadora. Figura 1.5



Figura 1.5 Centrifugadora

[Fuente: Duck's colors P & M]

1.6.4 SECADORA

Consta de un tambor giratorio donde se introduce las prendas y con la ayuda del calor suministrado por la combustión del gas, reduce la humedad de la mismas dejándolas listas para el acabado final. Figura1.6



Figura 1.6 Secadora

[Fuente: Duck's colors P & M]

1.6.5 COMPRESOR DE AIRE

Suministra aire comprimido para facilitar un pre proceso de las prendas y es operado de forma manual Figura 1.7



Figura 1.7 Compresor

[Fuente: Duck's colors P & M]

1.7 REQUERIMIENTOS ENERGÉTICOS.

Los tipos de energía utilizados en la planta son:

- Energía Eléctrica
- Combustible diesel
- Gas licuado de petróleo

La electricidad es utilizada para el funcionamiento de los motores eléctricos, bombas y oficinas.

El diesel es utilizado únicamente en las calderas para la generación del vapor necesario para el proceso de teñido.

El gas licuado de petróleo es utilizado en las secadoras para disminuir el contenido de humedad de las prendas y ponerlas a punto para el acabado final.

1.8 SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA.

Para el desarrollo de sus actividades industriales la empresa se abastece con la red pública de agua potable de la ciudad de Ambato, la cual es almacenada en dos tanques cisternas de hormigón que tienen una capacidad de 26.6 m³ y 6.76 m³ respectivamente.

1.9 POLÍTICAS DE CALIDAD

La compañía está empeñada en mantener un sistema eficaz de gestión de calidad mediante la participación activa de todos los empleados, y de acuerdo a la norma ISO 9001:2000

En su calidad de proveedores es política de la empresa garantizar que los productos se ajusten a las especificaciones contractuales y satisfagan a los clientes en calidad, cantidad y entrega oportuna.

El crecimiento de la compañía está acompañado por la búsqueda de certificaciones como la ISO 9001:2000 referente a la calidad de los procesos productivos, la ISO

14000 referente a procesos industriales amigables con el ambiente y a la obtención de la ISO 18000 referente a la gestión de seguridad y salud laboral.

CAPITULO 2

AUDITORÍA ENERGÉTICA DE LA EMPRESA DUCK´S

2.1 ANTECEDENTES

La energía es un rubro importante tanto para la empresa como para el estado, por lo cual debe ser considerada en planificación, dirección y seguimiento. El ahorro de energía podría significar aumento de utilidades, precios más competitivos, mayor disponibilidad de recursos para mejorar la atención al público, etc. Una auditoría energética ayudará a controlar costos en la empresa, identificando las áreas en las cuales se puede estar presentando despilfarros de energía y donde es posible hacer mejoras.

La experiencia en la aplicación de los programas de ahorro de energía ha demostrado que con el incremento de la eficiencia energética se obtienen beneficios adicionales a la reducción en el costo de la energía, junto con las posibilidades de incrementar la producción y la reducción de emisiones contaminantes.

Una auditoría, consiste básicamente en el análisis de la situación energética de la planta a lo largo de un periodo de tiempo con el fin de determinar cómo y dónde se utiliza la energía.

Los principales recursos utilizados en la planta para la fabricación de prendas de vestir son: agua, energía eléctrica y diesel, por tanto los cambios implementados para reducir el uso de estos recursos suelen ser altamente rentables, de tal manera que la inversión puede ser recuperada en el menor tiempo posible. Tomando en consideración estos puntos, se eligió el sistema de vapor para realizar la auditoría, debido a que es el área de mayor consumo energético; al perder vapor en la instalación aumenta el consumo de combustible, tratamiento de agua y energía eléctrica.

2.2 AUDITORÍA ENERGÉTICA EN LA GENERACIÓN VAPOR.

En la empresa se pueden tener las siguientes mejoras:

- La descripción total del sistema de vapor e identificación de las oportunidades de mejora.
- La solución a los problemas encontrados de acuerdo a un criterio técnico confiable.
- Importantes mejoras en el sistema, que se verán reflejados en grandes beneficios económicos, aumentando la productividad de la planta, debido a la reducción de los costos operacionales.
- La programación de las actividades de mantenimiento preventivo.
- Mejorar la eficiencia del caldero para disminuir el consumo de combustible y las emisiones de gases contaminantes.

2.3 EL AUDITOR ENERGÉTICO

Es el profesional que realiza la auditoría que en ocasiones coordina un grupo de especialistas por la amplitud o complejidad de la instalación analizada.

La diversidad de empresas con tecnologías energéticas específicas hace aconsejable que el auditor tenga una formación muy amplia, con conocimientos de las técnicas energéticas en profundidad y capacidad para relacionar los procesos productivos con el consumo de energía.

El auditor energético deberá poseer los conocimientos necesarios para la realización de los cálculos técnicos y económicos así como la capacidad de realizar o dirigir las mediciones que sean necesarias.

La habilidad para realizar cálculos técnicos y económicos es necesaria. La base teórica debe ir acompañada de una amplia experiencia profesional de trabajo en plantas, de diseño y/o de la realización de auditorías energéticas.

2.4 INSTRUCCIONES GENERALES.

La auditoría energética requiere que se establezca una buena relación entre el personal de la empresa auditada y el personal auditor para que la transmisión de datos e informaciones sea más breve y precisa.

La planificación de los trabajos de la auditoría debe acordarse con el responsable de la empresa para minimizar las interferencias con el normal funcionamiento de la empresa y cumplirse estrictamente.

Para la realización de medidas específicas para los balances de materia y energía debe obtenerse una autorización previa y se las debe realizar con los máximos estándares de seguridad tanto para el personal de la fábrica como el de la auditoría.

Es conveniente preparar una lista de la documentación necesaria para la auditoría, y comentarla con el responsable de la empresa para fijar un plazo de entrega, así como solicitar los permisos necesarios para la instalación de aparatos de medida.

Una parte importante de la auditoría está constituida por la recopilación de datos los cuales se detallan en los formularios respectivos.

Cuando la empresa no disponga de datos y no se pueda cumplir algún apartado del formulario, podrá obviarse cuando se estime que no afecta al resultado de la auditoría. En caso contrario, la experiencia del auditor y la comparación con la práctica en el sector permitirá fijar un criterio para estimar un valor no conocido.

2.5 PASOS A SEGUIR EN UNA AUDITORÍA

- **Contacto: Empresa – Consultor.**
- **Visita a las instalaciones.**
 - Identificación general de la empresa.
 - Descripción de los procesos productivos con diagramas de bloque.
 - Fuentes de suministro de energía.
- **Análisis detallado de la utilización de la energía en la Empresa.**
 - Descripción y características de cada equipo.
 - Energía utilizada en el producto tratado.
 - Actividades de mantenimiento.
- **Determinación de la instrumentación a emplear y de los sistemas de medida.**
- **Realización de balances.**
- **Informe Técnico – Económico**
 - Evaluación de operaciones básicas y centros productivos.
 - Determinación de mejoras.
 - Ahorro energético.
 - Ahorro económico.

2.6 CLASES DE AUDITORÍAS

La metodología de la auditoría energética se divide en:

- Auditoría preliminar
- Auditoría detallada

2.6.1 AUDITORÍA ENERGÉTICA PRELIMINAR.

Es un diagnóstico rápido para orientar decisiones posteriores que indiquen donde hay problemas que ameriten un estudio más detallado.

