



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE MECÁNICA ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA

**“ANÁLISIS VERIFICATIVO DE EQUIPOS ENERGÉTICOS
Y MEJORAMIENTO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN DE
CALOR EN LA FÁBRICA ANDELAS CÍA. LTDA.”**

**CARRASCO BONILLA ERNESTO FERNANDO
PAREDES VILLEGAS ANDREA ELIZABETH**

TESIS DE GRADO

Previa a la obtención del Título de:

INGENIERO MECÁNICO

**RIOBAMBA – ECUADOR
2015**

CERTIFICADO DE APROBACIÓN DE TESIS

2013-10-23

Yo recomiendo que la Tesis preparada por:

CARRASCO BONILLA ERNESTO FERNANDO
PAREDES VILLEGAS ANDREA ELIZABETH

Titulada:

“ANÁLISIS VERIFICATIVO DE EQUIPOS ENERGÉTICOS Y MEJORAMIENTO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN DE CALOR EN LA FÁBRICA ANDELAS CÍA. LTDA.”

Sea aceptada como parcial complementación de los requerimientos para el Título de:

INGENIERO MECÁNICO

Ing. Geovanny Novillo Andrade
DECANO DE LA FAC. DE MECÁNICA

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

Ing. Rodolfo Santillán Heredia
DIRECTOR DE TESIS

Ing. Telmo Moreno Romero
ASESOR DE TESIS

CERTIFICADO DE EXAMINACIÓN DE TESIS

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: CARRASCO BONILLA ERNESTO FERNANDO

TÍTULO DE LA TESIS: “ANÁLISIS VERIFICATIVO DE EQUIPOS ENERGÉTICOS Y MEJORAMIENTO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN DE CALOR EN LA FÁBRICA ANDELAS CÍA. LTDA.”

Fecha de Examinación: 2015-11-30

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

| COMITÉ DE EXAMINACIÓN | APRUEBA | NO APRUEBA | FIRMA |
|--|----------------|-------------------|--------------|
| Ing. Edwin Viteri Núñez PRESIDENTE TRIB. DEFENSA | | | |
| Ing. Rodolfo Santillán Heredia DIRECTOR | | | |
| Ing. Telmo Moreno Romero ASESOR | | | |

* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

RECOMENDACIONES: _____

El Presidente del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

Ing. Edwin Viteri Núñez
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

CERTIFICADO DE EXAMINACIÓN DE TESIS

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: PAREDES VILLEGAS ANDREA ELIZABETH

TÍTULO DE LA TESIS: “ANÁLISIS VERIFICATIVO DE EQUIPOS ENERGÉTICOS Y MEJORAMIENTO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN DE CALOR EN LA FÁBRICA ANDELAS CÍA. LTDA.”

Fecha de Examinación: 2015-11-30

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

| COMITÉ DE EXAMINACIÓN | APRUEBA | NO APRUEBA | FIRMA |
|--|----------------|-------------------|--------------|
| Ing. Edwin Viteri Núñez PRESIDENTE TRIB. DEFENSA | | | |
| Ing. Rodolfo Santillán Heredia DIRECTOR | | | |
| Ing. Telmo Moreno Romero ASESOR | | | |

* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

RECOMENDACIONES: _____

El Presidente del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

Ing. Edwin Viteri Núñez
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

DERECHOS DE AUTORÍA

El trabajo de grado que presentamos, es original y basado en el proceso de investigación y/o adaptación tecnológica establecido en la Facultad de Mecánica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. En tal virtud, los fundamentos teórico-científicos y los resultados son de exclusiva responsabilidad de los autores. El patrimonio intelectual le pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Carrasco Ernesto Fernando

Paredes Andrea Elizabeth

DECLARACION DE AUTENTICIDAD

Nosotros, Carrasco Bonilla Ernesto Fernando y Paredes Villegas Andrea Elizabeth, declaramos que el presente trabajo de tesis es de nuestra autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos constantes en el documento que provienen de otra fuente están debidamente citados y referenciados.

Como autores, asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación.

Carrasco Bonilla Ernesto Fernando

Cedula de Identidad: 180361363-5

Paredes Villegas Andrea Elizabeth

Cedula de Identidad: 180401109-4

DEDICATORIA

El presente trabajo es dedicado al esfuerzo y apoyo de toda mi familia y amigos, durante el transcurso de toda mi vida académica, en especial a mis padres y hermanas.

A la empresa ANDELAS CIA. LTDA. Que pueda emplear este documento como un soporte técnico, para analizar la situación y estado de sus equipos.

Fernando Carrasco Bonilla

El presente trabajo de titulación está dedicado al esfuerzo y apoyo de mis padres y hermanas, quienes han tenido fe en mí, en cada paso de mi carrera.

A mi esposo e hija que son el motor que impulsa mis sueños y metas y a quienes les debo la inspiración para superar los más grandes obstáculos.

A la empresa ANDELAS CIA. LTDA., que pueda emplear este documento como un soporte técnico para analizar la situación y estado de sus equipos.

Andrea Paredes Villegas

AGRADECIMIENTO

El más sincero agradecimiento a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, en especial a la Escuela de Ingeniería Mecánica, por brindarnos la oportunidad de obtener una profesión y ser personas útiles a la sociedad.

Y en especial para toda mi familia que con su apoyo incondicional alentaron a la culminación de esta obra, también a los amigos, compañeros y personas que nos apoyaron de una u otra manera para culminar con éxito una etapa de nuestras vidas.

Fernando Carrasco Bonilla

El más sincero agradecimiento a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, en especial a la Escuela de Ingeniería Mecánica, por brindarnos la oportunidad de obtener una profesión y ser personas útiles a la sociedad.

De manera especial para todos quienes fueron parte de esta etapa tan importante de nuestra trayectoria, maestros, compañeros y en especial nuestras familias, que nos apoyaron de una u otra manera para culminar con éxito una etapa de nuestras vidas.

Andrea Paredes Villegas

CONTENIDO

Pág.

| | | |
|-----------|--|----|
| 1. | INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS | |
| 1.1 | Antecedentes | 1 |
| 1.2 | Justificación técnico económica..... | 2 |
| 1.3 | Objetivos | 5 |
| 1.3.1 | <i>Objetivo general</i> | 5 |
| 1.3.2 | <i>Objetivos específicos</i> | 5 |
| 2. | MARCO TEÓRICO | |
| 2.1 | Generalidades sobre la industria textil | 6 |
| 2.2 | Evolución de la industria textil en Ecuador..... | 7 |
| 2.3 | Uso de la energía en la industria textil | 9 |
| 2.4 | Equipos energéticos en la industria textil | 9 |
| 2.4.1 | <i>Generador de vapor</i> | 10 |
| 2.4.2 | <i>Compresores de aire</i> | 10 |
| 2.4.3 | <i>Bombas</i> | 11 |
| 2.4.4 | <i>Secadores</i> | 11 |
| 2.5 | Análisis de los equipos energéticos | 12 |
| 2.5.1 | <i>Generador de vapor</i> | 12 |
| 2.5.1.1 | <i>Método indirecto</i> | 12 |
| 2.5.1.2 | <i>Método directo</i> | 14 |
| 2.5.2 | <i>Compresores de aire</i> | 15 |
| 2.5.2.1 | <i>Eficiencia isotérmica</i> | 15 |
| 2.5.2.2 | <i>Eficiencia adiabática</i> | 17 |
| 2.5.3 | <i>Bombas</i> | 18 |
| 2.5.4 | <i>Secadores</i> | 22 |
| 3. | ESTUDIO TÉCNICO ENERGÉTICO DE LA EMPRESA ANDELAS CIA LTDA. | |
| 3.1 | Características de la planta. | 23 |
| 3.2 | Infraestructura física. | 23 |
| 3.2.1 | <i>Área de tejeduría</i> | 24 |
| 3.2.2 | <i>Área de tintorería</i> | 24 |
| 3.2.3 | <i>Área de acabados</i> | 25 |
| 3.2.4 | <i>Área de servicios</i> | 25 |
| 3.2.5 | <i>Bodega de materia prima</i> | 26 |
| 3.2.6 | <i>Bodega de químicos</i> | 26 |
| 3.2.7 | <i>Bodega de producto final</i> | 26 |
| 3.2.8 | <i>Oficinas</i> | 27 |
| 3.2.9 | <i>Servicios higiénicos</i> | 27 |
| 3.2.10 | <i>Estacionamiento</i> | 27 |
| 3.3 | Equipos y características. | 27 |
| 3.3.1 | <i>Sección tejeduría</i> | 27 |
| 3.3.2 | <i>Sección tintura</i> | 30 |
| 3.3.3 | <i>Sección acabados</i> | 32 |
| 3.3.4 | <i>Sección servicios</i> | 37 |
| 3.4 | Análisis del uso de energía de la empresa | 39 |
| 3.4.1 | <i>Generador de vapor</i> | 40 |
| 3.4.1.1 | <i>Cálculo de la eficiencia del generador de vapor, método indirecto</i> | 40 |
| 3.4.1.2 | <i>Cálculo de la eficiencia del generador de vapor, l método directo</i> | 41 |
| 3.4.2 | <i>Compresores de aire en ANDELAS CIA. LDTA</i> | 44 |

| | | |
|-----------|--|----|
| 3.4.2.1 | <i>Cálculo de la potencia activa P_A</i> | 45 |
| 3.4.2.2 | <i>Cálculo de la eficiencia isotérmica</i> | 46 |
| 3.4.2.3 | <i>Cálculo de la eficiencia adiabática</i> | 46 |
| 3.4.3 | Bombas en ANDELAS CIA.LTDA | 47 |
| 3.4.3.1 | <i>Cálculo de la eficiencia de la bomba de agua fría</i> | 47 |
| 3.4.3.2 | <i>Cálculo de la eficiencia de la bomba de agua caliente</i> | 57 |
| 3.4.3.3 | <i>Cálculo de la eficiencia de la bomba del ablandador #1</i> | 59 |
| 3.4.3.4 | <i>Cálculo de la eficiencia de la bomba del ablandador #2</i> | 60 |
| 3.4.3.5 | <i>Cálculo de la eficiencia de la bomba de alimentación al caldero</i> | 61 |
| 3.4.4 | <i>Análisis del consumo energético</i> | 62 |
| 3.4.5 | <i>Diagnóstico del estado actual de equipos energéticos y redes</i> | 65 |
| 3.4.5.1 | <i>Ubicación de equipos</i> | 65 |
| 3.4.5.2 | <i>Estado de los equipos</i> | 65 |
| 3.4.5.3 | <i>Tuberías de vapor</i> | 65 |
| 3.4.5.4 | <i>Consumo energético</i> | 65 |
| 4. | EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL | |
| 4.1 | <i>Diagnóstico del medio ambiente afectado</i> | 66 |
| 4.2 | <i>Actividades que causan impacto ambiental</i> | 67 |
| 4.2.1 | <i>Bodega</i> | 67 |
| 4.2.2 | <i>Tejeduría</i> | 67 |
| 4.2.3 | <i>Acabado Textil</i> | 67 |
| 4.3 | <i>Análisis de impactos</i> | 68 |
| 4.3.1.1 | <i>Impacto Negativo</i> | 68 |
| 4.3.1.2 | <i>Impacto Positivo</i> | 68 |
| 5. | PROPUESTA DE MEJORAMIENTO ENERGÉTICO | |
| 5.1 | <i>Reubicación de Maquinaria y equipos</i> | 69 |
| 5.2 | <i>Repotenciación de equipos energéticos</i> | 69 |
| 5.3 | <i>Reemplazo de componentes en la red</i> | 69 |
| 5.3.1 | <i>Análisis de beneficio – costo</i> | 70 |
| 5.3.1.1 | <i>Inversión inicial</i> | 71 |
| 5.3.1.2 | <i>Detalle mensual de costos anteriores</i> | 72 |
| 5.3.1.3 | <i>Cálculo del índice beneficio – costo</i> | 73 |
| 6. | PROPUESTA DEL PLAN DE MANEJO AMBIENTAL | |
| 6.1 | <i>Producción textil más amigable con el ambiente</i> | 75 |
| 6.1.1 | <i>Reducción del consumo de agua</i> | 75 |
| 6.1.2 | <i>Sustitución de insumos</i> | 75 |
| 6.1.3 | <i>Almacenamiento y pesaje de químicos</i> | 76 |
| 6.2 | <i>Programa de manejo de residuos sólidos</i> | 76 |
| 6.2.1 | <i>Almacenamiento de residuos</i> | 76 |
| 6.3 | <i>Programa de manejo y tratamiento de aguas residuales</i> | 77 |
| 6.4 | <i>Programa de salud ocupacional y seguridad industrial</i> | 77 |
| 6.4.1 | <i>Salud ocupacional</i> | 78 |
| 7. | CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | |
| 7.1 | <i>Conclusiones</i> | 80 |
| 7.2 | <i>Recomendaciones</i> | 81 |

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

PLANOS

LISTA DE TABLAS

Pág.

| | | |
|----|---|----|
| 1 | Balanza Comercial Textil 2000 - 2010 | 4 |
| 2 | Exportaciones de bienes textiles Período marzo 2013..... | 4 |
| 3 | Rangos de pérdidas de calor en generadores de vapor..... | 13 |
| 4 | Coeficiente λ para tuberías comerciales | 20 |
| 5 | División de secciones de la empresa ANDELAS CIA. LTDA..... | 27 |
| 6 | Variables físicas de la sección de tejeduría | 27 |
| 7 | Características de la máquina circular N° 10 | 28 |
| 8 | Características de la máquina circular N° 9 | 28 |
| 9 | Características de la máquina circular N° 8 | 29 |
| 10 | Características de la máquina circular N° 7 | 29 |
| 11 | Características de la máquina circular N° 6 | 30 |
| 12 | Características de la máquina circular N° 4 | 30 |
| 13 | Variables físicas de la sección de tintura | 30 |
| 14 | Características de la máquina de tintura DMS | 31 |
| 15 | Características de la máquina de tintura L.A.I.P | 32 |
| 16 | Variables físicas de la sección de secado..... | 32 |
| 17 | Características del hidroextractor | 33 |
| 18 | Características de la máquina secadora | 33 |
| 19 | Variables físicas de la sección de virado | 34 |
| 20 | Características de la máquina viradora..... | 34 |
| 21 | Variables físicas de la sección de perchado | 35 |
| 22 | Características de la perchadora | 35 |
| 23 | Variables físicas de la sección de calandrado | 36 |
| 24 | Características de la calandra | 36 |
| 25 | Características del caldero | 37 |
| 26 | Características compresor de aire | 38 |
| 27 | Tiempo de consumo de combustible del caldero | 42 |
| 28 | Datos de trabajo del caldero | 44 |
| 29 | Datos de placa de la bomba de suministro de agua para el caldero | 44 |
| 30 | Datos del compresor en condiciones normales de trabajo | 44 |
| 31 | Datos de placa del motor del compresor..... | 45 |
| 32 | Datos de bomba de agua fría | 47 |
| 33 | Componentes de la red de agua para tintorería e hidroextractor | 48 |
| 34 | Datos de bomba de agua caliente | 57 |
| 35 | Componentes de la red de distribución de agua caliente | 58 |
| 36 | Parámetros calculados de la bomba de agua caliente | 58 |
| 37 | Datos de la bomba del ablandador #1 | 59 |
| 38 | Componentes de la red de distribución de agua del ablandador #1 | 59 |
| 39 | Parámetros calculados de la bomba del ablandador #1..... | 60 |
| 40 | Datos de bomba del ablandador #2 | 60 |
| 41 | Componentes de la red de distribución de agua del ablandador #2..... | 61 |
| 42 | Parámetros calculados de la bomba del ablandador #2..... | 61 |
| 43 | Datos de placa del motor de la bomba centrífuga multipasos Grundfos | 61 |

| | | |
|----|---|----|
| 44 | Datos de placa de la bomba multipasos Grundfos..... | 62 |
| 45 | Componentes de la red de alimentación de agua para el caldero..... | 62 |
| 46 | Parámetros calculados de la bomba de alimentación del caldero..... | 62 |
| 47 | Promedio anual de consumo energético de ANDELAS CIA. LTDA..... | 63 |
| 48 | Consumo energético con una producción uniforme de 20 000 kg de tela | 63 |
| 49 | Descripción costo de materiales y accesorios..... | 71 |
| 50 | Costos referenciales antes de la implementación (Año 2013)..... | 72 |
| 51 | Costos referenciales antes de la implementación (Año 2014)..... | 73 |