2.6.2 AUDITORÍA ENERGÉTICA DETALLADA.

Esta permite conocer en que se utiliza la energía consumida. Este diagnóstico es un análisis técnico de los componentes individuales del sistema o de procesos enteros. Se fundamenta en informes existentes recogidos expresamente o en estimaciones de consumo de energía.

La auditoria detallada se fundamenta en la primera Ley de la Termodinámica: “la energía no se crea ni se destruye únicamente se transforma”; en consecuencia este trabajo se realiza por medio de balances de masa y energía.

Los balances de masa hacen un seguimiento y explican que ocurre con el flujo de masa que interviene en la producción.

El balance de energía hace lo mismo con toda la energía que entra y sale del proceso: ninguna energía puede desaparecer y hay que asegurarse de que sea bien utilizada. Algo importante en este caso es el encontrar las maneras concretas de reducir el consumo de energía en las áreas de mayor uso.

2.7 AUDITORÍA ENERGÉTICA PRELIMINAR.

La auditoría energética preliminar es básicamente un recorrido de la planta para el análisis breve del estado de las instalaciones y/o equipos disponibles de la Empresa Duck´s e identificación de los puntos críticos de consumo de energía.

2.7.1 CONSUMO Y COSTO DE LA ENERGÍA

El primer paso para realizar la auditoría preliminar, fue recopilar información sobre el consumo de energía mensual. Tablas 2.1 y 2.2. Fig. 2.1

Tabla 2.1 Consumo de energía año 2010.

Mes	Energía (Kwh)	GLP (Kg)	Diesel (gal)
ENERO	2480	350	930
FEBRERO	2428	300	1050
MARZO	2289	200	1000
ABRIL	1960	600	1200
MAYO	2218	250	1050
JUNIO	2184	500	1200
JULIO	2247	600	1100
AGOSTO	2442	350	1000
SEPTIEMBRE	2616	450	1100
OCTUBRE	2353	400	1000
NOVIEMBRE	2353	500	1000
DICIEMBRE	2480	650	1200
TOTAL	28050	5150	12830

[Fuente: Duck's colors P & M]

Tabla 2.2 Costo económico año 2010

Tipo de energía	Consumo anual	c/u \$	Costo anual \$
Electricidad	28050 Kwh	0.14	3927
Diesel	12830 Gal	1.037	13304.71
GLP	5150 Kg	0.16	824

[Fuente: Duck's colors P & M]

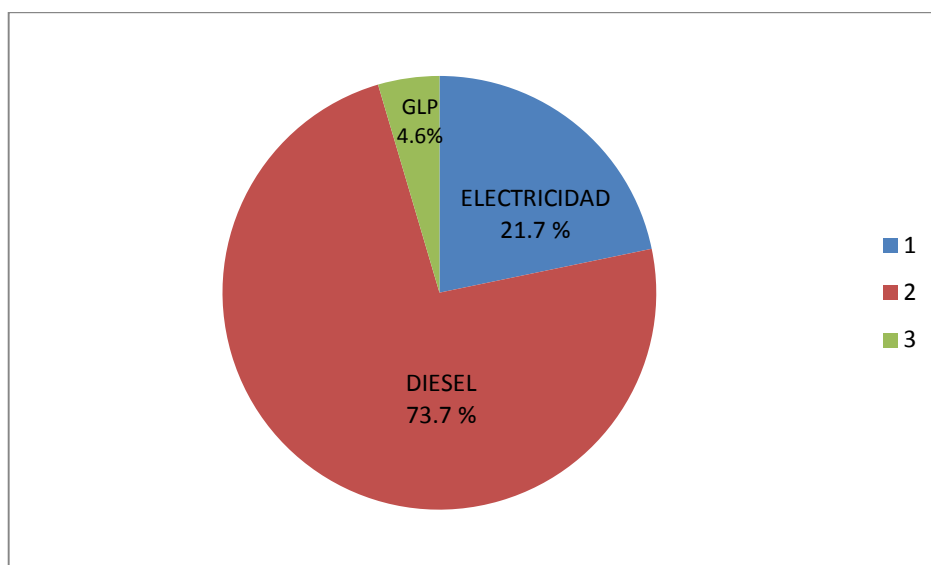


Figura 2.1 Costo del consumo de energía expresado en %

[Fuente: Duck's colors P & M]

2.7.2 INSPECCIÓN VISUAL Y RECORRIDO A TRAVÉS DE LA PLANTA.

Se asigna una persona que proporciona una breve explicación e identificación de los equipos que se utilizan en el proceso de tinturado, y en qué lugares del sistema se produce una posible pérdida de energía.

Entre los principales centros consumidores de energía se tiene:

- Área de generación de vapor
- Área de secado
- Área de teñido

El análisis del consumo de vapor en los distintos procesos se lo realiza en base al gasto diario de combustible usado en la caldera.

Las mediciones que se realizan para el control del sistema de vapor son:

- Nivel de agua de alimentación.
- Nivel de consumo de combustible.

- Nivel de contaminación de gases.
- Presión y temperatura de la caldera.

Diariamente el personal de mantenimiento realiza inspecciones periódicas de las siguientes áreas y/o equipos:

- Caldero.
- Quemador.
- Tanque de combustible
- Lavadoras.
- Tubería de distribución de vapor.

2.7.3 OPORTUNIDADES DE CONSERVACIÓN DE ENERGÍA.

En la auditoría preliminar se detectó algunas deficiencias que son causa de pérdidas de energía las mismas que deben ser controladas y que se mencionan a continuación:

- Falta de aislamiento térmico.
- Falta de trampas de vapor.
- Desperdicio del retorno de condensado.
- Fugas de vapor.

2.7.3.1 Aislamiento Térmico

Las líneas de distribución de vapor no aisladas son una fuente constante de pérdidas de calor. El aislamiento puede reducir las pérdidas de energía en un 90%, cualquier superficie a temperatura superior a 48,8 °C debe estar aislada, incluyendo las superficies de las calderas. Ver Fig. 2.2.



Figura 2.2 Aislamiento Termico

[fuente:Propia]

2.7.3.1 TRAMPAS DE VAPOR

ES EL ELEMENTO DEL SISTEMA DE VAPOR ENCARGADO DE REMOVER EL CONDENSADO PRODUCIDO Y LIMITAR EL PASO DE VAPOR SI ESTE NO HA TRANSFERIDO SU ENERGÍA.

LAS TRAMPAS DE VAPOR ESTABLECEN EL LÍMITE ENTRE EL VAPOR Y EL CONDENSADO, POR LO TANTO SI NO EXISTEN O TIENEN FALLAS EN SU OPERACIÓN SE TENDRÁ COMO RESULTADO ESCAPE DE VAPOR Y POR CONSIGUIENTE PÉRDIDAS ENERGÉTICAS Y ECONÓMICAS. FIG. 2.3.



Figura 2.3 Trampa de Vapor

[Fuente: propia]

2.7.3.3 Retorno de Condensado

Después que el vapor transfiere su energía en un proceso industrial, se condensa. Un método para mejorar la eficiencia energética de la planta es recuperar el retorno de condensado a la caldera ya que reduce la cantidad de agua fría de aporte que debe ser calentada ahorrando combustible y producto químico.

Es necesario resaltar que el condensado es agua destilada tratada con un contenido energético importante y por lo tanto debe ser recolectada para volver al ciclo de generación de vapor. La recuperación del condensado puede ahorrar de 20 a 25% de los costos de generación de vapor de la planta. Fig. 2.4.