LISTA DE FIGURAS

| | Pág. |
|----|---|
| 1 | Balanza Comercial Textil 2000 – 2010 Valores FOB [USD] 4 |
| 2 | Entrada ANDELAS CIA LTDA.23 |
| 3 | Área de tejeduría24 |
| 4 | Área de tintorería.....24 |
| 5 | Área de Acabados25 |
| 6 | Área de servicios25 |
| 7 | Bodega de materia prima26 |
| 8 | Bodega de químicos26 |
| 9 | Bodega de producto final.....26 |
| 10 | Máquina circular28 |
| 11 | Máquina de tintura DMS31 |
| 12 | Máquina de tintura L.A.I.P31 |
| 13 | Hidroextractor32 |
| 14 | Secadora33 |
| 15 | Viradora.....34 |
| 16 | Perchadora35 |
| 17 | Calandra.....36 |
| 18 | Caldero.....37 |
| 19 | Compresores de aire38 |
| 20 | Distribución de pérdidas de energía del caldero40 |
| 21 | Triángulo de Potencias45 |
| 22 | Variación del consumo energético periodo 2009 – 2013.....63 |
| 23 | Variación del consumo de GLP periodo 2009 – 201364 |
| 24 | Variación del consumo de Diésel periodo 2009 – 201364 |
| 25 | Variación del consumo de electricidad periodo 2009 – 201364 |
| 26 | Diagrama de flujo uniforme de efectivo del caldero de ANDELAS 201372 |
| 27 | Diagrama de flujo uniforme de efectivo del caldero de ANDELAS. 201473 |
| 28 | Estructuración del programa de manejo ambiental79 |

SIMBOLOGÍA

| | | |
|-------------|--|----------------------------|
| η | Rendimiento | |
| q | Porcentaje de calor perdido | |
| h | Entalpía | J/kg |
| Q_{inf} | Poder calorífico inferior del combustible | J/kg |
| B | Consumo de combustible | kg/s |
| Q | Caudal de fluido | m ³ /s |
| ρ | Densidad del fluido | kg/m ³ |
| \dot{m}_v | Flujo másico del vapor | kg/s |
| Q_{vap} | Flujo de vapor | m ³ /s |
| \dot{v}_0 | Flujo volumétrico del gas | m ³ /s |
| p | presión | Pa |
| V | Tensión de la fase | V |
| I | Intensidad de corriente de la fase | A |
| f_p | Factor de potencia | |
| P_A | Potencia activa | W |
| P_R | Potencia reactiva | VAR |
| k | Relación de calores específicos o coeficiente adiabático | |
| C_p | Calor específico del gas a presión constante | J/kg °K |
| C_v | Calor específico del gas a volumen constante | J/kg °K |
| H | Carga total de bombeo | m |
| Z_d | Nivel dinámico | m |
| h_r | Pérdidas | m |
| L | Longitud de tubería | m |
| D | Diámetro de la tubería | m |
| v | Velocidad media del fluido | m/s |
| λ | Coeficiente de pérdida de carga | |
| Re | Número de Reynolds | |
| k/D | Coeficiente de rugosidad relativa | |
| ξ | Coeficiente adimensional de pérdida de descarga secundaria | |
| A | Área de la sección transversal interna de la tubería | m ² |
| r | Calor específico de vaporización del agua | J/kg |
| x | humedad | kg/kg _{aire seco} |
| Q_c | Flujo de combustible | m ³ /s |
| ϕ_t | Diámetro del tanque de combustible | m ² |
| Δh | Variación de nivel de combustible | m |
| t | Tiempo transcurrido | s |

LISTA DE ANEXOS

- A** Consumo energético
- B** Adquisición de diésel
- C** Adquisición de GLP
- D** Adquisición mensual de aditivo para caldero
- E** Cotización mejora rendimiento de caldero y red de calor
- F** Resultados de análisis de aguas residuales
- G** Resultado de análisis de ruido ambiental
- H** Resultado de análisis de ruido por áreas de trabajo
- I** Resultado análisis de iluminación por área de trabajo
- J** Diagrama de Moody
- K** Propiedades del diésel de uso industrial
- L** Tablas de vapor
- M** Propiedades de rugosidad de algunos materiales

RESUMEN

En el presente trabajo se realizó el análisis verificativo de equipos energéticos de la fábrica ANDELAS ubicada en el Parque industrial de Ambato, y se presenta una propuesta de mejoramiento en la red de distribución de vapor previo análisis económico.

En este documento se incluyen: objetivos y justificaciones; una revisión bibliográfica sobre la industria textil en el Ecuador y el mundo; procesos y equipos en la industria textil; uso de energía e inversión de la industria textil en el país. Se presenta también un estudio técnico – energético de la empresa que incluye características de la planta, infraestructura física, distribución de equipos, instalaciones, materia prima para la manufactura textil, producción textil en la empresa, y un análisis de consumo de energía y combustibles.

Posteriormente se realizan los cálculos para equipos energéticos, basándose en mediciones tomadas en la fábrica con instrumentación industrial adecuada, obteniendo valores de rendimiento del generador de vapor, compresores de aire, bombas.

Considerando la importancia del estudio de los efectos positivos y negativos de la industria textil, se realiza un análisis de impacto ambiental. Se presenta una propuesta de mejoramiento de la planta, con su diagnóstico económico mediante un análisis costo – beneficio, justificándose así la inversión en una nueva red de vapor.

Previo a la implementación, se sugiere un análisis de reubicación de maquinarias y equipos, evitando así excesos en pérdidas. Finalmente se verifica el cumplimiento de los objetivos de la tesis y se describen los problemas presentados durante el análisis.

ABSTRACT

In the present study it was made the analysis of energy equipment of the textile factory ANDELAS CIA. LTDA. located at the industrial park of Ambato, and a proposal is presented to improve the distribution network of steam prior economic analysis.

This document includes: objectives and justification; a bibliographic review of the textile industry in Ecuador and world; process and equipment in the textile industry; use of energy and investment in the textile industry in the country. It is also presented and energetic technical study of the company which includes characteristics of the plant, physical infrastructure, distribution of equipment, installations, raw material for textile manufacture, textile production enterprise and an analysis of energy consumption and fuel.

Subsequently the calculations are made for energy equipment, based on measurements taken at the factory with adequate industrial instrumentation, obtaining performance values of the steam generator, air compressor and pumps.

An analysis of environmental impact is made considering the importance of positive and negative effect of the textile industry. It is presented a proposal for improving the plant, with an economic analysis by analyzing the cost – benefit, and so it is justified the investment in a new steam network to whose implementation it is suggested a previous analysis of machinery and equipment relocation, avoiding excesses of losses. Finally, fulfillment of the objectives is verified of the thesis and the problems presented are described during the analysis.

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

1.1 Antecedentes

Con el paso de los años la industria textil en el Ecuador ha tenido un crecimiento notable; por tal motivo las fábricas han mejorado e implantado nuevos procesos en la producción, de tal manera que la tela tenga un acabado de excelente calidad. Entonces se ha visto la necesidad de adquirir maquinaria acorde a la demanda de los consumidores, es así que se busca máquinas con la más alta tecnología y eficiencia, las cuales requieren servicios tales como: energía eléctrica, agua, gas, vapor y aire comprimido.

Además, la tecnología de la maquinaria textil se va desarrollando de tal manera que ha desplazado casi absolutamente a la mano de obra artesanal, de tal manera que no únicamente sirve para prestar un servicio o función determinada, sino también para hacerlo con la mayor eficiencia posible, todo esto para reducir costos de fabricación.

El aporte de la industria textil en el crecimiento económico del país ha sido muy importante, ya que en relación al valor agregado con excepción de la refinación del petróleo se sitúa en segundo lugar después de la industria de fabricación de bebidas y alimentos; esto se debe a la demanda nacional e internacional que ha surgido con el paso de los años y con el crecimiento de la población, es generadora de fuentes de trabajo no necesariamente especializado, ya que para obtener su materia prima también depende de otros sectores como: agrícola, ganadero, industrias de químicos, plásticos, etc.

Al encontrarse la demanda de productos textiles en constante crecimiento también ha crecido el número de productores de los mismos; existiendo así una lucha por entregar productos de excelente calidad y a precios módicos, de tal manera que los productores se esfuerzan en crear gran variedad de productos, y para distintos gustos.

Es necesario conocer que en la industria textil en el Ecuador existe una gran competencia por eso según la Superintendencia de Compañías, SBS y Servicio de Rentas Internas (SRI), correspondiente al ejercicio fiscal 2010. Se tiene que las principales empresas textiles según sus ganancias son las siguientes:

PLASTICAUCHO INDUSTRIAL S.A.: Fabricación de calzado de materiales textiles sin aplicación de suelas. (Ekos, el portal de negocios del Ecuador,Plasticaucho Industrial).

LAMINADOS Y TEXTILES LAMITEX S.A.: Fabricación de productos elaborados con cualquier clase de material textil, además de tejidos (telas) de punto y ganchillo: frazadas, mantas, sobrecamas, cobijas, edredones, ropa de cama, sábanas, mantelerías, toallas y artículos de cocina. (Ekos, el portal de los negocios (Lamitex)) (INEC)

ENKADOR S.A.: Hilatura y fabricación de hilados e hilos para tejedura o costura, para el comercio o para procesamiento posterior, texturización, retorcido, plegado, cableado y remojo de hilaturas filamentosas de toda clase de fibras animales, vegetales, sintéticas. (Ekos, el portal de los negocios)

EMPRESAS PINTO S.A.: Fabricación de prendas de vestir de telas tejidas, de punto y ganchillo, de telas no tejidas, entre otras, para hombres, mujeres, niños y bebés: abrigos, trajes, conjuntos, chaquetas, pantalones, faldas, calentadores, trajes de baño, ropa de esquí, etc. (Ekos, el portal de los negocios)

DELLTEX INDUSTRIAL S.A.: Provisión de productos textiles. (Ekos, el portal de los negocios)

FABRILFAME S.A.: Diseña, fabrica y comercializa vestuario, calzado y equipos de camping. (Ekos, el portal de los negocios)

FRANCELANA S.A. Fabricación de tejidos planos 100% de lana y mezclas, paños, gabardinas, tafetanes y sarga. (Ekos, el portal de los negocios).Entre otras empresas

1.2 Justificación técnico económica

Al crecer la demanda de textiles en el país, se ha visto la necesidad de optimizar los procesos en la fabricación de telas, para esto la maquinaria debe trabajar a su pleno rendimiento de tal forma que debe tener un mantenimiento pertinente acorde a cada máquina y contar con el suministro adecuado de los servicios de energía eléctrica, agua, gas, vapor, aire comprimido. Es así que se debe reducir las pérdidas en el suministro de éstos ya que influyen negativamente en el aspecto financiero y el rendimiento de la empresa; esto se puede producir a causa de una mala distribución de equipos y redes

energéticas, entonces se requerirá mayor consumo de combustible y/o energía y podría conllevar gastos muy elevados, en cambio con una distribución adecuada se reduce al mínimo el consumo de combustible y/o energía reduciendo así los costos de servicios. Se ha considerado que la producción de vapor es el servicio más crítico a considerar ya que para producirlo se requiere de consumo de combustible y agua, por ende, su producción es costosa.

Debido a la demanda mencionada en principio, también se deben considerar los diferentes efectos en el ambiente y la huella de contaminación a cada paso del ciclo de vida de los textiles, pues se generan potenciales riesgos ocupacionales y para el ambiente. Por ello existen varias estrategias para la prevención de la contaminación que han sido utilizadas con éxito como lo son la modificación del proceso, el uso de métodos y materia prima alternativa, la conservación de los compuestos químicos y del agua (mediante la incorporación de plantas de tratamiento de aguas), el tamizado y sustitución de compuestos químicos, lo cual hace que el desarrollo de la industria textil hoy en día sea más amigable con el ambiente, evitando impactos ambientales negativos.

La industria textil en Ecuador ha sido un eje económico importante a nivel local, regional y nacional.

Durante los primeros años de explotación de la industria textil en el Ecuador, la producción de veía enfocada únicamente al consumo local, pero es a finales de los años noventa que pequeños empresarios se asocian para formar lo que hoy en día se conoce como AITE (Asociación de Industriales Textiles del Ecuador), organismo que se ha encargado dignamente de posicionar a los textiles nacionales de tal manera que cuenta con una importante participación del capital nacional y extranjero. (AITE)

En el marco de la crisis económica global y las presiones competitivas de los países asiáticos, el sector textil y confección ecuatoriana deberá generar estrategias de reconversión a fin de sortear los actuales desafíos económicos, sociales y ambientales que enfrenta el sector y el país.

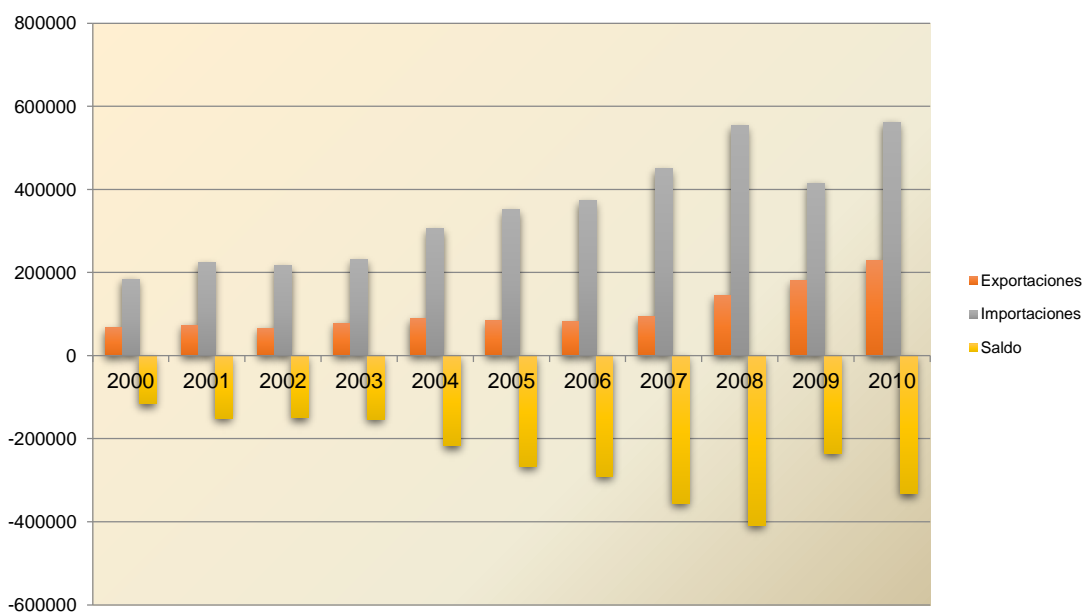
A continuación, se muestran datos proporcionados por la AITE, de la balanza comercial de textiles, del 2000 al 2010, y se puede apreciar el crecimiento de demanda de textiles ecuatorianos para exportación, el cual, a pesar de no ser tan grande, ha aumentado considerablemente.

Tabla 1. Balanza Comercial Textil 2000 - 2010

| Año | Exportaciones | Importaciones | Importaciones/ Exportaciones |
|------|---------------|---------------|---------------------------------|
| 2000 | 67 802,09 | 183 997,92 | -116 195,83 |
| 2001 | 73 568,03 | 224 004,72 | -150 436,69 |
| 2002 | 66 034,68 | 215 618,32 | -149 583,63 |
| 2003 | 77 878,09 | 231 536,47 | -153 658,38 |
| 2004 | 88 603,07 | 306 228,82 | -217 625,76 |
| 2005 | 84 250,71 | 350 944,09 | -266 693,37 |
| 2006 | 82 811,45 | 373 101,13 | -290 289,68 |
| 2007 | 93 989,38 | 448 906,25 | -354 916,87 |
| 2008 | 144 984,46 | 554 213,27 | -409 228,81 |
| 2009 | 179 981,16 | 415 007,83 | -235 026,67 |
| 2010 | 228 980,80 | 561 695,09 | -332 714,29 |

Fuente: Banco Central del Ecuador

Figura 1. Balanza Comercial Textil 2000 – 2010 Valores FOB [USD]



Fuente: Banco Central del Ecuador

Tabla 2. Exportaciones de bienes textiles Período marzo 2013

| Bloque | Materias Primas | | Hilados | | Tejidos | |
|------------------|-----------------|----------|---------|----------|----------|----------|
| | Ton | FOB | Ton | FOB | Ton | FOB |
| Resto Asia | 1 265,00 | 1 879,07 | | | | |
| Cafta – DR | | | 12,67 | 97,01 | 1,82 | 14,49 |
| Chile | 3,69 | 7,12 | 17,21 | 120,00 | 24,68 | 151,47 |
| China | | | | | | |
| Comunidad Andina | 1,51 | 4,55 | 380,70 | 2 127,65 | 1 780,31 | 7 715,16 |

Tabla 2. (Continuación)

| Bloque | Materias Primas | | Hilados | | Tejidos | |
|----------------------|-----------------|-----------------|---------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| | Ton | FOB | Ton | FOB | Ton | FOB |
| Estados Unidos | 0,01 | 0,60 | | 0,31 | 80,60 | 16,49 |
| Mercosur | 0,64 | 6,27 | 147,80 | 834,88 | 237,79 | 1 199,21 |
| Otros | 22,63 | 22,50 | | 0,62 | | |
| Panamá | 0,24 | 0,83 | 2,01 | 23,84 | | |
| Resto Nafta | | | | | | |
| Unión Europea | 1 499,87 | 2 300,85 | 0,07 | 0,01 | 0,004 | 0,20 |
| Total General | 2 733,60 | 4 221,79 | 560,46 | 3 204,32 | 2 125,13 | 9 097,47 |

Fuente: Banco Central del Ecuador

1.3 Objetivos

1.3.1 *Objetivo general.* Realizar el análisis verificativo de equipos energéticos y mejoramiento de la red de distribución de calor en la fábrica ANDELAS CÍA. LTDA.

1.3.2 *Objetivos específicos:*

- Estudiar el marco teórico sobre los procesos de la industria textil
- Efectuar un análisis energético de las condiciones actuales de funcionamiento de los equipos de la fábrica.
- Determinar la demanda energética actual y prospectiva de la empresa.
- Determinar las actividades que generan impacto ambiental.
- Proponer un plan de remediación ambiental.
- Diseñar la alternativa de mejoramiento del sistema energético de la fábrica ANDELAS CÍA. LTDA.
- Determinar los costos del proyecto propuesto.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Generalidades sobre la industria textil

El alimento, alojamiento y vestido son necesidades básicas del hombre. Todas las prendas de vestir están fabricadas de textiles y los alojamientos se hacen más cómodos y atractivos por el uso de estos materiales. (RODRÍGUEZ ALARCÓN, 2005)

La industria textil se desarrolló de ser una artesanía perpetuada por los gremios en los primeros siglos, a través de la revolución industrial en los siglos XVIII y XIX, cuando se trataba de mecanizarlo todo con producción masiva, hasta el siglo XX con su adelanto científico y tecnológico. (HOLLEN, y otros, 1987)

Cada individuo está rodeado por textiles desde su nacimiento hasta su muerte. Se camina sobre productos textiles o uno se viste con ellos; se sienta en sillas o sofás cubiertos de tela, duerme sobre y debajo de ellas; los textiles secan o mantienen seco al individuo; le ayudan a estar caliente y lo protegen del sol, el fuego y la infección. (RODRÍGUEZ ALARCÓN, 2005)

El hombre ha viajado a la Luna en un traje espacial de 100 000 dólares de veinte capas diferentes y ropa interior de nylon enfriada con agua. La vida humana se prolonga reemplazando partes destruidas del cuerpo con telas tejidas como son arterias de poliéster y válvulas de velour para el corazón. Los soldados y cazadores se protegen con chalecos a prueba de bala y los cinturones de seguridad hacen menos peligrosos los viajes en automóvil. (NAVAR DÍAZ, 2006)

Los textiles siempre cambian. Cambian no solo con la moda, sino también para hacer frente a las necesidades del estilo de vida variable de las personas. Los nuevos desarrollos en procesos de producción también provocan cambios en los textiles, lo mismo que las normas gubernamentales respecto a seguridad, calidad del medio ambiente y conservación de energía. (HOLLEN, y otros, 1996)

En los Estados Unidos la industria textil es un complejo muy fuerte. Incluye a los productores de fibras naturales y artificiales; a los encargados de hilatura, tejido, tejido

de punto; también a los convertidores, a los que producen hilos y los procesan, los que producen alfombras y peluches, los productores de aglomerados y a los acabadores; a los fabricantes de maquinaria y a muchos otros. (HOLLEN, y otros, 1996)

La industria textil tiene más empleados, alrededor de 3.5 millones, que cualquier otra industria de transformación. Los productos textiles están valuados en más de 20 mil millones de dólares y cada año se producen mediante sistemas que cada vez emplean más a las computadoras. En Japón, con sólo oprimir un botón un operario puede teñir una tela de lana de más de 2000 combinaciones de color sin falla o error. (RODRÍGUEZ ALARCÓN, 2005)

En este siglo se desarrollaron fibras artificiales y se crearon hilos con textura modificada. Se desarrollaron nuevos métodos de fabricación de telas y se incrementó la producción de los tejidos de punto; se desarrollaron muchos acabados y la producción textil se hizo compleja estableciéndose nuevos sistemas de comercialización. Estos adelantos han sido benéficos para los consumidores. Las fibras artificiales y el planchado permanente han hecho que casi todos los vestidos sean de “cuidado fácil”. (GIBAJA, 2006)

2.2 Evolución de la industria textil en Ecuador

Los inicios de la industria textil ecuatoriana se remontan a la época de la colonia, cuando la lana de oveja era utilizada en los obrajes donde se fabricaban los tejidos. (AITE)

Además de esto, se han obtenido de diversas excavaciones en el Ecuador, artículos de alfarería con impresiones de materiales tejidos en su superficie. De este hallazgo se concluye que se colocó hilo en un huso y se creó tejidos con él, incluso durante la época incaica.

Posteriormente, las primeras industrias que aparecieron se dedicaron al procesamiento de la lana, hasta que a inicios del siglo XX se introduce el algodón, siendo la década de 1950 cuando se consolida la utilización de esta fibra. Hoy por hoy, la industria textil ecuatoriana fabrica productos provenientes de todo tipo de fibras, siendo las más utilizadas el ya mencionado algodón, el poliéster, el nylon, los acrílicos, la lana y la seda. (AITE) (VINCES CEREZO, y otros)

A lo largo del tiempo, las diversas empresas dedicadas a la actividad textil ubicaron sus instalaciones en diferentes ciudades del país. Sin embargo, se puede afirmar que las

provincias con mayor número de industrias dedicadas a esta actividad son: Pichincha, Imbabura, Tungurahua, Azuay y Guayas. (AITE) (VINCES CEREZO, y otros)

La diversificación en el sector ha permitido que se fabrique una gran variedad de productos textiles en el Ecuador, siendo los hilados y los tejidos los principales en volumen de producción. No obstante, cada vez es mayor la producción de confecciones textiles, tanto las de prendas de vestir como de manufacturas para el hogar. (AITE) (dspace)

El sector textil genera varias plazas de empleo directo en el país, llegando a ser el segundo sector manufacturero que más mano de obra emplea, después del sector de alimentos, bebidas y tabacos. Según estimaciones hechas por la Asociación de Industriales Textiles del Ecuador – AITE, alrededor de 50.000 personas laboran directamente en empresas textiles, y más de 200.000 lo hacen indirectamente. (AITE) (VINCES CEREZO, y otros)

Por regla general, las empresas textiles ecuatorianas concentraron la mayor parte de sus ventas en el mercado local, aunque siempre ha existido vocación exportadora. A partir de la década de los 90, las exportaciones textiles fueron incrementándose, salvo por algunas caídas en los años 1998 y 1999. (AITE) (VINCES CEREZO, y otros)

En el año 2000, momento en el que Ecuador adoptó la dolarización, se produce un incremento de las exportaciones del 8,14% con relación a las de 1999, lo que marca una tendencia que empezó a ser normal durante este nuevo milenio; únicamente en el 2002 se produce una disminución de las exportaciones textiles, rápidamente recuperada en los siguientes dos años, llegando a exportar cerca de 90 millones de dólares en el 2004, superando el pico más alto en los últimos 10 años (1997 – 82 millones de dólares exportados). (AITE) (dspace)

Conscientes que el desarrollo del sector está directamente relacionado con las exportaciones, los industriales textiles han invertido en la adquisición de nueva maquinaria que les permita ser más competitivos frente a una economía globalizada. Así mismo, las empresas invierten en programas de capacitación para el personal de las plantas, con el afán de incrementar los niveles de eficiencia y productividad; la intención es mejorar los índices de producción actuales, e innovar en la creación de nuevos productos que satisfagan la demanda internacional. (AITE) (dspace)

No obstante, otro factor fundamental para seguir creciendo la participación de la industria textil ecuatoriana en el mercado externo, es que el Gobierno Nacional negocie acuerdos comerciales con los países que demandan la producción ecuatoriana y que ofertan lo que ésta requiere. Entre los países o bloques económicos más importantes comercialmente hablando se encuentran Estados Unidos, la Unión Europea, Venezuela, México, Canadá y Centroamérica; por tanto, el Ecuador debe procurar acuerdos con estas naciones que garanticen a los productos un acceso preferencial a sus mercados a largo plazo, enmarcados en una normativa que clara que genera un ambiente de certidumbre y seguridad para los negocios y las inversiones. (AITE) (VINCES CEREZO, y otros)

Es por eso que grupos y asociaciones como la AITE se preocupan por mejorar y consolidar vínculos mercantiles entre empresas ecuatorianas con el resto de los países Andinos, además de incrementar paulatinamente el índice de exportaciones nacionales a otras regiones y continentes. Con esto se espera aportar el propósito primordial de la industria textil ecuatoriana, que es la generación constante de empleo digno y una contribución a la economía del país. (AITE)

2.3 Uso de la energía en la industria textil

La industria textil requiere del suministro de diversos tipos de energía, las cuales, dependiendo del tipo de proceso y equipo; son utilizadas de manera conjunta o independiente, y para la obtención de los mismos se emplea recursos tales como: electricidad, y combustibles. Estos contribuyen a la obtención de energía neumática, energía calórica, eléctrica, etc.

Según un estudio analítico llevado a cabo por la Revista Líderes, la cantidad de energía eléctrica consumida por el sector industrial en el 2013 fue de 6,5 millones de megavatios-hora; de los cuales se estima que un porcentaje del 7.4 corresponde al sector industrial de manufactura, dentro del que se ubica al sector textil. (Grupo EL COMERCIO, 2014) (INEC)

2.4 Equipos energéticos en la industria textil

La industria textil emplea una variedad de equipos para suministrar los distintos tipos de energía requeridos para el proceso productivo de sus productos; a continuación, se mencionan los más significativos.

2.4.1 *Generador de vapor.* Es mayormente empleado en instalaciones industriales, para producir agua caliente, generar vapor para luego ser transformado en potencia mecánica, operaciones en la industria o calefacción. (I.Q. SOTO CRUZ, 1996) (Rincon del Vago)

En la industria textil este equipo es empleado para suministrar vapor al proceso de tinturado, donde el vapor generado eleva la temperatura del baño de agua con productos químicos por medio de intercambiadores de calor, y así facilitar la reacción de estos productos con los distintos tejidos; y en el proceso de planchado es utilizado para eliminar arrugas del tejido.

El elemento esencial de una caldera es la cámara de combustible. En ella se quema el combustible con aire calentado previamente, este combustible puede ser líquido, gaseoso o sólido. Las paredes de la cámara de combustión son prácticamente tamizadas de tubos, recorrida por el agua que se evapora en ellos. Al presentar los gases de la cámara de combustión grandes temperaturas, la transmisión de calor en estos tubos se produce especialmente por radiación en la parte baja de la cámara. Hacia lo alto de la cámara, esta se estrecha y aumenta la velocidad de los humos, lo que favorece el intercambio térmico, casi siempre de tipo convectivo. (Reglamento de calderas y generadores de vapor)

2.4.2 *Compresores de aire.* Los compresores son máquinas especialmente diseñadas y construidas para aumentar la presión en los gases mientras se disminuye su volumen, mediante procesos mecánicos. Lo más común es que se comprima aire, pero en la industria es frecuente la necesidad de comprimir otros gases. A veces se utiliza de manera intermitente (un taller, llantera, restaurante, planta procesadora, etc.) a veces continuo (bombeo de gasoductos, embotelladoras de gaseosas o cerveza, sopladores de bolsas y envases plásticos, etc.). (© 2012 Starline air compressor, S.A. de C.V. All rights reserved., 2012)

El aire comprimido es un elemento esencial en la industria ya que gracias a la presión que genera, se facilita el accionamiento de distintos mecanismos que no pueden trabajar con una ejecución manual; también el flujo de aire es empleado para limpiar partes de mecanismos en contacto con partículas que pueden averiarlos.

Existen diversas formas de comprimir aire, dando lugar a que existan muchos tipos de compresores, todo dependiendo del mecanismo que utilicen. Los compresores a pistón

o émbolo (alternativos), son los de uso más difundido y por su diseño, los compresores de aire de pistón producen altas presiones en volúmenes pequeños, y generalmente se utilizan para aplicaciones domésticas e industriales. (© 2012 Starline air compressor, S.A. de C.V. All rights reserved., 2012)

Los compresores pueden proporcionar un flujo de energía intermitente, también conocido como desplazamiento positivo, o un flujo continuo de energía, que se puede apreciar en el flujo centrífugo y axial (para los líquidos). (CARRILLO, y otros)

2.4.3 Bombas. Son dispositivos empleados para elevar, transferir o comprimir líquidos y gases. En la industria textil, este equipo es empleado para alimentar de agua al caldero y al proceso de tinturado, porque es un elemento esencial para disolver los distintos productos químicos y también facilita la fijación de estos con el tejido.