Figura 2.4 Retorno de Condensado

[Fuente: propia]

2.7.3.4 Fugas de Vapor.

Representa altos costos económicos por pérdidas de vapor vivo que se refleja en un aumento del consumo de combustible para satisfacer la demanda de vapor en el sistema. Fig.2.5.



Figura 2.5 Fugas de Vapor
[Fuente: propia]

CAPITULO 3

AUDITORÍA ENERGÉTICA DETALLADA

3.1 COBERTURA DE LA AUDITORÍA DETALLADA.

Se procede a realizar la auditoría energética detallada y efectuar un balance de energía en el circuito de vapor para detectar posibles pérdidas energéticas.

3.1.1 OBJETIVOS

- Realizar la toma de datos e información necesaria para el desarrollo del Balance Energético y determinar cifras relacionadas con el suministro y consumo de combustible.
- Desarrollar una serie de medidas correctivas que encaminen a un consumo más eficiente de la energía y que se traduzca en un beneficio económico para la empresa.
- Determinar las inversiones necesarias para la ejecución de las posibles soluciones, así como la rentabilidad de las mismas y su viabilidad.

3.1.2 CIRCUITO DE VAPOR DE LA EMPRESA DUCK´S

Los elementos principales que conforman el sistema de vapor son:

- Caldero.
- Tanque de almacenamiento de combustible.
- Tanque de almacenamiento de agua.
- Líneas de distribución de vapor.
- Equipos de consumo de vapor.
- Salida de condensado.

Todos estos elementos interactúan entre sí. Si existe un mal funcionamiento en alguno de los mismos todo el sistema de vapor será afectado con importantes pérdidas económicas. La figura 3.1 muestra el circuito típico de vapor en la planta.

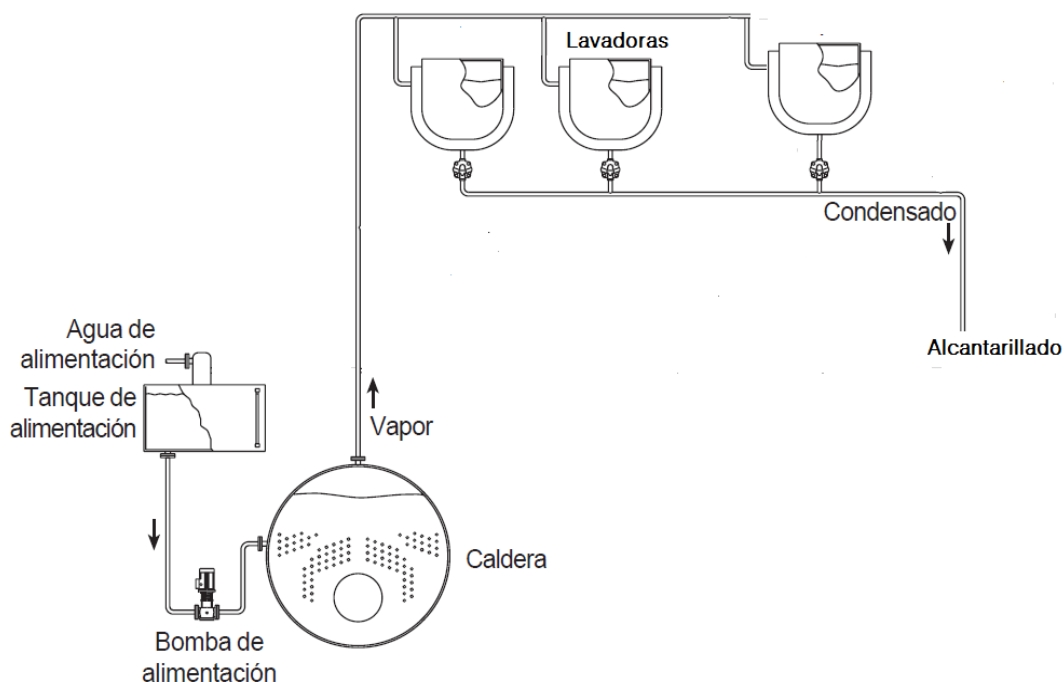


Figura 3.1 Circuito de vapor sin recuperación de condensado.

[Fuente: Spirax Sarco]

3.1.3 CONDICIONES DE OPERACIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE LOS EQUIPOS.

3.1.3.1 Caldero

Es el equipo de combustión de mayor uso en la planta, utiliza el calor cedido por combustible diesel el cual se transmite al agua y la convierte en vapor. En las tablas 3.1 y 3.2 se muestran presiones, potencia y temperaturas del caldero.

El caldero tiene algunas variables a ser controladas como:

- Presión
- Temperatura,
- Nivel de agua,

- Flujo de vapor
- Flujo de agua
- Relación Aire/combustible

Tabla 3.1 Condiciones de operación del caldero

Presión de diseño	150 psi
Presión de trabajo	95 psi
Temperatura de trabajo	85 [°C]
Potencia	50 BHP
Pasos	4
Tipo	Tubos de fuego
Consumo aproximado de combustible a plena carga	11GPH
Características Eléctricas	220V/3FASES/60Hz
Cantidad	1

[Fuente: Duck's colors P & M]

Tabla 3.2 Temperatura en la superficie de la caldera.

Superficie	T1 [°C]	T2[°C]	T3[°C]	Promedio [°C]
Frente de llama	95	85	86	86.6
Cara posterior	192	185	197	191.3
Superficie Lateral	42	46	37	41.6

[Fuente: Duck's colors P & M]

3.1.3.1.1 Quemador

Cumple dos funciones: romper en finísimas partículas el combustible e inyectarlo al interior del hogar en forma cónica, para que de esta manera tenga un amplio contacto con el oxígeno del aire. Ver Fig. 3.2 y Tabla 3.3.



Figura 3.2 Quemador

[Fuente: Duck's colors P & M]

Tabla 3.3 Características del quemador

Modelo	C2-OBS
Serie	120623889
Potencia del Motor	2 HP
Características Eléctricas	115V/1FASE/60 Hz/6.7A

[Fuente: Duck's colors P & M]

3.1.3.2 Tanque de almacenamiento de combustible.

Es el encargado de suministrar combustible al caldero y se almacena temperatura ambiente (20°C). Figura 3.3



Figura 3.3 Tanque de combustible.

[Fuente: Duck's colors P & M]

3.1.3.3 Tanque de almacenamiento de agua.

Se encarga de ablandar y abastecer de agua al caldero desde dos cisternas, que tienen una capacidad de 26,6 m³ y 6,76 m³. Figura 3.4



Figura 3.4 Tanque de almacenamiento de agua.

[Fuente: Duck's colors P & M]

3.1.3.4 Líneas de distribución de vapor

Es la tubería que sirve para transportar el vapor desde el caldero hasta los equipos de consumo. Figura 3.5 y Tabla 3.4.



Figura 3.5 Tubería de distribución de vapor.

[Fuente: Duck's colors P & M]

Tabla 3.4 Características de la tubería

Material	Acero galvanizado
Diámetro	2 in
Aislamiento	Ninguno
T. Superficial	87 °C

[Fuente: Duck's colors P & M]

3.1.3.5 Equipos consumidores de vapor

Lavadora

Cantidad: 3

Aplicación: teñido y lavado de las prendas. Ver Tablas 3.5 y 3.6.

Tabla 3.5 Condiciones generales de trabajo de la lavadora.

Temperatura de trabajo	50 [°C]
Capacidad	50 Kg(80 prendas)
Tiempo	45 min
RPM	1750
Características Eléctricas.	110/220V;60Hz;26A
Longitud	1.50 m
Diámetro	1m

[Fuente: Duck's colors P & M]

Tabla 3.6 Temperaturas en la superficie lateral de las lavadoras.

Medición	Lavadora 1 [°C]	Lavadora 2 [°C]	Lavadora 3 [°C]
N°1	48	31	73
N°2	40	31	72
N°3	34	31	72
Promedio	40.6	31	72.3

[Fuente: Duck's colors P & M]

Centrifugadora

Cantidad: 2

Aplicación: Exprimir las prendas luego del proceso de lavado. Tabla 3.7.

Tabla 3.7 Características de la centrifugadora

Capacidad	20 Kg
Tiempo	45 min
RPM	1750
Características Eléctricas.	110/220V;60Hz;19A

[Fuente: Duck's colors P & M]

3.1.3.6 SALIDA DE CONDENSADO.

Una vez que se produce el intercambio energético, el vapor se condensa. Es necesario resaltar que el condensado es agua destilada tratada, con un contenido energético importante y por lo tanto debe ser recolectada para volver al ciclo de generación de vapor.

3.2 MEDICIÓN DE CONSUMO DE VAPOR EN LA CALDERA

Para determinar el consumo de vapor se considera el gasto de agua en el tanque de alimentación, midiendo la cantidad de volumen de agua que ingresa a la caldera en el instante que la bomba se acciona en un periodo de tiempo.

Las variables a considerar son:

Hi: altura inicial

Hf: altura final

Ø: diámetro del tanque de agua de alimentación.

El volumen de agua de alimentación a la caldera está expresado por:

$$V_i = \frac{\pi D^2 H_i}{4} \quad [3.1]$$

$$Vf = \frac{\pi D^2 Hf}{4} \quad [3.2]$$

$$\Delta V = \frac{\pi D^2 (Hi - Hf)}{4} \quad [3.3]$$

Donde:

ΔV : volumen de agua que ingresa a la caldera

H: altura del agua de alimentación

D: diámetro del tanque

Un valor aproximado al consumo de vapor se lo puede obtener restando el flujo de agua del tanque de alimentación menos el flujo de agua perdida por purgas en el caldero, donde:

$$\dot{m}_v = \dot{m}_{\text{agua}} - B \quad [3.4]$$

$$\dot{m}_{\text{agua}} = \frac{V \rho_{\text{agua}}}{t} \quad [3.5]$$

Donde:

t : Tiempo de accionamiento de la bomba

V : Volumen del agua en el tanque

ρ : Densidad del agua

B: Caudal de purga

\dot{m}_{agua} : Flujo de masa de agua de alimentación.

3.2.1 MÉTODO PARA DETERMINAR EL FLUJO DE AGUA DE ALIMENTACIÓN

- Determinar las dimensiones del tanque de alimentación.

- Cerrar las entradas de reposición y retorno de agua.
- Medir la altura inicial de agua en el tanque de alimentación.
- Al activarse la bomba determinar el tiempo de reposición de agua al generador de vapor y medir la altura final de agua en el tanque.
- Repetir la prueba las veces necesarias partiendo de un mismo nivel de agua de referencia inicial. El flujo de masa de agua se lo determina con la ecuación 3.5.
- Abrir las entradas de agua de reposición y de retorno al tanque de alimentación al terminar la prueba.

Ver Tabla 3.8.

Tabla 3.8 Datos para determinar el volumen de agua de alimentación.

Medición N°	Hi [m]	Hf[m]	L[m]	Ø[m]	t[s]
01	1.024	0.872	2.445	1.170	60
02	1.021	0.874	2.445	1.170	57
03	1.020	0.872	2.445	1.170	59
Promedio	1.022	0.873	2.445	1.170	59

[Fuente: Duck's colors P & M]

3.3 MEDICIÓN DEL CONSUMO DE VAPOR EN LOS EQUIPOS

Se determina los valores de flujo de masa con el uso de un medidor de caudal digital adaptado individualmente a la línea de vapor de cada equipo. En la tabla 3.9 se puede apreciar las características del equipo y en la Fig. 3.6 el medidor de flujo utilizado.

Tabla 3.9 Datos de placa medidor digital de flujo de vapor

Marca	Testo 447
-------	-----------

Rango mínimo	0 a 5 [Kg/s]
Temperatura	-20 a 0 [°C]
Rango máximo	0 a 30 [Kg/s]
Temperatura	0 a 50 [°C]
Sonda	
Diámetro	12 mm
Longitud	300mm

[Fuente: Propia]



Figura 3.6 Medidor digital de flujo de vapor.

[Fuente: Duck's colors P & M]

3.3.1 METODO PARA DETERMINAR EL CONSUMO PUNTUAL DE VAPOR

- Verificar las instalaciones de las líneas de vapor a la entrada y salida en cada una de las máquinas, cerciorándose de que no existan fugas en el proceso.
- Tomar las seguridades respectivas con el uso de EPP adecuado para trabajar en el sistema de vapor.
- Cerrar la llave de seguridad que permite el ingreso de vapor.

- Localizar la salida del vapor en la máquina para ubicar los acoples del medidor.
- Conectar el equipo adecuadamente para realizar la prueba.
- Abrir la llave de seguridad que permita el ingreso de vapor a la máquina.
- Realizar la prueba de consumo verificando los valores de flujo de masa de vapor y presión.
- Cerrar la llave de seguridad, desconectar el equipo y permitir el ingreso de vapor a la máquina nuevamente.
- Repetir el procedimiento en cada una de las maquinas.

Ver Tabla 3.10

Tabla 3.10 Datos obtenidos de flujo de vapor puntual.

MAQUINAS PARA TEÑIDO DE TELA					
EQUIPO	P[Bar]	\dot{m}_{v1} [Kg/s]	\dot{m}_{v2} [Kg/s]	\dot{m}_{v3} [Kg/s]	\dot{m}_p [Kg/s]
CILINDRO A	8	0.51	0.51	0.51	0.51
CILINDRO B	9	0.52	0.52	0.52	0.52
CILINDRO C	10	0.54	0.54	0.54	0.54
CENTRIFUGADORAS					
N1	5	0.23	0.23	0.23	0.23
N2	6	0.28	0.28	0.28	0.25
$\sum \dot{m}_{tv}$					2.05[Kg/s]

[Fuente: Propia]

3.4 METODOLOGÍA PARA LA DETERMINACIÓN DE LA EFICIENCIA DEL CALDERO

La eficiencia energética de una caldera se define como la relación entre la cantidad de energía proveniente del combustible que es absorbida por el agua y la energía total liberada por el combustible entregado a la caldera, es un factor clave que influye directamente en el consumo de combustible y en el nivel de emisiones de gases contaminantes.