Un equipo de bombeo es un transformador de energía. Recibe energía mecánica, que puede proceder de un motor eléctrico, térmico, etc., y la convierte en energía que un fluido adquiere en forma de presión, posición o velocidad. (VIEJO ZUBICARAY, y otros, 2004)

Existe una ambigüedad en la utilización del término bomba, ya que generalmente es utilizado para referirse a las máquinas de fluido que transfieren energía, o bombean fluidos incompresibles, y por lo tanto no alteran la densidad de su fluido de trabajo, a diferencia de otras máquinas como lo son los compresores, cuyo campo de aplicación es la neumática y no la hidráulica. Pero también es común encontrar el término bomba para referirse a máquinas que bombean otro tipo de fluidos, así como lo son las bombas de vacío o las bombas de aire. (VIEJO ZUBICARAY, et al., 2004) (WordPress, 2008)

2.4.4 Secadores. Se denominan secadores a los equipos que eliminan o reducen el agua (humedad) de un producto utilizando energía calorífica. (© Gas Natural Fenosa., 2015)

Estos equipos son utilizados generalmente para reducir o eliminar humedad mediante la circulación de una corriente de gas caliente. El material para el secado puede estar estático, móvil, fluido o diluido. En la industria textil se emplean para secar el tejido que sale del proceso de tinturado del cual sale completamente mojado y tiene que ser exprimido o centrifugado para eliminar el exceso de agua. (© ClubEnsayos.com, 2013) (PONTILEZ DE HERNÁNDEZ, 2010)

2.5 Análisis de los equipos energéticos

Para el análisis del comportamiento de los equipos energéticos es necesario tener en cuenta los fenómenos físicos que ocurren durante su funcionamiento, y pueden ser representados en ecuaciones. Mediante estas expresiones se hallan los valores de rendimiento de los equipos, para lo que se requiere la magnitud de variables calculadas o medidas previamente.

2.5.1 *Generador de vapor.* La eficiencia del generador de vapor, se determina mediante un balance energético del equipo, que no es otra cosa que la distribución de calor que se introduce en la caldera al quemar un combustible, en el calor aprovechado por el agua y vapor y las pérdidas de calor. (OLEAS, y otros, 2004).

El combustible puede ser sólido, líquido (kg) o gaseoso (m³). Existen varios métodos para calcular la eficiencia de un generador de vapor, de los cuales los más importantes se detallan a continuación. (OLEAS, y otros, 2004)

2.5.1.1 *Método indirecto.* Éste método exige realizar un análisis de los gases de combustión y del combustible, antes y después de la combustión. Su desventaja es que son necesarios muchos datos y cálculos para realizarlo, ya que toma en cuenta las pérdidas de energía que suceden en el proceso o las magnitudes de algunos calores que se originan en el mismo. (OLEAS, y otros, 2004)

El rendimiento de la caldera por el método indirecto se puede determinar por la expresión: (OLEAS, y otros, 2004)

$$\eta_{gv} = 100 - (q_2 + q_3 + q_4 + q_5 + q_6) \quad (1)$$

Donde:

q_2 = Porcentaje de calor perdido con los gases de escape.

q_3 = Porcentaje de calor perdido por la incombustión química.

q_4 = Porcentaje de calor perdido por incombustión mecánica.

q_5 = Porcentaje de calor perdido por las paredes al medio ambiente.

q_6 = Porcentaje de calor perdido por la escoria del combustible.

Generalmente las pérdidas de calor, se encuentran en los siguientes rangos

Tabla 3. Rangos de pérdidas de calor en generadores de vapor

| |
|-----------------------|
| $4\% < q_2 < 10\%$ |
| $0,4\% < q_3 < 0,6\%$ |
| $0,5\% < q_4 < 4\%$ |
| $0,5\% < q_5 < 2\%$ |
| $0,1\% < q_6 < 0,4\%$ |

Fuente: (OLEAS, y otros, 2004)

Pérdidas de calor en un generador de vapor: Los valores anteriores se ven afectados por ciertos factores de operación que se detallan a continuación:

Pérdidas de calor a través de los gases de escape (q_2):

- Alto exceso de aire, el cual se determina con un análisis de los gases de combustión.
- Suciedad o incrustación en las superficies de transferencia del lado del agua y del fuego o gases.
- Pobre circulación del agua en comparación con el flujo de los gases.
- Velocidades de gases demasiado altas a través de la caldera.
- Inadecuada transferencia de calor entre los campos de agua y fuego. (OLEAS, y otros, 2004)

Pérdidas de calor debido a la incombustión química (q_3). Estas pérdidas se deben a la combustión del hidrógeno presente en el combustible, el cual, al formar agua va a la chimenea en forma de vapor, además del combustible y el aceite tiene mayor cantidad de hidrogeno. Esta pérdida de calor se considera inherente, no considerable, a no ser que se cambien las especificaciones del combustible. (OLEAS, y otros, 2004)

Pérdidas de calor debido a la incombustión mecánica (q_4). Se debe a un suministro insuficiente de aire, hogar frío a baja carga y una pobre pulverización del combustible. (OLEAS, y otros, 2004)

Pérdidas por las paredes al medio ambiente (q_5). Estas pérdidas se producen por radiación, convección y fugas; sus causas pueden ser:

- Inadecuado aislamiento alrededor de las paredes.
- Necesidad de reparación del refractario en el hogar.
- Tuberías, juntas, mal sellado de uniones y otras fugas a través de las paredes de la caldera. (OLEAS, y otros, 2004)

Pérdidas de calor por la escoria del combustible (q_6). Estas pérdidas se dan especialmente en calderas de combustibles sólidos y se producen por:

- Parrilla de longitud insuficiente para una completa combustión del combustible sólido.
- Demasiada inyección de combustible por sobre carga de la caldera.
- Insuficiente aire de combustión proporcionado por el ventilador de suministro.
- Demasiada extracción de cenizas antes de que produzca una combustión completa del combustible. (OLEAS, y otros, 2004)

2.5.1.2 Método directo. Este método es más rápido en cuanto a cálculos se refiere, pues no se ven en él análisis reales de eficiencias energéticas y se toman valores aproximados basados en inspección visual. En términos termodinámicos se puede evaluar el rendimiento de un generador de vapor por el método directo mediante la expresión:

$$\eta_{gv} = \frac{\dot{m}_v(h_1 - h_0)}{B Q_{inf}} \quad (2)$$

Donde:

h_0 = Entalpía del agua a la entrada del generador. [J/kg]. Depende de la temperatura y la presión del agua de alimentación.

h_1 = Entalpía del vapor a la salida del generador. [J/kg]. Depende de la presión y de la temperatura de saturación del vapor.

Q_{inf} = Poder calorífico inferior del combustible. [J/kg].

B = Consumo de combustible [kg/s]. (OLEAS, y otros, 2004)

El consumo de combustible se determina mediante la expresión:

$$B = Q \rho \quad (3)$$

Donde:

Q = Flujo de combustible [m^3/s]. Es un dato técnico se puede medir con un flujómetro.

ρ = Densidad del combustible [kg/m^3].

\dot{m}_v = Flujo másico del vapor [kg/s]. (OLEAS, y otros, 2004)

Luego, el flujo másico se obtiene utilizando la expresión:

$$\dot{m}_v = Q_{vap} \rho_{vap} \quad (4)$$

Donde:

Q_{vap} = Flujo de vapor [m^3/s]. Es un dato técnico; se puede medir con un flujómetro.

ρ_{vap} = Densidad del vapor [kg/m^3]. Este dato se obtiene en tablas de vapor, y está en función de la presión de saturación del vapor. (OLEAS, y otros, 2004)

Rango de rendimiento de calderos: $85\% < \eta_{gv} < 94\%$. (OLEAS, y otros, 2004)

2.5.2 *Compresores de aire.* La compresión de aire y otros gases consume una gran cantidad de energía en las industrias por lo que, la eficiencia del compresor tiene un efecto directo en los costos de producción. (OLEAS, y otros, 2004)

2.5.2.1 *Eficiencia isotérmica.* La eficiencia isotérmica de un compresor se define como la relación existente entre el trabajo isotérmico calculado y el trabajo real requerido. (OLEAS, y otros, 2004)

Para compresores con motores trifásicos se tiene:

$$\eta_{isot\u00e9rmica} = \frac{p_0 \dot{v}_0 \ln\left(\frac{p_1}{p_0}\right)}{\sqrt{3} V I f_p} \quad (5)$$

Para compresores con motores monof\u00e1sicos se tiene:

$$\eta_{isot\u00e9rmica} = \frac{p_0 \dot{v}_0 \ln\left(\frac{p_1}{p_0}\right)}{V I f_p} \quad (6)$$

Donde:

\dot{v}_0 = Flujo volum\u00e9trico del gas [m³/s]. Este valor se lo puede medir a trav\u00e9s de un fluj\u00f3metro, instalado en la entrada del gas.

p_0 = Presi\u00f3n inicial absoluta del gas [Pa]. Este valor se lo puede medir a trav\u00e9s de un man\u00f3metro, instalado en la entrada del gas.

p_1 = Presi\u00f3n final absoluta del gas [Pa]. Este valor se lo puede medir a trav\u00e9s de un man\u00f3metro, instalado a la salida del gas.

V = Tensi\u00f3n de la fase [voltios]. Este valor se lo puede medir con un volt\u00edmetro.

I = Intensidad de corriente de la fase [amperios]. Este valor se lo puede medir a trav\u00e9s de un amper\u00edmetro.

f_p = Factor de potencia, medido a trav\u00e9s de un cosf\u00edmetro o con la siguiente f\u00f3rmula:

$$f_p = \frac{P_A}{\sqrt{P_A^2 + P_R^2}} \quad (7)$$

Donde:

P_A = Potencia activa [W]. Este valor se lo puede medir a trav\u00e9s de un vat\u00edmetro.

P_R = Potencia reactiva [VAR]. Este valor se lo puede medir a trav\u00e9s de un var\u00edmetro.

2.5.2.2 Eficiencia adiabática. La eficiencia adiabática de un compresor se define la relación existente entre el trabajo adiabático sin fricción de un gas ideal y el trabajo real requerido. (OLEAS, y otros, 2004)

Para compresores con motores trifásicos se tiene:

$$\eta_{adiabática} = \frac{p_0 \dot{v}_0 \left(\frac{k}{k-1} \right) \left[\left(\frac{p_1}{p_0} \right)^{\frac{k-1}{k}} - 1 \right]}{\sqrt{3} V I f_p} \quad (8)$$

Para compresores con motores monofásicos se tiene:

$$\eta_{adiabática} = \frac{p_0 \dot{v}_0 \left(\frac{k}{k-1} \right) \left[\left(\frac{p_1}{p_0} \right)^{\frac{k-1}{k}} - 1 \right]}{V I f_p} \quad (9)$$

Donde:

V = Tensión de la fase [voltios]. Este valor se lo puede medir con un voltímetro.

I = Intensidad de corriente de la fase [amperios]. Este valor se lo puede medir a través de un amperímetro.

f_p = Factor de potencia. Este valor se lo puede medir a través de un cosfímetro o con la ecuación (7).

\dot{v}_0 = Flujo volumétrico del gas [m^3/s]. Este valor se lo puede medir a través de un flujómetro, instalado en la entrada del gas.

p_0 = Presión inicial absoluta del gas [Pa]. Este valor se lo puede medir a través de un manómetro, instalado en la entrada del gas.

p_1 = Presión final absoluta del gas [Pa]. Este valor se lo puede medir a través de un manómetro, instalado a la salida del gas.

k = Relación de calores específicos o coeficiente adiabático (isoentrópico).

Esta expresión se encuentra por medio de la relación:

$$k = \frac{C_p}{C_v} \quad (10)$$

Donde:

c_p =Calor específico del gas a presión constante [J/kg °K]. Este valor se puede encontrar a través de tablas.

c_v =Calor específico del gas a volumen constante [J/kg °K]. Este valor se puede encontrar a través de tablas. (OLEAS, y otros, 2004)

2.5.3 Bombas. Como las bombas son máquinas que absorben energía mecánica y restituyen energía hidráulica al líquido que atraviesa la misma, se puede decir que la eficiencia de una bomba es la proporción de la potencia de salida de la bomba entre la potencia de entrada de la bomba. (OLEAS, y otros, 2004)

$$\eta_b = \frac{Q \rho g H}{\sqrt{3} V I f_p} \quad (11)$$

En esta expresión se encuentra que el numerador representa a la potencia de salida de la bomba y el denominador representa a la potencia de entrada a la bomba, dando como resultado la expresión de eficiencia de un equipo. (OLEAS, y otros, 2004)

Donde:

ρ = Densidad del fluido [kg/m³]. Este valor se lo encuentra en tablas.

g = Aceleración de la gravedad ($g = 9,80665 \text{ m/s}^2$, a nivel del mar).

H = Carga total de bombeo [m]. Está dada por la suma algebraica de la presión manométrica medida a la descarga (convertida en metros de columna de agua y corregida con la altura a la línea de centros de la toma de señal de presión), el nivel dinámico, las pérdidas por fricción en la columna y la carga de velocidad.

Su expresión matemática es:

$$H = P_d + Z_d + h_{fc} + h_v \quad (12)$$

Donde:

P_d = Presión en la descarga [m.c.a.]. Se mide directamente en el manómetro colocado inmediatamente después del cabezal de descarga.

Z_d = Nivel dinámico [m]. Es la diferencia de alturas entre el nivel de succión y de descarga del fluido.

h_{fc} = Pérdidas por fricción en la columna [m.c.a.].

Se determina por la ecuación:

$$h_{fc} = h_{rp} + h_{rs} \quad (13)$$

Donde:

h_{rp} = Pérdidas primarias por fricción. [m.c.a.].

Estas pérdidas se pueden calcular mediante la expresión: (OLEAS, y otros, 2004)

$$h_{rp} = \lambda \frac{L v^2}{D 2g} \quad (14)$$

Donde:

L = Longitud de tubería [m]. Es un dato técnico.

D = Diámetro de la tubería [m]. Es un dato técnico

v = Velocidad media del fluido [m/s].