3.4.1 MÉTODO DIRECTO

Relaciona el calor transmitido al agua para generar vapor al poder calórico del combustible¹, ó como el porcentaje que representa el calor útil y el calor disponible.²

$$\eta_c = \frac{Q_u}{Q_d} \times 100 \quad [3.6]$$

$$\eta_c = \frac{(\text{calor transmitido al vapor}) / \text{lbm combustible}}{\text{poder calorico del combustible}} \times 100 \quad [3.7]$$

$$\eta_c = \frac{\text{vapor} \times (h_{\text{vapor}} - h_{\text{agua}})}{\text{comb} \times \text{PCI}} \quad [3.8]$$

Donde:

v_{vapor} : Flujo de vapor [kg/h]

h_{vapor} : Entalpia del vapor [kJ/kg]

h_{agua} : Entalpia del agua de alimentación [kJ/kg]

\dot{m}_{comb} : Consumo de combustible [Kg/h]

PCI : Poder calorífico inferior del combustible [kJ/kg]

3.4.2 MÉTODO INDIRECTO.

¹ Fuente: MOLINA A; Manual de eficiencia energética térmica en la industria

² Ing. José Palacios; Técnicas de Gestión Energética en Sistemas de Vapor.

Considera la suma de las pérdidas térmicas expresadas en porcentaje del calor disponible y luego calcula la eficiencia como porcentaje restante, así:

$$\eta_c = 100 - \sum \text{pérdidas} [\%] \quad [3.9]$$

3.4.2.1 Pérdidas de calor sensible con los gases de salida Q_{cs} ³

Está asociada al hecho de que la energía de los gases de salida es superior a la del aire y el combustible de entrada.

$$Q_{cs} = \frac{K(T_f - T_a)}{CO_2 - CO} [\%] \quad [3.10]$$

Donde:

T_f : Temperatura de los gases de escape. [°C]

T_a : Temperatura de del aire ambiente. [°C]

CO_2, CO : Porcentaje en volumen de dióxido de carbono y monóxido de carbono contenido en los gases de escape.

K: constante que depende del tipo de combustible denominado coeficiente de Hassentein. Para fuel oil se puede tomar $K = 0.56-0.58$

3.4.2.2 Pérdidas de calor por combustión incompleta Q_{ci} ⁴

Está asociada a la presencia de productos de combustión incompleta (CO, H₂, CH₄) en los gases de combustión.

Para evaluar este tipo de pérdidas puede utilizarse la siguiente expresión recomendada por la DIN

$$Q_{ci} = \frac{60 CO}{CO_2 + CO} \times 100 [\%] \quad [3.11]$$

3.4.2.3 Cartas para pérdidas de calor para varios combustibles.

³ Ing. José Palacios; Técnicas de Gestión Energética en Sistemas de Vapor.

⁴ Ing. José Palacios; Técnicas de Gestión Energética en Sistemas de Vapor

Las variables necesarias para el uso de este método son:

- a. Porcentaje en volumen de CO_2 en los gases de salida en la chimenea.
- b. Temperatura ambiente.
- c. Temperatura de salida de los gases de la chimenea.
- d. Temperatura neta.
- e. Cartas para determinar las pérdidas de calor en %

3.4.2.5 Pérdidas de calor por radiación y convección.

Durante el funcionamiento de los generadores de vapor, las superficies exteriores del horno, conductos, colectores, domo, tubería, etc., alcanzan una temperatura superior a la ambiental. Este gradiente de temperatura genera una Transferencia de Calor al medio exterior que se efectúa por dos mecanismos fundamentales: convección y radiación, lo que representa una pérdida de calor que depende fundamentalmente de las dimensiones de la unidad, temperatura y velocidad del aire exterior que afecta la eficiencia del generador de vapor.

A continuación se da una tabla útil para cuando la caldera funciona a diferentes capacidades de vaporización. Tabla 3.11.

Tabla 3.11 Pérdidas por radiación y convección modelo CB

Vaporización	100-350 BHP	400-800BHP
25%	5.1%	4.4%
50%	2.6%	2.2%
75%	1.7%	1.5%
100%	1.4%	1.1%

3.4.2.6 Pérdidas por purgas

El principio básico de la caldera es generar vapor que no provoque corrosiones, depósitos en recalentadores ó plantas de proceso, este tipo de daños se da por la presencia de anhídrido carbónico y de oxígeno disuelto en el agua; además puede

contener sales como resultado de un arrastre de partículas que se presentan en condensados recogidos en purgas de vapor ó en depósitos salinos, si existe un aumento permanente de los sólidos disueltos puede existir un arrastre continuo que puede ser eliminado purgando para reducir la concentración de sales disueltas en el agua de la caldera.

La experiencia demuestra que el arrastre de impurezas suele ocurrir al producirse cambios en la carga de vapor, fugas de los deflectores, concentración excesiva de sólidos disueltos en suspensión en el agua de alimentación ó presencia de aceites, elevado niveles de agua en la caldera dándose dichas circunstancias por separado ó varias a un mismo tiempo. La influencia de los sólidos disueltos en el agua es crítica porque cuando su concentración sobrepasa ciertos valores el arrastre de partículas aumenta rápidamente.

El método que se plantea para determinar las pérdidas por purga es:

3.4.2.6.1 Análisis de purgas en las calderas de baja y media presión.

La norma UNE-9075 expresada en la Tabla 3.12 indica los límites superiores de las características del agua en el interior de las calderas acuotubulares y pirotubulares en función de la presión.

Puede observarse que en el tipo pirotubular el límite de salinidad total es alto, la razón de la diferencia es que las incrustaciones son más graves en las de tipo acuotubular que en las otras por cerrarse en aquellas el paso del agua al producirse incrustaciones.

Tabla 3.12 Norma UNE- 9075 características del agua en el interior de las calderas⁵.

CALDERA	Presión [<i>kg/cm²</i>]	Salinidad total [<i>mg/l</i>]	Sílice <i>SiO₂</i> [<i>mg/l</i>]	Sólidos en suspensión [<i>mg/l</i>]	Cloruros en Cl [<i>mg/l</i>]
----------------	--	---	---	---	--

⁵ Fuente: Molina A.; Manual de eficiencia energética térmica en la industria

Acuotubular	0-20	3500	100	300	2000
	20-30	3000	75	250	1500
	30-40	2500	50	150	1000
	40-50	2000	40	100	800
	50-60	1500	30	60	650
	60-70	1250	25	40	500
	70-100	1000	15	20	350
Pirotubular	0-15	7000	100	300	3000
	15-25	4500	75	300	2000

[Fuente: Propia]

Donde se tiene que la cantidad de sales extraídas es igual que la aportada.

$$B \times a = A \times b + Bb \quad [3.12]$$

$$B = \frac{A \times b}{a - b} \left[\frac{kg}{h} \right] \quad [3.13]$$

donde:

a: Salinidad total caldera [ppm].

b: Salinidad total en el agua de aportación [ppm].

B: Caudal de purga $\left[\frac{kg}{h} \right]$.

En cuanto a las pérdidas de calor por purgas están determinados por:

$$P_p = \frac{B \times h_{agua}}{PCI \times C_c} \quad [3.14]$$

Donde:

P_p : Pérdidas en purgas de la caldera en %.

PCI : Poder calórico inferior.

h_{agua} : Entalpia del agua de alimentación de la caldera.

C_c : Consumo de combustible.

3.4.2.6.2 Determinación de sólidos totales disueltos (STD)

La frecuencia de análisis es un día por semana en el cual se toman muestras de agua en:

- Agua de calderos
- Condensado
- Agua de alimentación

El equipo requerido para el análisis es el conductímetro y se procede de la siguiente manera:

- En el conductímetro colocar el selector en la escala de acuerdo al agua que se va a medir y enjuagar la celda 3 veces con la muestra a medir.
- Colocar la muestra sobre el electrodo de la celda.
- En las muestras calientes, luego de de los enjuagues dejar reposar la muestra por 3 minutos para evitar errores en las lecturas.
- Presionar el botón read.
- Tomar la lectura del equipo
- Registrar en los formularios respectivos

Los valores de STD deben estar:

- Agua del caldero hasta 3500 ppm.
- Condensado hasta 35 ppm.
- Agua de alimentación hasta 150 ppm.