λ = Coeficiente de pérdida de carga. Es un factor adimensional que depende de dos variables adimensionales que son el número de Reynolds (Re) y la rugosidad relativa (k/D). Las fórmulas más generales para el cálculo de esta magnitud se detallan a continuación. (OLEAS, y otros, 2004)

Tabla 4. Coeficiente λ para tuberías comerciales

| Tuberías | Régimen | Formula | Autor |
|-----------------|------------------------------------|--|------------------|
| Lisas y rugosas | Laminar | $\lambda = \frac{64}{Re}$ | Poiseuille |
| Lisas | Turbulento Re < 100 000 | $\lambda = \frac{0,136}{Re^{0,25}}$ | Blasius |
| Lisas | Turbulento Re > 100 000 | $\frac{1}{\lambda} = 2 \log_{10}(Re \sqrt{\lambda} - 0,8)$ | Karman – Prandtl |
| Rugosas | Turbulento (zona de transición) | $\frac{1}{\lambda} = -2 \log_{10} \left(\frac{2k/D}{7,4} + \frac{2,51}{Re \lambda^{0,5}} \right)$ | Colebrook |
| Rugosas | Turbulento (zona final) | $\frac{1}{\lambda} = 2 \log_{10} \left(\frac{D}{2k} + 1,74 \right)$ | Karman – Prandtl |

Fuente: MATAIX, Claudio; “Mecánica de Fluidos y Maquinas Hidráulicas”,

En la práctica se utiliza el monograma conocido con el nombre de diagrama de Moody, el cual se puede observar en el Anexo J.

h_{rs} = Pérdidas secundarias por fricción. [m.c.a]

Estas pérdidas se pueden calcular mediante la expresión: (OLEAS, y otros, 2004)

$$h_{rs} = \xi \frac{v^2}{2g} \quad (15)$$

Donde:

ξ = Coeficiente adimensional de pérdida de descarga secundaria. Depende del tipo de accesorio, del número de Reynolds (Re), de la rugosidad y de la configuración de la corriente antes del accesorio. Se lo encuentra mediante tablas.

v = Velocidad media de la tubería, si se trata de accesorios. Si se trata de un cambio de sección suele tomarse la velocidad de la sección menor. [m/s]

h_v = Carga de velocidad [m]. Es la energía cinética por unidad de peso del líquido en movimiento y esta expresada por:

$$h_v = \frac{v^2}{2g} \quad (16)$$

Donde:

g = Aceleración de la gravedad ($g = 9,806\ 65\ m/s^2$, a nivel del mar).

v = Velocidad del agua dentro de la tubería [m/s]. Se lo determina con la expresión:

$$v = \frac{Q}{A} \quad (17)$$

Donde:

Q = Caudal del fluido [m^3/s]. Este valor se lo puede determinar a través de un flujómetro.

A = Área de la sección transversal interna de la tubería [m^2]. Se puede encontrar esos valores en tablas, dependiendo del material, tipo y diámetro de la tubería.

V = Tensión de la fase [voltios]. Este valor se lo puede medir a través de un voltímetro.

I = Intensidad de corriente de la fase [amperios]. Este valor se lo puede medir a través de un amperímetro.

f_p = Factor de potencia. Este valor se lo puede medir a través de un cosfímetro o con la siguiente fórmula:

$$f_p = \frac{P_A}{\sqrt{P_A^2 + P_R^2}} \quad (18)$$

Donde:

P_A = Potencia activa [W]. Este valor se lo puede medir a través de un vatímetro.

P_R = Potencia reactiva [VAR]. Este valor se lo puede medir a través de un varímetro.

Hay que tener en cuenta que, al aumentar la velocidad del impulsor, aumenta el rendimiento en bombas centrífugas, la abrasión y el desgaste aumentará al aumentar la velocidad. El peligro de daño por cavitación aumenta al incrementar la velocidad. (OLEAS, y otros, 2004)

2.5.4 Secadores. Para hallar el modelo matemático para el cálculo de la eficiencia de un secador, se usan las siguientes fórmulas:

$$\eta_s = \frac{r}{q} \quad (19)$$

Donde:

η = Rendimiento térmico del secador

r = Calor específico de vaporización del agua, a temperatura de bulbo húmedo promedio durante el proceso (t_{bh}). Este dato se puede conseguir en tablas. [J/kg].

q = Consumo específico de calor real o teórico en el secador. [J/kg]

$$q = \frac{h_1 - h_0}{x_2 - x_0} \quad (20)$$

Donde:

h_0 = Entalpía en la entrada del calorímetro. [J/kg]

h_1 = Entalpía en la salida del calorímetro. [J/kg]

x_2 = Humedad inicial. [kg/kg_{aire seco}]

x_0 = Humedad final. [kg/kg_{aireseco}] (Carrillo, et al.) (OLEAS, y otros, 2004)

CAPÍTULO III

3. ESTUDIO TÉCNICO ENERGÉTICO DE LA EMPRESA ANDELAS CIA LTDA.

3.1 Características de la planta.

La empresa ANDELAS CIA LTDA, es una organización dedicada al engrandecimiento del sector textil del Ecuador, nació en 1993 con la idea de brindar al mercado local hilado y tejido de calidad fabricados de Algodón, poliéster y mezclas.

Figura 2. Entrada ANDELAS CIA LTDA.



Fuente: Autores

Se encuentra ubicado en el corazón comercial del Ecuador, en la provincia de Tungurahua ciudad Ambato, sector que brinda las características óptimas para el crecimiento y esparcimiento de la empresa. Su acabado y excelentes cualidades han logrado su reconocimiento en el exterior y posicionamiento entre los productos textiles con calidad de exportación, además de tener una posición consolidada en el mercado textil del Ecuador.

ANDELAS ha crecido en los últimos años exponencialmente, consta de instalaciones equipadas con tecnología de punta en procesos de tejeduría, tintorería y terminado, para brindar sus servicios de la mejor manera posible.

3.2 Infraestructura física.

La planta de producción se encuentra ubicada en el Parque industrial de Ambato, y consta de un área de 6080 m², en el cual están construidos 4 galpones de 445m², y en ellos están distribuidas las diferentes secciones donde se llevan a cabo los procesos de producción, además de áreas de servicios, bodegas, oficinas, etc.

Según los procesos de producción se ha dividido en área de tejeduría, área de tintorería y área de acabados.

3.2.1 *Área de tejeduría.* Tiene un área total de trabajo de 296 m² Consta de 5 máquinas circulares de tejido de punto, cada máquina ocupa un espacio físico de 27 metros cuadrados, con un número variable de “porta-conos” de 6 a 8. El resto de espacio está destinado al acceso y movimiento de 2 trabajadores fijos además del paso para visitantes.

Figura 3. Área de tejeduría



Fuente: Autores

3.2.2 *Área de tintorería.* Tiene un área de 295 m². Consta de dos máquinas de tintura, Overflow DMS y Overflow LAIP. Además del acceso para la carga y descarga de telas antes y después del proceso de tintura, tiene espacio suficiente para un trabajador fijo y paso libre para caminantes.

Figura 4. Área de tintorería



Fuente: Autores

3.2.3 *Área de acabados.* Tiene un área de 432 m². Consta de varias máquinas, cada una da un acabado determinado a la tela, estas máquinas son: hidroextractor, que ocupa un espacio físico de 27 m², secadora, que ocupa un espacio físico de 95 m², ambas a cargo de un solo operario; viradora, que ocupa un espacio de 18 m², con un operario, perchadora, que ocupa un espacio de 52 m², a cargo de un operario, la calandra, que ocupa 22 m², con un operario.

Figura 5. Área de Acabados



Fuente: Autores

3.2.4 *Área de servicios.* Posee un área de 150 m², consta de un caldero que ocupa un área de 27 m², tres compresores que ocupan 20 m², planta de tratamiento de agua con un área de 32 m², tanque de almacenamiento de diésel que ocupa 40 m², tanque de almacenamiento de GLP y ocupa 36 m². Todo esto se encuentra bajo la supervisión de una sola persona, responsable del control y manipulación de los distintos equipos para el suministro de los variados servicios requeridos para la producción de la empresa.

Figura 6. Área de servicios



Fuente: Autores

3.2.5 *Bodega de materia prima.* Tiene un área total de 202 m². En ella se almacenan los diferentes hilos. Se encuentra a cargo de una sola persona, responsable de recibir, almacenar adecuadamente y distribuir la materia prima para el proceso de tejido.

Figura 7. Bodega de materia prima



Fuente: Autores

3.2.6 *Bodega de químicos.* Tiene un área de 47 m². Allí se almacenan los diferentes químicos y tintes para los procesos de teñido. Se encuentra a cargo de una sola persona.

Figura 8. Bodega de químicos



Fuente: Autores

3.2.7 *Bodega de producto final.* Tiene un área de 253 m². En este sector se almacenan los tejidos terminados, previos a su comercialización. Se encuentra a cargo de una sola persona.

Figura 9. Bodega de producto final



Fuente: Autores

3.2.8 Oficinas. Consta de un área de 28 m². Con un aproximado de doce personas. En este sector es donde se llevan a cabo los procesos administrativos, financieros, de proyectos, y ventas.

3.2.9 Servicios higiénicos. Con un área de 18 m² cuenta con adecuaciones para personas con capacidades especiales.

3.2.10 Estacionamiento. Tiene la capacidad de albergar de 6 a 8 vehículos medianos y pequeños, también cuenta con espacio necesario para parquear cerca de la bodega de producto terminado dos camiones de distribución.

Tabla 5. División de secciones de la empresa ANDELAS CIA. LTDA.

| N° | Sección | Área [m ²] |
|-------|---|------------------------|
| 1 | Tejeduría | 296 |
| 2 | Tintorería | 265 |
| 3 | Acabados | 432 |
| 4 | Servicios | 150 |
| 5 | Bodega de materia prima | 202 |
| 6 | Bodega de químicos | 47 |
| 7 | Bodega de producto terminado | 253 |
| 8 | Oficinas | 28 |
| 9 | Servicios higiénicos | 18 |
| 10 | Flujo de personal y transporte exterior | 670 |
| 11 | Vigilancia | 30 |
| 12 | Transformación eléctrica | 58 |
| 13 | Área no utilizada | 3 631 |
| Total | | 6 080 |

Fuente: Autores

3.3 Equipos y características.

3.3.1 Sección tejeduría

Tabla 6. Variables físicas de la sección de tejeduría

| Variables Físicas de la Sección | Valor |
|---------------------------------|---------|
| Temperatura Ambiente | 28°C |
| Humedad | 37 % |
| Iluminación | 206 Lux |

Fuente: Autores

Equipo: Tejedora circular

Figura 10. Máquina circular



Fuente: Autores

Tabla 7. Características de la máquina circular No. 10

| Máquina circular No. 10 | | |
|--------------------------------|----------------------------|------------------|
| Marca | MAYER & CIE | |
| Tipo | Circular Knitting Machine | |
| Modelo | Relanit 3,2 II | |
| No. de serie | 57 584 | |
| Año | 2 004 | |
| País de origen | Alemania | |
| Diámetro | 914 mm | |
| No. de alimentadores | 114 | |
| No. de agujas | 2 712 | |
| No. de platinas | 2 712 | |
| Galga | 24 | |
| Dimensiones | 3 500 x 7 600 x 3 450 (mm) | |
| Información eléctrica | | |
| Potencia: 1 092 W | Voltaje: 210 V | Corriente: 5,2 A |

Fuente: ANDELAS CIA. LTDA.

Tabla 8. Características de la máquina circular No. 9

| Máquina circular No. 9 | |
|-------------------------------|---------------------------|
| Marca | MAYER & CIE |
| Tipo | Circular Knitting Machine |
| Modelo | OV 3,2 |
| No. de serie | 49 123 |
| Año | 2 000 |
| País de origen | Alemania |
| Diámetro | 864 mm |

Tabla 8. (Continuación)

| | | |
|------------------------------|----------------------------|------------------|
| No. de alimentadores | 108 | |
| No. de agujas | 2 x 2 136 | |
| Galga | 20E | |
| Dimensiones | 4 400 x 5 500 x 3 450 (mm) | |
| Información eléctrica | | |
| Potencia: 882 W | Voltaje: 210 V | Corriente: 4,2 A |

Fuente: ANDELAS CIA. LTDA.

Tabla 9. Características de la máquina circular NO. 8

| | | |
|-------------------------------|----------------------------|------------------|
| Máquina circular No. 8 | | |
| Marca | MAYER & CIE | |
| Tipo | Circular Knitting Machine | |
| Modelo | Relanit 3,2 | |
| No. de serie | 46 830 | |
| Año | 1 998 | |
| País de origen | Alemania | |
| Diámetro | 864 mm | |
| No. de alimentadores | 108 | |
| No. de agujas y platinas | 2 544 | |
| Galga | 24 | |
| Dimensiones | 3 500 x 7 600 x 3 450 (mm) | |
| Información eléctrica | | |
| Potencia: 1 302 W | Voltaje: 210 V | Corriente: 6,2 A |

Fuente: ANDELAS CIA. LTDA.

Tabla 10. Características de la máquina circular No. 7

| | | |
|-------------------------------|----------------------------|------------------|
| Máquina circular No. 7 | | |
| Marca | MAYER & CIE | |
| Tipo | Circular Knitting Machine | |
| Modelo | Relanit 4 II | |
| No. de serie | 45 774 | |
| Año | 1 997 | |
| País de origen | Alemania | |
| Diámetro | 864 mm | |
| No. de alimentadores | 108 | |
| No. de agujas | 2 544 | |
| No. de platinas | 2 544 | |
| Galga | 24 | |
| Dimensiones | 3 500 x 7 600 x 3 450 (mm) | |
| Información eléctrica | | |
| Potencia: 1 113 W | Voltaje: 210 V | Corriente: 5,3 A |

Fuente: ANDELAS CIA. LTDA.

Tabla 11. Características de la máquina circular No. 6

| Máquina circular No. 6 | | |
|-------------------------------|----------------------------|------------------|
| Marca | MAYER & CIE | |
| Tipo | Circular Knitting Machine | |
| Modelo | Inter Rib 4-1,6 | |
| No. de serie | 47 005 | |
| Año | 1 998 | |
| País de origen | Alemania | |
| Diámetro | 864 mm | |
| No. de alimentadores | 54 | |
| No. de agujas | 2 x 1 920 | |
| Galga | 18 | |
| Dimensiones | 3 300 x 5 400 x 3 450 (mm) | |
| Información eléctrica | | |
| Potencia: 882 W | Voltaje: 210 V | Corriente: 4.2 A |

Fuente: ANDELAS CIA. LTDA.

Tabla 12. Características de la máquina circular No. 4

| Máquina circular No. 4 | | |
|-------------------------------|----------------------------|------------------|
| Marca | JUMBERCA | |
| Tipo | Circular Knitting Machine | |
| Modelo | 4TJ 5 | |
| No. de serie | 1 518 | |
| Año | ----- | |
| País de origen | España | |
| Diámetro | 762 mm | |
| No. de alimentadores | 48 | |
| No. de agujas | 2 x 2 112 | |
| Galga | 22 | |
| Dimensiones | 3 900 x 1 570 x 2 000 (mm) | |
| Información eléctrica | | |
| Potencia: 1 638 W | Voltaje: 210 V | Corriente: 7,8 A |

Fuente: ANDELAS CIA. LTDA.

3.3.2 Sección tintura

Tabla 13. Variables físicas de la sección de tintura

| VARIABLES FÍSICAS DE LA SECCIÓN | VALOR |
|--|--------------|
| Temperatura Ambiente | 29°C |
| Humedad | 45 % |
| Iluminación | 17,03 Lux |

Fuente: Autores

Equipo: Máquina de tintura

Figura 11. Máquina de tintura DMS



Fuente: Autores

Tabla 14. Características de la máquina de tintura DMS

| Máquina de tintura DMS | | | | | |
|-------------------------------|---------------------------------|------------|-------|--------------|-------|
| Marca | DILMENLER | | | | |
| Tipo | Jumbo Jetflow | | | | |
| Modelo | DMS 11 HT JUMBO JETFLOW | | | | |
| No. de serie | 11 H 0450 2000 018 | | | | |
| Año | 2 000 | | | | |
| País de origen | Turquía | | | | |
| Material a procesar | Tejido Tubular | | | | |
| Capacidad máxima | 450 Kg | | | | |
| Área de trans. de calor | 5,67 m ² | | | | |
| Presión de vapor | 6 bar | | | | |
| Cap. máxima de vapor | 1 025 Kg/h | | | | |
| Cap. de agua fría | 29 m ³ /h | | | | |
| Cap. de agua de proceso | 3 600 lt – 65 m ³ /h | | | | |
| Cap. de agua residual | 4 000 lt | | | | |
| Cap. tanque reservorio | 5 000 lt | | | | |
| Presión suministro de aire | Mínimo 4,5 – Máximo 6 (bar) | | | | |
| Dimensiones | 5 300 x 4 950 x 5 300 (mm) | | | | |
| Información eléctrica | | | | | |
| Potencia 1: | 2 064 W | Voltaje 1: | 430 V | Corriente 1: | 4,8 A |
| Potencia 2: | 856 W | Voltaje 2: | 214 V | Corriente 2: | 4 A |
| Potencia total: | 2 920 W | | | | |

Fuente: ANDELAS CIA. LTDA.