En la Tabla 3.13 se determina el análisis de las mediciones de STD.

Tabla 3.13 Mediciones de sólidos totales disueltos (STD)

Salinidad del agua de la caldera	3390 ppm
Salinidad del agua de aporte a la caldera	140 ppm

[Fuente: Propia]

3.5 ANÁLISIS DE GASES PRODUCTO DE LA COMBUSTIÓN.

Es la herramienta principal para reducir el consumo de combustible en el caldero y para determinar la eficiencia de combustión del quemador.

La combustión es la reacción química del oxígeno con el combustible que va acompañado con una rápida producción de calor.

La siguiente reacción describe en forma simple lo que sucede cuando un hidrocarburo es quemado, ya sea un gas, un líquido o un sólido:



La reacción parece ser simple pero en la realidad es que la combustión nunca es perfecta en aplicaciones industriales.

La causa más común para que la caldera no trabaje en óptimas condiciones es que el exceso de aire no es adecuado.

La presencia de CO en los productos significa que la combustión es incompleta, y que se está perdiendo energía, lo deseable es que la presencia de CO sea nula.

Como ayuda para evitar que la combustión sea ineficiente y que se desperdicie calor se utiliza el análisis de los gases productos de combustión.

El ajuste apropiado de las proporciones de aire / combustible se debe establecer por medio de un analizador Testo Figura 3.7, que determina la eficiencia de combustión y el porcentaje de CO_2 , CO y O_2 contenidos en los gases de salida.

Tabla 3.14.



Figura 3.7 Analizador de gases portatil.

[Fuente: Duck's Color]

Tabla 3.14 Resultados del analizador de gases Testo

T_{neta}	249	°C
CO_2	4.5	%
CO	0	%
O_2	15	%
Exa	250	%
Eff	70.4	%

[Fuente: Propia]

3.5.1 NUMERO DE HUMO.

El número de humo indica el grado de atomización del quemador y se encuentra relacionado con la combustión del diesel. La toma de muestras se la realiza

siguiendo el procedimiento del LIBRO VI ANEXO 3 de la norma de emisiones al aire.
[Ver: ANEXO B]

El equipo que se utiliza para esta prueba es la caja caliente Figura 3.8, en el que se hace pasar un flujo de gases producto de la combustión a través de un papel filtro. Figura 3.9. La huella que deje el humo en el papel filtro es comparada con una tabla de referencia cuya escala es de 0 a 9, donde cero es el valor excelente y nueve es el valor deficiente.

Si los valores obtenidos son bajos quiere decir que el punto óptimo de combustión se acerca, entonces será necesario regular la relación aire combustible para que el número de humo baje a 2, 1, o 0, que son los valores permitidos para una eficiente combustión. Estos valores dependen también del tipo de combustible que se esté utilizando. No es lo mismo para gas, diesel o bunker.



Figura 3.8 Caja caliente.

[Fuente: Duck's colors P & M]



Figura 3.9 Filtro

[Fuente: Duck's colors P & M]

3.5.1.1 Análisis de la muestra.

Al comparar la marca del papel filtro con las matices para diesel [Ver: ANEXO D] se tiene un número de humo entre 3 y 4 que indica que no existe una eficiente combustión por lo que es necesario regular el quemador.

El nivel de partículas totales que se registra es de 300 ppm, valor que se encuentra por debajo de los límites máximos permisibles de emisiones al aire para fuentes fijas de combustión.

CAPITULO IV

CÁLCULOS Y ANÁLISIS DEL SISTEMA ENERGÉTICO

4.1 CÁLCULO DEL CONSUMO DE VAPOR EN LA CALDERA.

Con los datos de la tabla 3.8 y aplicando las ecuaciones 3.1 y 3.2 se determina el volumen de agua inicial y final en el tanque de alimentación, donde:

$$V_i = \frac{\pi D^2 H_i}{4} \qquad V_f = \frac{\pi D^2 H_f}{4}$$

$$V_i = \frac{\pi (1.170)^2 (1.022)}{4} \qquad V_f = \frac{\pi (1.170)^2 (0.873)}{4}$$

$$V_i = 1.098 \text{ m}^3 \qquad V_f = 0.938 \text{ m}^3$$

Tabla 4.1 Datos obtenidos de volumen de agua de alimentación

V_i [m^3]	V_f [m^3]	ΔV [m^3]
1.098	0.938	0.16

Con las propiedades del agua a condiciones normales $T = 25 \text{ [}^\circ\text{C]}$, se tiene:

$$\rho = 997 \left[\frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} \right]$$

$$C_p = 4.184 \left[\frac{\text{kJ}}{\text{Kg}^\circ\text{K}} \right]$$

[Ver: ANEXO D. Tabla A.3]

Se tiene que el flujo de masa de agua representado por la ecuación 3.5 es:

$$\dot{m}_{\text{agua}} = \frac{0.16 \times 997}{59} \left[\frac{\text{Kg}}{\text{s}} \right]$$

$$\dot{m}_{\text{agua}} = 2.7 \left[\frac{\text{Kg}}{\text{s}} \right]$$

4.1.1 CÁLCULO DE PÉRDIDAS DE CALOR

4.1.1.1 Pérdida por purga.

Aplicando la ecuación 3.13 se determina el caudal de purgas

$$B = \frac{A \times b}{a - b}$$

$$B = \frac{2.7 \times 140}{3390 - 140}$$

$$B = 0.116 \left[\frac{\text{kg}}{\text{s}} \right]$$

$$B = 417.6 \left[\frac{\text{kg}}{\text{h}} \right]$$

Aplicando la ecuación 3.14 la pérdida de calor por purgas resulta:

$$P_p = \frac{B \times h_{\text{agua}}}{PCI \times C_c} \times 100$$

$$h_{\text{agua}} @ 25^\circ\text{C} = 104.89 \left[\frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \right]$$

El gasto aproximado de combustible se lo determina de acuerdo a los datos de placa del quemador a plena carga.

$$\delta_{\text{diesel}} = 0.84 \frac{\text{kg}}{\text{L}}$$

$$PCI = 43200 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

[Ver: ANEXO D. Tabla A.27]

$$C_c = 11 \frac{gl}{h} \times \frac{3.7854L}{1gl} \times 0.84 \frac{kg}{L} = 34.9 \frac{Kg}{h}$$

$$PCI = 43200 \frac{kJ}{kg}$$

$$P_p = \frac{417.6 \times 104.89}{43200 \times 34.9} \times 100$$

$$P_p = 2.9\%$$

4.1. 1.2 Pérdidas por Chimenea.

Con el uso de los datos de la Tabla 3.14 se tiene:

$$T_{neta} = 249^\circ\text{C}$$

$$\%CO_2 = 4.5$$

Entrando a las cartas para NO. 2 OIL con 249°C (480 °F) y 4.5 % de CO_2 , se obtiene pérdidas en la chimenea por 35.6 %

[Ver. ANEXO D. STACK LOSS NO.2 OIL]

4.1.1.3 Pérdidas por radiación

En base a la Tabla 3.11 se determina la pérdida por radiación en función de una aproximación de vaporización máxima de 100, donde se tiene:

$$P_{rad} = 1.5 \%$$

Reemplazando los valores de las pérdidas en la ecuación 3.9 se obtiene el valor de la eficiencia por el método indirecto.

$$\eta_{ca} = 100 - \sum (35.6 \% + 2.9\% + 1.5\%)$$

$$\eta_{c_a} = 60\%$$

En la Tabla 4.2 se muestra las pérdidas en la caldera en % y en KJ/Kg.

Tabla 4.2 Balance de la caldera

PÉRDIDAS	%	KJ/Kg
Purgas	2.9	1252.8
Chimenea	35.6	15379.2
Radiación	1.5	648
Total	40	17280

[Fuente: Propia]

El calor útil es del 60% que equivale a 25920 kJ/kg.

4.1.2 CÁLCULO DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE EN EL PROCESO DE TEÑIDO.

Aplicando la ecuación 3.8 se tiene:

$$\eta_c = \frac{\text{vapor} \times (h_{\text{vapor}} - h_{\text{agua}})}{\text{comb} \times PCI}$$

Donde:

$$\text{comb} = \frac{\text{vapor} \times (h_{\text{vapor}} - h_{\text{agua}})}{\eta_c \times PCI}$$

Aplicando la ecuación 3.4 se tiene:

$$\dot{m}_v = \dot{m}_{\text{agua}} - B$$

$$\dot{m}_v = 2.7 - 0.116 \left[\frac{kg}{s} \right]$$

$$\dot{m}_v = 2.584 \left[\frac{kg}{s} \right]$$

$$comb = \frac{2.584 \times (2651.9 - 104.89)}{0.6 \times 43200}$$

$$comb = 0.25 \left[\frac{kg}{s} \right]$$

$$comb = 914 \left[\frac{kg}{h} \right]$$

4.1.3 CÁLCULO DE PÉRDIDA DE VAPOR EN EL PROCESO DE TEÑIDO.

La cantidad de vapor perdido en el proceso de tenido es:

$$vp = vapor - \sum \dot{m}_{tv}$$

$$vp = 2.584 - 2.05$$

$$vp = 0.534 \left[\frac{kg}{s} \right]$$

Se puede observar que en el proceso de teñido se pierde una cierta cantidad de vapor que se le puede atribuir a pérdidas de energía en líneas de distribución de vapor debido a la falta de aislamiento térmico, fugas e inadecuada calibración del quemador.

4.1.4 CÁLCULO DE PRODUCCIÓN DE VAPOR ANUAL.

El cálculo de la producción de vapor se determina mediante la ecuación 3.8

$$\eta_c = \frac{vapor \times (h_{vapor} - h_{agua})}{comb \times PCI}$$

Donde:

$$\dot{m}_{vapor} = \frac{\eta c(PCI)\dot{m}_{comb}}{(h_{vapor} - h_{agua})}$$

$$h_{agua} @ 25^{\circ}\text{C} = 104.89 \left[\frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \right]$$

$$h_{vapor} @ 85 \text{ } [^{\circ}\text{C}] = 2651.9 \left[\frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \right]$$

[Ver: ANEXO D. Tabla A.4]

$$\dot{m}_{vapor} = \frac{0.6(43200)\dot{m}_{comb}}{(2651.9 - 104.89)}$$

$$\dot{m}_{vapor} = 10.17\dot{m}_{comb}$$

La producción de vapor para el año 2010 es de:

$$\dot{m}_{vapor} = 10.17 \times \text{Consumo combustibles/año}$$

$$\dot{m}_{vapor} = 10.17 \times 12830 \frac{\text{gl}}{\text{año}} \times \frac{3.785\text{L}}{1\text{gl}} \times 0.84 \frac{\text{Kg}}{\text{L}}$$

$$\dot{m}_{vapor} = 414851.6 \frac{\text{Kg}_v}{\text{año}}$$

4.2 PROPUESTAS DE AHORRO DE ENERGÍA

A continuación se describen una serie de medidas ligadas a disminuir el consumo de combustible.

4.2.1 REEMPLAZO DEL QUEMADOR

Una de las posibles medidas de ahorro es el ajuste apropiado de la relación aire-combustible de tal manera que se obtenga los siguientes parámetros. Tabla 4.3.

Tabla 4.3 Resultado ajuste de la combustión

T_{neta}	249	°C
CO_2	12.3	%
CO	0	%
O_2	4.5	%
Exa	27.3	%
Eff	85.1	%

[Fuente: Propia]

Con estos resultados se obtiene:

Numero de humo: entre 1 y 2

Pérdidas por chimenea: 18.4 %

Pérdidas por radiación: 1.5 %

Pérdidas por purgas: 2.9

Después de este ajuste se determina el nuevo rendimiento η_{c_n} de la caldera:

$$\eta_{c_n} = 100 - \sum (18.4 \% + 2.9\% + 1.5\%)$$

$$\eta_{c_n} = 77.2 \%$$

Siendo la nueva producción específica de vapor:

$$\dot{m}_{vapor} = \frac{0.772(43200)\dot{m}_{comb}}{(2651.9 - 104.89)}$$

$$\dot{m}_{vapor} = 13.09\dot{m}_{comb}$$

$$\dot{m}_{vapor} = 13.09 \times C_{consum} \text{ c}_{combustible} / \text{añ}$$

$$\dot{m}_{vapor} = 13.09 \times 12830 \frac{gl}{año} \times \frac{3.785L}{1gl} \times 0.84 \frac{Kg}{L}$$

$$\dot{m}_{vapor} = 533936.372 \frac{Kg_v}{año}$$

El ahorro de combustible generado es:

$$Ahorro\ de\ combustible = \frac{(\eta_{c_n} - \eta_{c_a})}{\eta_{c_n}} \times C_{consumo\ combustible} / año$$

Siendo:

η_{c_n} : rendimiento nuevo después del ajuste

η_{c_a} : rendimiento de la situación actual.

$$Ahorro\ de\ combustible = \frac{(77.2 - 60)}{77.2} \times 12830 \frac{gl}{año}$$

$$Ahorro\ de\ combustible = 2858.5 \frac{gl}{año}$$

Por lo tanto el ahorro de económico es:

$$Ahorro\ económico = 2858.5 \frac{gl}{año} \times 1.037 \frac{USD}{gl} = 2964.26 \frac{USD}{año}$$

4.2.2 ANÁLISIS DE LA INVERSIÓN

Una de las modificaciones más frecuentes y que permite obtener un ahorro de combustible en forma rápida es el control de la combustión en la caldera. Para lograr ésta economía se debe analizar los humos de escape, estudiar la eficiente operación del sistema de combustión, realizar ajustes y cambios que sean necesarios.

Con el quemador actual no es posible obtener una relación de aire-combustible que garantice una adecuada eficiencia del caldero por lo que es necesario sustituirlo. En este caso la inversión considerada es de 2211.18 USD; en el Anexo C se puede ver las características del quemador planteado.

4.2.3 TIEMPO DE RETORNO SIMPLE

En el caso de realizar la inversión considerada, el tiempo de retorno simple de la inversión sería:

$$RI = \frac{2211.18 \text{ USD}}{2964.26 \frac{\text{USD}}{\text{año}}}$$

$$RI = 0.7 \text{ años}$$

Se puede apreciar que el plazo de recuperación es corto, lo que involucra una alta rentabilidad de la inversión.

4.3 REPORTE FINAL EMPRESA DUCK`S COLORS P&M

En cuanto al tipo de problemas y soluciones encontradas, en la Tabla 4.4 se indican las modificaciones técnicas más importantes que se recomiendan en el estudio realizado y el nivel de costo.