Figura 12. Máquina de tintura L.A.I.P



Fuente: Autores

Tabla 15. Características de la máquina de tintura L.A.I.P

| Máquina de tintura L.A.I.P | | |
|-----------------------------------|-----------------------------|-----------------|
| Marca | L.A.I.P | |
| Tipo | 2 CORDE 600 | |
| Modelo | 800 HT | |
| No. de serie | CO741 | |
| Año | ----- | |
| País de origen | Italia | |
| Material a procesar | Tejido Tubular | |
| Capacidad máxima | 300 Kg | |
| Presión de vapor | 8 bar | |
| Presión suministro de aire | Mínimo 4,5 – Máximo 6 (bar) | |
| Dimensiones | 4 000 x 6 100 x 4 300 (mm) | |
| Información eléctrica | | |
| Potencia: 7 650 W | Voltaje: 510 V | Corriente: 15 A |

Fuente: ANDELAS CIA. LTDA.

3.3.3 Sección acabados

Sección de secado

Tabla 16. Variables físicas de la sección de secado

| Variables físicas de la sección | Valor |
|--|--------------|
| Temperatura Ambiente | 28°C |
| Humedad | 34 % |
| Iluminación | 79 Lux |

Fuente: Autores

Equipo: Hidroextractor

Figura 13. Hidroextractor



Fuente: Autores

Tabla 17. Características del hidroextractor

| Hidroextractor | | |
|-------------------------------|--|------------------|
| Marca | DILMENLER | |
| Tipo | Balloon Hydroextractor | |
| Modelo | DMS 06 BALLOON HYDROEXTRACTOR MACHINE | |
| No. de serie | DMS 06 BS4 1300 2000 – 02 | |
| Año | 2 000 | |
| País de origen | Turquía | |
| Potencia | 24 Kw | |
| Material a procesar | Tejido Tubular | |
| Diámetro mínimo del tejido | 500 mm | |
| Diámetro máximo del tejido | 1 250 mm | |
| Velocidad máxima producción | 40 m/min | |
| Presión de suministro de aire | 6 bar | |
| Dimensiones | 2 600 x 8 000 x 2 900 (mm) | |
| Información eléctrica | | |
| Potencia 1: | 2 510 W | Voltaje 1: 430 V |
| Potencia 2: | 1 065 W | Voltaje 2: 213 V |
| Potencia total: | 3 575 W | |
| Corriente 1: | 5 A | |
| Corriente 2: | 5 A | |

Fuente: ANDELAS CIA. LTDA.

Equipo: Secadora

Figura 14. Secadora



Fuente: Autores

Tabla 18. Características de la máquina secadora

| Secadora | |
|---------------------|--------------------------|
| Marca | ARIOLI SPA |
| Tipo | Asciugatoio |
| Modelo | ASCIUGATOIO AFR |
| No. de serie | 3 398 |
| Año | 2 003 |
| País de origen | Italia |
| Material a procesar | Tejido Abierto y Tubular |

Tabla 18. (Continuación)

| | | |
|------------------------------|---------------------------------|-----------------|
| Velocidad máxima | 25 m/min | |
| Velocidad mínima | 2,5 m/min | |
| Presión suministro de aire | 6 bar | |
| Consumo de aire | 10 N l/h | |
| Tipo de combustible | GLP (Gas Licuado de Petróleo) | |
| Presión de combustible | 150 mbar | |
| Consumo de combustible | 9 m ³ /h (14,7 Kg/h) | |
| Dimensiones | 6 500 x 9 630 x 3 350 (mm) | |
| Información eléctrica | | |
| Potencia: 15 050 W | Voltaje: 430 V | Corriente: 35 A |

Fuente: ANDELAS CIA. LTDA.

Sección de virado

Tabla 19. Variables físicas de la sección de virado

| Variables Físicas de la Sección | Valor |
|--|--------------|
| Temperatura Ambiente | 29°C |
| Humedad | 43 % |
| Iluminación | 270 Lux |

Fuente: Autores

Equipo: Viradora

Figura 15. Viradora



Fuente: Autores

Tabla 20. Características de la máquina viradora

| Viradora | |
|-----------------|--------------------------|
| Marca | DILMENLER |
| Cód. Empresa | Viradora |
| Tipo | Reversing Machine |
| Modelo | DMS 09 REVERSING MACHINE |
| No. de serie | DMS 09 TC 1200 2000 – 04 |
| Año | 2 000 |

Tabla 20. (Continuación)

| | | |
|------------------------------|----------------------------|-------------------|
| País de origen | Turquía | |
| Potencia | 2,6 Kw | |
| Material a procesar | Tejido Tubular | |
| Diámetro mín. del tejido | 450 mm | |
| Diámetro máx. del tejido | 1 350 mm | |
| Velocidad máx. producción | 50 m/min | |
| Presión suministro de aire | 6 bar | |
| Dimensiones | 2 000 x 7 120 x 2 700 (mm) | |
| Información eléctrica | | |
| Potencia: 376,25 W | Voltaje: 215 V | Corriente: 1,75 A |

Fuente: ANDELAS CIA. LTDA.

Sección de perchado

Tabla 21. Variables físicas de la sección de perchado

| Variables Físicas de la Sección | Valor |
|---------------------------------|---------|
| Temperatura Ambiente | 29°C |
| Humedad | 44 % |
| Iluminación | 510 Lux |

Fuente: Autores

Equipo: Perchadora

Figura 16. Perchadora



Fuente: Autores

Tabla 22. Características de la perchadora

| Perchadora | |
|-------------------|-----------------|
| Marca | LAMPERTI s.r.l. |
| Tipo | Perchadora |
| Modelo | GHM/A |
| No. de serie | 96/15 |
| Año | 2 000 |
| País de origen | Italia |

Tabla 22. (Continuación)

| | | |
|---------------------------------|-------------------------------|-------------------|
| Material a procesar | Tejido Tubular y Abierto | |
| No. de cilindros carmenadores | 24+24 | |
| Diám. de cilindros carmenadores | 75 mm (Desnudos) | |
| Velocidad de producción | Mínima 10 – Máxima 40 (m/min) | |
| Presión suministro de aire | Mínima 6 bar | |
| Potencia de aspiración | 7 500 W | |
| Diám. salida aspiración | 250 mm | |
| Capacidad carga de aspiración | 112 m ³ /min | |
| Altura de presión | 200 mm de Columna de Agua | |
| Dimensiones | 1 800 X 5 540 X 2 850 (mm) | |
| Información eléctrica | | |
| Potencia: 10 830 W | Voltaje: 380 V | Corriente: 28,5 A |

Fuente: ANDELAS CIA. LTDA.

Sección de calandrado

Tabla 23. Variables físicas de la sección de calandrado

| Variables Físicas de la Sección | Valor |
|--|--------------|
| Temperatura Ambiente | 28°C |
| Humedad | 44 % |
| Iluminación | 200 Lux |

Fuente: Autores

Equipo: Calandra

Figura 17. Calandra



Fuente: Autores

Tabla 24. Características de la calandra

| Calandra | |
|-----------------|---------------|
| Marca | FERRARO SPA |
| Tipo | Calender |
| Modelo | CUD – 3C 1800 |
| No. de serie | 4 234 |
| Año | 2 000 |

Tabla 24. (continuación)

| | | |
|------------------------------|----------------------------|-----------------|
| País de origen | Italia | |
| Material a procesar | Tejido Tubular | |
| Ancho de material a procesar | 400 – 1 400 (mm) | |
| Potencia nominal máxima | 7,6 Kw | |
| Presión máxima de vapor | 8 bar | |
| Consumo de vapor | 74 Kg/h | |
| Dimensiones | 3 350 X 3 500 X 2 500 (mm) | |
| Información eléctrica | | |
| Potencia: 20 140 W | Voltaje: 380 V | Corriente: 53 A |

Fuente: ANDELAS CIA. LTDA.

3.3.4 Sección servicios

Equipo: Generador de vapor (Caldero)

Figura 18. Caldero



Fuente: Autores

Tabla 25. Características del caldero

| Caldero | |
|---|----------------------|
| Marca | KEWANEE |
| Cod. Empresa | Caldero |
| Tipo | Boiler |
| Modelo | H3S-200-PO |
| No. de serie | 894151 |
| Año | 2 000 |
| País de origen | U.S.A. |
| Material a procesar | DIESEL / GLP |
| Potencia nominal máxima | 200 BHP |
| Area de transferencia de calor (zona de combustión) | 92,9 m ² |
| Presión máxima de vapor | 10,34 bar |
| Capacidad nominal de vapor | 0,605 m ³ |

Tabla 25. (Continuación)

| | | |
|--|----------------------------|----------------|
| Capacidad nominal de agua | 3,755 m ³ | |
| Temperatura típica de alimentación de agua | 107 °C | |
| Flujo másico de vapor en condiciones típicas | 3 038 Kg/h | |
| Dimensiones | 1 700 x 5 450 x 2 100 (mm) | |
| Información eléctrica | | |
| Potencia: 2 968 W | Voltaje: 424 V | Corriente: 7 A |

Fuente: ANDELAS CIA. LTDA.

Equipo: Compresor de aire

Figura 19. Compresores de aire



Fuente: Autores

Tabla 26. Características compresor de aire

| Compresor de aire | |
|---------------------------------------|--------------------------------------|
| Marca | ATLAS COPCO |
| Cod. Empresa | Compresor Atlas |
| Tipo | Oil-Injected Rotary Screw Compressor |
| Modelo | GA 22VSD FF |
| No. de serie | API434249 |
| Año | 2 013 |
| País de origen | Bélgica |
| Potencia | 22 Kw |
| Presión mínima de trabajo | 4 bar |
| Presión máxima | 12,75 bar |
| Altitud máxima de trabajo | 1 000 m.s.n.m. |
| Temperatura máxima de entrada de aire | 46 °C |
| Tipo de refrigerante | R134a |
| Cantidad total de refrigerante | 0,53 Kg |
| Nivel sonoro | 68 db(A) |
| Dimensiones | 1 255 x 862 x 1 475 (mm) |
| Información eléctrica | |
| Potencia: 9 030 W | Voltaje: 210 V |
| | Corriente: 43 A |

Fuente: ANDELAS CIA. LTDA.

3.4 Análisis del uso de energía de la empresa: fuerza, iluminación, calor, otros.

La empresa ANDELAS, al igual que las demás industrias, utiliza varias fuentes de energía para la obtención de sus productos. Es así que se emplea energía eléctrica para accionar los motores de la maquinaria y generar energía mecánica; de igual manera se emplea energía eléctrica para accionar los comandos de control de los diferentes equipos y maquinaria.

Como se puede observar en las características de los equipos, se nota que la potencia eléctrica ocupada por toda la maquinaria en plena producción llega a ser de 79,5 KW, lo que representa un consumo considerable, también cabe mencionar que no toda la maquinaria funciona todo el tiempo lo que reduce el consumo eléctrico.

Por otra parte, la energía mecánica también se aprovecha para, mediante el accionamiento de bombas, obtener energía hidráulica, necesaria para las distintas etapas del proceso de tintura, y también es empleada para suministrar agua al caldero.

En este sector industrial se requiere trabajar a temperaturas elevadas. Dichas temperaturas son alcanzadas por el uso de energía calórica, obtenida del vapor y quemadores.

Los quemadores, que transforman el poder calórico de los combustibles en energía calórica mediante la combustión de los mismos, actúan en el proceso de secado del tejido y en la producción de vapor en el caldero. El vapor pasa a través de intercambiadores de calor que elevan la temperatura de la mezcla de químicos, colorantes y auxiliares al interior de la máquina de tintura para el proceso de teñido del tejido.

También se emplea energía neumática por medio de la acción de la compresión de aire en el interior de pistones e interacción de tornillos. Esta energía es utilizada en el exprimido una vez tinturado el tejido, para el ajuste de correas o bandas, para accionar válvulas en la máquina de tintura, y para limpieza general y continua en componentes expuestos a la acumulación de residuos de tejido y pelusas.

Con base al marco teórico presentado anteriormente se encontrarán los valores de rendimiento de los equipos para su posterior análisis de comportamiento.

3.4.1 Generador de vapor. Para una posterior comprobación de eficiencias, se optó por utilizar los dos métodos expuestos con anterioridad.

3.4.1.1 Cálculo de la eficiencia del generador de vapor mediante el método indirecto. Para el cálculo indirecto se ha realizado una estimación aproximada de los porcentajes de calor perdido según un criterio obtenido en base a la experiencia diaria de los operadores y técnicos del equipo.

Los valores de los porcentajes de las pérdidas, se presentan a continuación:

$$q_2 = 8\%$$

$$q_3 = 0,4\%$$

$$q_4 = 2,5\%$$

$$q_5 = 0,5\%$$

q_6 No se aplica en este caso, ya que se cuenta con un suministro de combustible líquido.

Luego se remplazan estos valores en la ecuación (1):

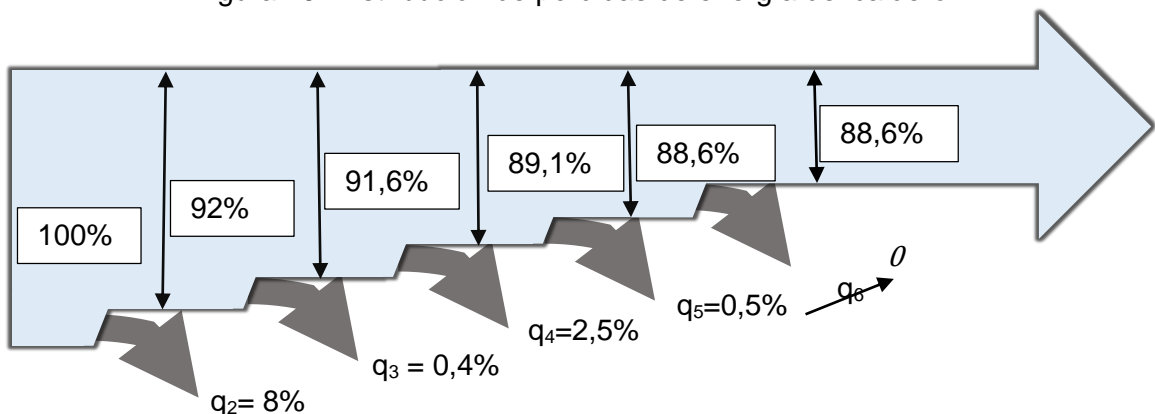
$$\eta_{gv} = 100 - (q_2 + q_3 + q_4 + q_5 + q_6)$$

$$\eta_{gv} = 100 - (8 + 0,4 + 2,5 + 0,5)$$

$$\eta_{gv} = 100 - (11,4)$$

$$\eta_{gv} = 88,6\%$$

Figura 20. Distribución de pérdidas de energía del caldero



Fuente: Autores

Este valor se considera como aceptable, ya que, a pesar de ser éste un método estimativo, se encuentra dentro de los valores normales de trabajo (entre 60% y 94%)

3.4.1.2 Cálculo de la eficiencia del generador de vapor mediante el método directo.
 Para el cálculo de la eficiencia del generador mediante el método directo se aplica la ecuación (2)

$$\eta_{gv} = \frac{\dot{m}_v(h_1 - h_0)}{B Q_{inf}}$$

Se obtiene primero los datos de las entalpías del agua de alimentación en la entrada y del vapor a la salida, para lo cual se ingresa a las tablas de vapor con los valores de presión y temperatura del agua y de vapor, obtenidos mediante mediciones en el caldero con los instrumentos apropiados para este fin. Se pueden observar la obtención de los datos para estos cálculos en la sección proporcionada de las tablas de vapor ubicadas dentro del Anexo K.