La puesta en práctica de las recomendaciones aplica a que las inversiones sean relativamente pequeñas y plazos de recuperación de la inversión cortos.

Tabla 4.4 Resumen de modificaciones técnicas importantes

Áreas potenciales de ahorro	Medidas de ahorro	Nivel de costo.
Calor perdido en líneas no aisladas.	<ul style="list-style-type: none"> Colocar aislamiento térmico en tuberías 	2
Agua de alimentación y condensados.	<ul style="list-style-type: none"> Inyectar directamente a la caldera los condensados de alta temperatura. 	3
Fugas.	<ul style="list-style-type: none"> Eliminación de fugas en tuberías y válvulas 	2
Pérdidas en el generador de vapor	<ul style="list-style-type: none"> Optimización de la combustión. 	2
	<ul style="list-style-type: none"> Reducir el porcentaje de exceso de aire 	2
	<ul style="list-style-type: none"> Pre calentamiento de combustible. 	2
	<ul style="list-style-type: none"> Sustitución de quemadores de bajo exceso de aire. 	3
Costo: 1 Bajo, 2 Mediano, 3 Alto		

[Fuente: Propia]

De las áreas potenciales de ahorro y en donde se realizan modificaciones frecuentes para obtener una economía de combustible en forma rápida, es el control de la combustión en las calderas, por tal motivo la empresa decidió invertir en un nuevo quemador que permitirá aumentar la eficiencia del caldero con un ahorro de combustible de 2858.5 gl/año con un RI de 0.7 años lo que implica una alta rentabilidad de la inversión.

Para un mejor desempeño de la caldera de la Empresa Duck`s Colors P&M es aconsejable seguir ciertas normas que ayudarán a evitar daños de operación, aumentando la vida útil y reducir el consumo de combustible aprovechando al máximo el vapor generado.

La parte más importante para el óptimo funcionamiento de la caldera es un programa de mantenimiento. Si se establece dicho programa se tendrá la seguridad de que la caldera funcionará con un mínimo de paradas costosas, será más económica y evitará altos costos de reparación. [Ver anexo E]

Se sugiere llevar un registro de la caldera anotando las lecturas pertinentes al funcionamiento del quemador, presión del combustible, presión de aire, temperatura de la chimenea, etc., que son guías que permite determinar el desempeño del equipo e indicar con rapidez cualquier dificultad que pueda estarse desarrollando.

Las modificaciones requieren personal y equipos especializados, así como de la efectiva colaboración del personal técnico de la planta.

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- El diagnóstico da la información necesaria para el balance energético, y la auditoría energética establece los niveles de consumo para desarrollar estrategias que permitan conservar y/o mejorar los niveles de producción, disminuyendo o manteniendo el consumo de energía actual.
- La idea de una Auditoría Energética en la empresa Duck`s Colors P&M es aportar una serie de medidas correctivas que encaminen a un consumo más eficiente y responsable del combustible Diesel N.2, que se traduzca en un beneficio económico y determinar las inversiones necesarias para la ejecución de posibles soluciones, así como la rentabilidad de las mismas y viabilidad.
- La caldera es un sistema que cumple con los principios de la primera y segunda ley de la termodinámica, menor al 100% de eficiencia, debido a distintas pérdidas de energía durante el proceso de generación de vapor, teniendo como resultado una eficiencia de combustión de 60%
- Como ayuda para controlar y evitar que la eficiencia de la caldera sea ineficiente, se utiliza el analizador electrónico de gases que permite determinar la temperatura y concentración de los mismos continuamente mientras el operador hace ajustes en la relación aire/combustible para mejorar la eficiencia de combustión del quemador.
- Las condiciones operacionales y de estado técnico de la caldera, cambian con el tiempo producto de la acumulación de incrustaciones en las superficies de transferencia de calor, desajuste de los elementos mecánicos de regulación, cambios en la calidad del agua de alimentación,

deterioro de los materiales de aislamiento, entre otros, provocando una variación en la eficiencia incrementando el consumo de combustible.

- Al analizar los resultados del análisis de gases se observa que el porcentaje de CO es nulo, lo que implica que todo el carbono del combustible se ha oxidado para formar CO_2 teniendo como resultado combustión completa. La presencia de CO en los productos significa que se está perdiendo energía.
- Con respecto al quemador se puede observar que al disminuir el porcentaje de oxígeno, no solo se incrementa la eficiencia de combustión, sino que también el porcentaje de CO_2 , todo exceso de aire por encima de la cantidad necesaria para una situación particular conduce a que salga del sistema más energía almacenada en los productos salientes, por otra parte una cantidad demasiado pequeña de aire aumenta la pérdida por combustión incompleta.
- Mediante el análisis de costo realizado se puede concluir que al desarrollar un programa de ahorro energético la empresa podría ahorrar 2858.5 galones de combustible anuales que significaría un ahorro de 2964 USD por año.

5.2 RECOMENDACIONES

- Cada vez que se realice mantenimiento de la caldera, incluyendo limpieza, ajuste y calibración de la combustión, es necesario volver registrar los parámetros de trabajo para dar seguimiento a la eficiencia de la misma y evitar incrementos innecesarios en el consumo de combustible.
- Con el uso, el quemador suele llenarse de hollín, razón por la cual es recomendable realizar una limpieza del mismo periódicamente.
- Deben ser aisladas las líneas de distribución de vapor y retorno de condensado, ya que las superficies desnudas no solo constituyen un riesgo para la seguridad de los trabajadores, sino también una pérdida de calor el cual tiene que ser compensado con un mayor consumo de combustible.
- El circuito de vapor en la planta trabaja con tubería galvanizada, se recomienda para instalaciones de vapor la ASTM A-53 o conocida comercialmente como tubería negra.
- Se recomienda reparar las fugas de vapor y aprovechar el retorno condensado que existe en las tuberías, debido a que no solo representa pérdida de energía directa, sino que también provoca humedad deteriorando las tuberías, válvulas, accesorios y equipo adyacentes.
- Es necesario siempre a la salida de la caldera instalar un distribuidor para seccionar el consumo de vapor mediante el cierre y apertura de válvulas; con esto se logra ahorros de vapor en equipos que están fuera de operación.
- Se debe observar y comprobar el correcto funcionamiento de los aparatos de medición antes de ser utilizados, ya que al obtener datos erróneos se tendría un resultado inexacto de la eficiencia.
- En la auditoría energética solo se analizó la eficiencia de la caldera, por ser la fuente generadora de vapor, se recomienda realizar un análisis del

consumo de electricidad con el fin de determinar la situación real de la planta.

BIBLIOGRAFIA

- BACHARACH; Instruction Bacharach 21- 9012.
- CENGEL Y ; Termodinámica; Ed. Mg Graw Hill; Tomo 2 ; México 1980.
- INCROPERA F; Introduction to heat Transfer, ed 2^{da}.
- FAIRES M V; Termodinámica; Ed. Revolucionaria; Cuba; 1987
- GORDON J; Fundamentos de Termodinámica; Ed. Limusa Wiley; ed. 3ra; México 1972.
- MOLINA A; Manual de eficiencia energética térmica en la industria; imprenta industrial; Bilbao; 1984.
- MARKS; Manual del Ingeniero Mecánico; Ed McGraw Hill; ed 8va; Mexico; 1997
- CLEAVER-BROOKS; Manual de Operación Calderas Unitarias; 125 a 350 HP