Entalpía del agua de alimentación:

$$T_0 = 70 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$P_0 = 10 \text{ bar}$$

$$h_0 = 293\,773,8 \text{ J/kg}$$

Entalpía del vapor de agua en la salida del caldero:

$$T_1 = 200 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$P_1 = 9,013 \text{ bar}$$

$$h_1 = 2\,839\,666,4 \text{ J/kg}$$

En el Anexo K se pueden observar las propiedades del diésel de uso industrial, entre las que se puede observar que el valor del poder calorífico inferior es:

$$Q_{inf} = 10\,800 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}} (\text{aprox.}) = 45\,217\,440 \text{ J/kg}$$

El flujo de combustible se puede medir con un flujómetro, pero en las instalaciones no se cuenta con el equipo, de tal modo que se utilizó la relación del volumen del contenedor de combustible y el tiempo que se demora en variar el mismo.

El flujo de combustible Q se obtuvo experimentalmente, tomando como variable el tiempo, mientras que el volumen del tanque de alimentación se consideró como constante para obtener distintas mediciones de flujo volumétrico del combustible.

Diámetro del tanque de combustible:

$$\phi_t = 0,59 \text{ m}$$

Variación de nivel del combustible:

$$\Delta h = 0,049 \text{ m}$$

El valor del tiempo que transcurre para que el caldero consuma un volumen de combustible Δv , para generar vapor, se obtuvo con un cronómetro. Se realizaron varias medidas para luego obtener un promedio.

Tabla 27. Tiempo de consumo de combustible del caldero

| No. lectura | Tiempo [s] |
|-------------|------------|
| t1 | 368,76 |
| t2 | 360,52 |
| t3 | 314,00 |
| t4 | 454,69 |
| t5 | 314,87 |

Fuente: Autores

De estos valores se obtuvo el tiempo promedio $t = 362,968$ s, con el que se calculó el flujo de combustible.

$$Q_c = \frac{\pi \phi_t^2 \Delta h}{4 t} \quad (21)$$

De donde:

Q_c = Flujo de combustible

ϕ_t = Diámetro del tanque de combustible

Δh = Variación de nivel de combustible

t = Tiempo transcurrido en variar Δh

$$Q_c = \frac{\pi (0,59 \text{ m})^2 \times 0,049 \text{ m}}{4 \times 362,968 \text{ s}}$$

$$Q_c = 0,000 \ 037 \ \text{m}^3/\text{s}$$

Se reemplaza este valor en la ecuación (3) junto con el valor de la densidad del diésel de uso industrial ρ_c obtenido del Anexo 2

$$B = Q_c \rho_c$$

$$B = 0,000 \ 028 \ \frac{\text{m}^3}{\text{s}} * 870 \ \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

Finalmente, el consumo de combustible es:

$$B = 0,032 \ 11 \ \frac{\text{kg}}{\text{s}}$$

Debido a la inexistencia de un flujómetro para las mediciones, se tomó el dato de flujo másico de vapor de agua, de las tres máquinas que consumen vapor

$$\dot{m}_v = 3 \ 348,5 \ \text{lb/h}$$

$$\dot{m}_v = 0,422 \ 02 \ \text{kg/s}$$

Reemplazando en (2) se obtiene:

$$\eta_{gv} = \frac{0,422 \ 02(2 \ 839 \ 666,4 - 293 \ 773,8)}{0,032 \ 11 * 45 \ 217 \ 440}$$

$$\eta_{gv} = 0,739 \ 9$$

$$\eta_{gv} = 74\%$$

Debido a la veracidad de los datos obtenidos mediante equipos apropiados, se considera este método más exacto que el anterior. Siendo el rango adecuado de eficiencia para el funcionamiento del caldero entre 60% y 94%, se está trabajando entre el rango aceptable.

Tabla 28. Datos de trabajo del caldero

| | |
|---|---------------------------|
| Presión de agua | 9 bar abs. |
| Temperatura agua | 70 ° C |
| Presión vapor | 7,813 bar abs. |
| Temperatura vapor | 170 ° C |
| Entalpía del agua de alimentación | 293 773,8 J/kg |
| Entalpía del vapor | 2 839 666,4 J/kg |
| Poder calorífico inferior del combustible | 45 217 440 J/kg |
| Consumo de combustible | 0,051 26 kg/s |
| Producción de vapor de caldero a presión máxima | 0,758 6 kg/s |
| Densidad de vapor | 943,436 kg/m ³ |
| Presión de alimentación de combustible | 18,75 bar |
| Consumo volumétrico de combustible | 87,84 gal/h |

Fuente: Autores

Tabla 29. Datos de placa de la bomba de suministro de agua para el caldero

| | |
|-------------------------------------|-----------------------|
| Caudal | 6,9 m ³ /h |
| Presión máxima | 25 bar |
| Potencia | 4 kW |
| Velocidad del motor | 3 520 RPM |
| Eficiencia de la bomba (η_p) | 63% |

Fuente: GRUNDFOS

3.4.2 *Compresores de aire en ANDELAS CIA. LDTA.* Actualmente se encuentran instalados dos compresores, los cuales uno trabaja continuamente y otro funciona como respaldo en caso de parada por mantenimiento u otras eventualidades con el compresor principal.

Para encontrar los valores de eficiencia del compresor es necesario obtener previamente el valor de la potencia del motor, también contar con los parámetros de funcionamiento, obtenidos de la placa del compresor y presentados en la Tabla 30.

Tabla 30. Datos del compresor en condiciones normales de trabajo

| | |
|---|-------------------------------|
| Flujo volumétrico de aire | 0,079 033 3 m ³ /s |
| Presión inicial absoluta | 101 324,996 6 kPa |
| Presión final absoluta | 750 000 Pa |
| Tensión de la fase voltios | 210 V |
| Intensidad de la corriente de la fase | 43 A |
| Calor específico del aire a presión constante | 1 004,67 J/K*kg |
| Calor específico del aire a volumen constante | 717,63 J/K*kg |

Fuente: Autores

Tabla 31. Datos de placa del motor del compresor

| Hz | V | kW | A | cos ϕ | /min | Nm |
|-----|------|----|----|------------|-------|----|
| 130 | 370Y | 22 | 50 | 0,74 | 3 870 | 54 |
| 150 | 370Y | 22 | 48 | 0,79 | 4 470 | 47 |
| 202 | 370Y | 22 | 46 | 0,84 | 6 010 | 35 |

Fuente: SIEMENS

El motor se encuentra conectado aun variador de velocidad mediante el ajuste de la frecuencia de alimentación al motor; que permite reducir o aumentar la velocidad de una manera directamente proporcional, y como consecuencia el torque varía de una manera inversamente proporcional.

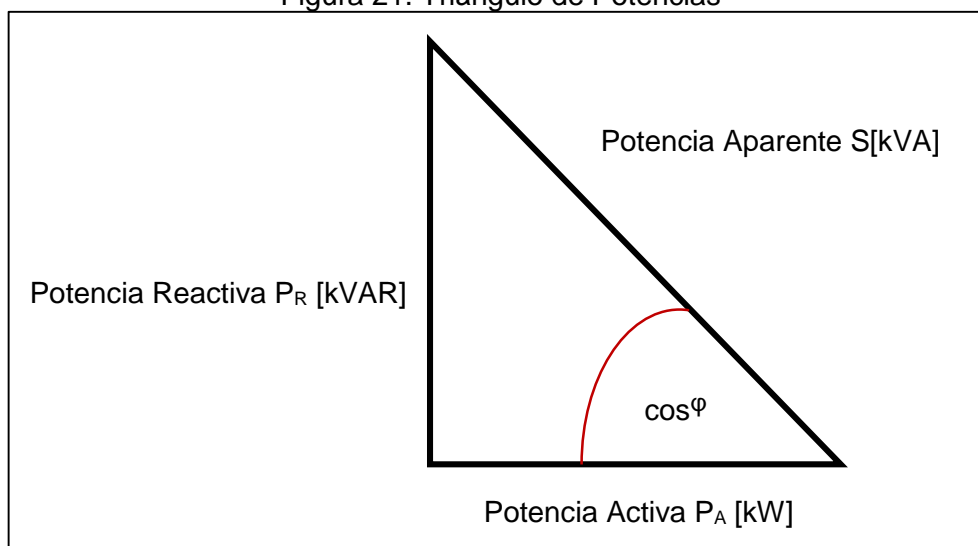
Suministrando de esta manera un flujo de aire variable según la necesidad requerida por la fábrica.

3.4.2.1 *Cálculo de la potencia activa P_A .* Se obtiene mediante de la Tabla 31; el variador de velocidad está ajustado a una frecuencia de 150 Hz.

$$P_A = 22 \text{ kW}$$

Para proseguir en el cálculo se hará uso del triángulo de potencias:

Figura 21. Triángulo de Potencias



Fuente: Autores

$$\text{Si } \cos \phi = 0,79; \text{ entonces: } \phi = 37,81$$

$$\begin{aligned}
 P_R &= P_A * \tan \varphi & (22) \\
 P_R &= 22 * \tan (37,81) \\
 P_R &= 17,07 \text{ kVAR}
 \end{aligned}$$

El factor de potencia se obtiene mediante (7)

$$\begin{aligned}
 f_p &= \frac{P_A}{\sqrt{P_A^2 + P_R^2}} \\
 f_p &= \frac{22}{\sqrt{22^2 + 17,07^2}} \\
 f_p &= 0,79
 \end{aligned}$$

3.4.2.2 Cálculo de la eficiencia isotérmica. Se aplica la ecuación (5), ya que se cuenta con un compresor de motor trifásico.

$$\eta_{\text{isotérmica}} = \frac{p_0 \dot{v}_0 \ln \left(\frac{p_1}{p_0} \right)}{\sqrt{3} V I f_p}$$

Para compresores con motores trifásicos se aplica la ecuación (5) con los datos de la Tabla 30.

$$\eta_{\text{isotérmica}} = \frac{p_0 \dot{v}_0 \ln \left(\frac{p_1}{p_0} \right)}{\sqrt{3} V I f_p}$$

$$\eta_{\text{isotérmica}} = \frac{101\,324,996\,6 * 0,031\,613\,2 * \ln \left(\frac{851\,324,996\,6}{101\,324,996\,6} \right)}{\sqrt{3} * 210 * 43 * 0,79}$$

$$\eta_{\text{isotérmica}} = 0,551\,8$$

$$\eta_{\text{isotérmica}} = 55,18 \%$$

3.4.2.3 Cálculo de la eficiencia adiabática. Para encontrar la eficiencia adiabática se emplea la ecuación (8) y remplazamos con los valores de la Tabla 30.

$$\eta_{\text{adiabática}} = \frac{p_0 \dot{v}_0 \left(\frac{k}{k-1} \right) \left[\left(\frac{p_1}{p_0} \right)^{\frac{k-1}{k}} - 1 \right]}{\sqrt{3} V I f_p}$$

Para encontrar el valor de k se utiliza la ecuación (10) con los valores de la Tabla 30.

$$k = \frac{C_p}{C_v}$$

$$k = \frac{1\,004,67}{717,63} = 1,4$$

Ahora se procede a reemplazar el valor de k obtenido anteriormente en la ecuación (8), de donde se obtiene la eficiencia adiabática:

$$\eta_{adiabática} = \frac{101\,324,996\,6 * 0,031\,613\,2 \left(\frac{1,4}{1,4-1} \right) \left[\left(\frac{851\,324,996\,6}{101\,324,996\,6} \right)^{\frac{1,4-1}{1,4}} - 1 \right]}{\sqrt{3} * 210 * 43 * 0,79}$$

$$\eta_{adiabática} = 0,759\,5$$

$$\eta_{adiabática} = 75,95\%$$

3.4.3 Bombas en ANDELAS CIA.LTDA. Existen en funcionamiento cinco bombas centrífugas, las mismas que abastecen a diferentes máquinas, principalmente a aquellas que trabajan en el área de tintorería, y una bomba que abastece al caldero. El análisis de bombas se detalla a continuación. Eficiencia entre 50 y 75%

3.4.3.1 Cálculo de la eficiencia de la bomba de agua fría. Mediante los parámetros de funcionamiento tomados de la bomba y expresados en la Tabla 32 se encontrará la eficiencia.

Esta bomba es centrífuga de la casa Baldor y suministra agua a la sección de tintorería.

Tabla 32. Datos de bomba de agua fría

| | |
|---------------------------|------------|
| Potencia | 15 Hp |
| Voltaje | 425 V |
| Corriente | 15,5 A |
| Factor de potencia | 0,92 |
| Rendimiento a plena carga | 84% |
| Velocidad Angular | 3 450 RPM |
| Presión de descarga | 3 bar |
| Caudal máximo | 350 lt/min |
| Nivel Dinámico | 6 m |

Fuente: Autores

Tabla 33. Componentes de la red de distribución de agua para la sección de tintorería e hidroextractor

| Elemento | Cant. | Diámetro nominal[in] | Longitud [m] | Diámetro exterior [m] | Diámetro interior [m] |
|----------------------|-------|----------------------|--------------|-----------------------|-----------------------|
| Tubería | - | 3 | 14 | 88,90 | 85,7 |
| Tubería | - | 2 | 14 | 60,30 | 57,4 |
| Tubería | - | 1 | 8 | 33,70 | 31,1 |
| Válvula de compuerta | 1 | 3 | - | | |
| Tee | 2 | 3 | - | | |
| Codo | 1 | 3 | - | | |
| Reducción | 2 | De 3 a 2 | - | | |
| Tee | 2 | 2 | - | | |
| Codo | 7 | 2 | - | | |
| Válvula esfera | 3 | 2 | - | | |
| Codo | 1 | 1 | - | | |
| Válvula esfera | 1 | 1 | - | | |

Fuente: Autores

Para encontrar el valor de la potencia activa en kW, se parte del dato de placa de potencia mecánica en HP y luego como indica la ecuación (23)

$$P_A = \frac{Hp * 0,746}{\eta} \quad (23)$$

$$P_A = \frac{15HP * 0,746}{0,84}$$

$$P_A = 13,32 \text{ kW}$$

Luego, basándose el cálculo en el triángulo de potencias, se aplica la ecuación (22) para obtener la potencia reactiva, y luego con (18) el factor de potencia:

Siendo $\cos \varphi = 0,92$, entonces:

$$\varphi = 23,073 \text{ }^\circ$$

$$P_R = P_A * \tan \varphi$$

$$P_R = 13 \text{ 320W} * \tan 23,073 \text{ }^\circ$$

$$P_R = 5 \text{ 674,296 VAR}$$

Luego;

$$f_p = \frac{P_A}{\sqrt{P_A^2 + P_R^2}}$$
$$f_p = \frac{13,32}{\sqrt{13,32^2 + 5,674^2}}$$
$$f_p = 0,92$$

Con el valor del diámetro interior de la tubería a la salida de la bomba, el cual es de 3 pulgadas, además de dos cambios de sección a tuberías de 2 pulgadas y de 1 pulgada tenemos:

$$D_{int_1} = 0,0311 \text{ m}$$

$$D_{int_2} = 0,0574 \text{ m}$$

$$D_{int_3} = 0,0857 \text{ m}$$

Con estos valores de diámetros se procede a calcular las áreas con la ecuación (24)

Para tubería con diámetro de 1 pulgada:

$$A_1 = \frac{\pi * D_{int_1}^2}{4} \quad (24)$$

$$A_1 = 0,0007596 \text{ m}^2$$

Para tubería con diámetro de 2 pulgadas:

$$A_2 = \frac{\pi * D_{int_2}^2}{4}$$

$$A_2 = 0,002587 \text{ m}^2$$

Para tubería con diámetro de 3 pulgadas:

$$A_3 = \frac{\pi * D_{int_3}^2}{4}$$

$$A_3 = 0,006\ 023\ m^2$$

El cálculo de la velocidad del fluido, se lleva a cabo con datos de la Tabla 32, y aplicamos la ecuación (17):

Para tubería con diámetro de 1 pulgada:

$$v_1 = \frac{Q}{A_1}$$
$$v_1 = \frac{0,005\ 833\ 333\ 3\ m^3/s}{0,000\ 759\ 6\ m^2}$$

$$v_1 = 7,679\ 48\ m/s$$

Para tubería con diámetro de 2 pulgadas:

$$v_2 = \frac{Q}{A_2}$$
$$v_2 = \frac{0,005\ 833\ 333\ 3\ m^3/s}{0,002\ 587\ m^2}$$

$$v_2 = 2,254\ 86\ m/s$$

Para tubería con diámetro de 3 pulgadas:

$$v_3 = \frac{Q}{A_3}$$
$$v_3 = \frac{0,005\ 833\ 333\ 3\ m^3/s}{0,006\ 023\ m^2}$$

$$v_3 = 0,968\ 51\ m/s$$

Con el valor obtenido de velocidad del fluido, y la ecuación (16), se calcula seguidamente el valor de la carga de velocidad:

Para tubería con diámetro de 1 pulgada:

$$h_{v1} = \frac{v_1^2}{2g}$$

$$h_{v1} = \frac{(7,679\ 48\ \text{m/s})^2}{2 * (9,8\ \text{m/s}^2)}$$

$$h_{v1} = 3,008\ 89\ \text{m}$$

Para tubería con diámetro de 2 pulgadas:

$$h_{v2} = \frac{v_2^2}{2g}$$

$$h_{v2} = \frac{(2,254\ 86\ \text{m/s})^2}{2 * (9,8\ \text{m/s}^2)}$$

$$h_{v2} = 0,115\ 04\ \text{m}$$

Para tubería con diámetro de 3 pulgadas:

$$h_{v3} = \frac{v_3^2}{2g}$$

$$h_{v3} = \frac{(0,968\ 51\ \text{m/s})^2}{2 * (9,8\ \text{m/s}^2)}$$

$$h_{v3} = 0,049\ 41\ \text{m}$$

De donde:

$$\Sigma h_v = h_{v1} + h_{v2} + h_{v3}$$

$$\Sigma h_v = 3,008\ 89\ \text{m} + 0,115\ 04\ \text{m} + 0,049\ 41\ \text{m}$$

$$\Sigma h_v = 3,173\ 34\ \text{m}$$

Se procede luego a calcular pérdidas secundarias por fricción:

Válvula de compuerta de 3 pulgadas

$$\xi = 0,15$$

$$h_{rs1} = \xi \frac{v^2}{2g}$$

$$h_{rs1} = 0,15 \frac{(0,968\ 51\ \text{m/s})^2}{2(9,8\ \text{m/s}^2)}$$

$$h_{rs1} = 0,007\ 178\ m$$

Válvulas de esfera de 2 pulgadas

$$\xi = 0,05$$

$$h_{rs2} = \xi \frac{v_2^2}{2g}$$

$$h_{rs2} = 0,05 \frac{(2,254\ 86\ m/s)^2}{2(9,8\ m/s^2)}$$

$$h_{rs2} = 0,012\ 97\ m$$

En el sistema de distribución de agua de la bomba para esta sección se encuentran conectadas tres válvulas de esfera de dos pulgadas de diámetro, por lo que se triplica esta pérdida.

$$h_{rs2} = 0,038\ 911\ m$$

Válvula de esfera de 1 pulgada

$$\xi = 0,05$$

$$h_{rs3} = \xi \frac{v_1^2}{2g}$$

$$h_{rs3} = 0,05 \frac{(7,679\ 48\ m/s)^2}{2(9,8\ m/s^2)}$$

$$h_{rs3} = 0,150\ 445\ m$$

Codo de 1 pulgada

$$\xi = 0,4$$

$$h_{rs4} = \xi \frac{v_1^2}{2g}$$

$$h_{rs4} = 0,4 \frac{(7,679\ 48\ m/s)^2}{2(9,8\ m/s^2)}$$

$$h_{rs4} = 1,203\ 56\ m$$

Codo de 2 pulgadas

$$\xi = 1,5$$

$$h_{rs5} = \xi \frac{v_2^2}{2g}$$

$$h_{rs5} = 0,342 \frac{(2,254\ 86\ \text{m/s})^2}{2(9,8\ \text{m/s}^2)}$$

$$h_{rs5} = 0,088\ 72\ \text{m}$$

En la de la red de distribución de agua se encuentran instalados siete codos de dos pulgadas, por lo tanto:

$$h_{rs5} = 0,621\ 04\ \text{m}$$

Codo de 3 pulgadas

$$\xi = 0,337$$

$$h_{rs6} = \xi \frac{v_3^2}{2g}$$

$$h_{rs6} = 0,337 \frac{(0,968\ 51\ \text{m/s})^2}{2(9,8\ \text{m/s}^2)}$$

$$h_{rs6} = 0,016\ 128\ \text{m}$$

Tee de 2 pulgadas

$$\xi = 1,5$$

$$h_{rs7} = \xi \frac{v_2^2}{2g}$$

$$h_{rs7} = 1,5 \frac{(2,254\ 86\ \text{m/s})^2}{2(9,8\ \text{m/s}^2)}$$

$$h_{rs7} = 0,389\ 11\ \text{m}$$

Ya que en el sistema existen dos tee de dos pulgadas, se tiene:

$$h_{rs7} = 0,778\ 22\ \text{m}$$

Tee de 3 pulgadas

$$\xi = 1,5$$

$$h_{rs8} = \xi \frac{v_3^2}{2g}$$

$$h_{rs8} = 1,5 \frac{(0,968 51 \text{ m/s})^2}{2(9,8 \text{ m/s}^2)}$$

$$h_{rs8} = 0,071 78 \text{ m}$$

Ya que en el sistema existen dos tee de tres pulgadas, se tiene:

$$h_{rs8} = 0,143 56 \text{ m}$$

Reducción suave de tres a dos pulgadas, ángulo de 50°

$$\frac{D}{d} = 1,5$$

$$\xi = 0,2$$

$$h_{rs2-3} = \xi \frac{(v_3 - v_2)^2}{2g}$$

$$h_{rs2-3} = 0,2 \frac{(0,968 51 \text{ m/s} - 2,254 86 \text{ m/s})^2}{2(9,8 \text{ m/s}^2)}$$

$$h_{rs2-3} = 0,016 884 \text{ m}$$

La sumatoria total de pérdidas secundarias por accesorios es:

$$\begin{aligned} \Sigma h_{rs} &= h_{rs1} + h_{rs2} + h_{rs3} + h_{rs4} + h_{rs5} + h_{rs6} + h_{rs7} + h_{rs8} + h_{rs2-3} \\ \Sigma h_{rs} &= 0,007 178 \text{ m} + 0,038 911 \text{ m} + 0,150 445 \text{ m} + 1,203 56 \text{ m} + 0,088 72 \text{ m} \\ &\quad + 0,016 128 \text{ m} + 0,778 22 \text{ m} + 0,143 56 \text{ m} + 0,016 884 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\Sigma h_{rs} = 2,444 2 \text{ m}$$

Luego de haber encontrado el valor de las pérdidas secundarias por fricción, se obtiene el valor del número de Reynolds en cada sección de tubería, para determinar si el fluido se encuentra dentro de un régimen laminar o turbulento.

$$Re = \frac{\rho v D_{int}}{\mu}$$

Para tubería de acero galvanizado de una pulgada:

$$Re = 238\,355,12$$

Para tubería de acero galvanizado de dos pulgadas:

$$Re = 129\,170,62$$

Para tubería de acero galvanizado de tres pulgadas:

$$Re = 82\,835,64$$

En todos los casos se está tratando con un fluido en régimen turbulento, ya que $Re > 4000$.

En vista de que las tuberías de la esta red son galvanizadas y rugosas, se puede aplicar una la ecuación de Colebrook o la de Karman – Prandtl de la Tabla 4, para lo cual se determina primero en que zona se encuentra el fluido, o a su vez se utiliza el apoyo del diagrama de Moody del Anexo J. De igual manera se obtiene el valor de la rugosidad absoluta del hierro galvanizado del Anexo M.

$$k = 0,15$$

Para tubería de 1 pulgada:

$$\frac{k}{D} = \frac{0,15}{31,1}$$

$$\frac{k}{D} = 0,004\,823$$

$$\lambda_1 = 0,035$$

Para tubería de 2 pulgadas:

$$\frac{k}{D} = \frac{0,15}{57,4}$$

$$\frac{k}{D} = 0,002\,613$$

$$\lambda_2 = 0,026\,5$$

Para tubería de 3 pulgadas:

$$\frac{k}{D} = \frac{0,15}{85,7}$$

$$\frac{k}{D} = 0,00175$$

$$\lambda_3 = 0,0225$$

Luego, las pérdidas primarias por fricción en los tres tramos de tubería, se las obtiene mediante la aplicación de la ecuación (14):

Para tubería de 1 pulgada:

$$h_{rp1} = \lambda_1 \frac{L_1 v_1^2}{D_1 2g}$$

$$h_{rp1} = 0,035 * \frac{8 \text{ m}}{0,0311 \text{ m}} * \frac{((7,67948 \text{ m/s})^2)}{2 * 9,8 \text{ m/s}^2}$$

$$h_{rp1} = 27,089 \text{ m}$$

Para tubería de 2 pulgadas:

$$h_{rp2} = 0,0265 * \frac{14 \text{ m}}{0,0574} * \frac{(2,25486 \text{ m/s})^2}{2 * 9,8 \text{ m/s}^2}$$

$$h_{rp2} = 1,6766 \text{ m}$$

Para tubería de 3 pulgadas:

$$h_{rp3} = 0,0225 * \frac{14 \text{ m}}{0,0857 \text{ m}} * \frac{(0,96851 \text{ m/s})^2}{2 * 9,8 \text{ m/s}^2}$$

$$h_{rp3} = 0,1759 \text{ m}$$

$$\Sigma h_{rp} = h_{rp1} + h_{rp2} + h_{rp3}$$

$$\Sigma h_{rp} = 27,089 \text{ m} + 1,6766 \text{ m} + 0,1759 \text{ m}$$

$$\Sigma h_{rp} = 28,941 \text{ m}$$

Luego, las pérdidas por fricción en la columna se determinan por la ecuación (13):

$$h_{fc} = h_{rp} + h_{rs}$$

$$h_{fc} = 28,941 \text{ m} + 2,444 \text{ m}$$

$$h_{fc} = 31,385$$

Tomando en cuenta que el nivel dinámico es de 6 m, la presión de descarga es de 3 bar (30 mca), junto con las ya obtenidas: carga por velocidad, las pérdidas primarias y secundarias; se puede aplicar la ecuación (12), que permite determinar la carga total de bombeo:

$$H = P_d + Z_d + h_{fc} + h_v$$

$$H = 73,558 \text{ m}$$

Finalmente se obtiene el rendimiento de la bomba haciendo uso de la ecuación (11)

$$\eta_b = \frac{0,005\,833\,333 \text{ m}^3/\text{s} * 1\,000 \text{ kg}/\text{m}^3 * 9,8 \text{ m}/\text{s}^2 * 73,558 \text{ m}}{\sqrt{3} * 425 \text{ V} * 15,5 \text{ A} * 0,92}$$

$$\eta_b = 0,401$$

La bomba se encuentra trabajando a un 40% de su rendimiento.

3.4.3.2 Cálculo de la eficiencia de la bomba de agua caliente. Esta bomba suministra agua caliente a la sección de tintorería, es de la casa Baldor; en la Tabla 34 se presentan los parámetros de trabajo de la misma

Tabla 34. Datos de bomba de agua caliente

| | |
|---------------------------|---------------|
| Potencia | 7,5 Hp |
| Voltaje | 425 V |
| Corriente | 9 A |
| Factor de potencia | 0,93 |
| Rendimiento a plena carga | 84% |
| Velocidad Angular | 3 450 RPM |
| Presión de descarga | 2,75 bar |
| Caudal de trabajo | 333,33 lt/min |

Fuente: Autores

Tabla 35. Componentes de la red de distribución de agua caliente

| Elemento | Cant | D _{Nom.} [in] | Long. [m] | D _{Ext} [mm] | D _{Int} [mm] | ξ |
|----------------------|------|---------------------------|--------------|--------------------------|--------------------------|-------|
| Tubería | - | 2 | 14 | 60,30 | 57,4 | 0,057 |
| Tubería | - | 1 1/2 | 15 | 48,4 | 45,5 | 0,045 |
| Válvula de compuerta | 1 | 2 | - | - | - | 0,152 |
| Tee | 2 | 2 | - | - | - | 1,140 |
| Codo | 1 | 2 | - | - | - | 0,570 |
| Reducción | 2 | De 2 a 1 1/2 | - | - | - | 0,071 |
| Tee | 2 | 1 1/2 | - | - | - | 1,260 |
| Codo | 4 | 1 1/2 | - | - | - | 0,630 |
| Válvula de esfera | 2 | 1 1/2 | - | - | - | 0,063 |

Fuente: Autores

Basándose en la secuencia de cálculos realizados para la primera bomba de esta sección, se presentan a continuación los valores de los parámetros encontrados a partir de las ecuaciones correspondientes.

Tabla 36. Parámetros calculados de la bomba de agua caliente

| | |
|--|--------------------------|
| Potencia activa | 6,660 714 286 kW |
| Factor de potencia | 0,93 |
| Área tubería 2" | 0,002 587 m ² |
| Área tubería 1 1/2" | 0,001 625 m ² |
| Velocidad tubería 2" | 2,164 m/s ² |
| Velocidad tubería 1 1/2" | 3,444 m/s ² |
| Carga de velocidad tubería 2" | 0,238 m |
| Carga de velocidad tubería 1 1/2" | 0,605 m |
| Carga de velocidad total | 0,844 m |
| Pérdidas secundarias válvula de compuerta 2" | 0,036 m |
| Pérdidas secundarias en Tee de 2" | 0,272 m |
| Pérdidas secundarias Codo 2" | 0,136 m |
| Pérdidas secundarias Reducción 2 a 1 1/2" | 0,005 m |
| Pérdidas secundarias Tee 1 1/2" | 0,762 m |
| Pérdidas secundarias Codo 1 1/2" | 0,381 m |
| Pérdidas secundarias Válvula esfera 1 1/2" | 0,038 m |
| Pérdidas secundarias totales | 1,633 m |
| Número de Reynolds tubería 2" | 123 970,553 |
| Número de Reynolds tubería 1 1/2" | 156 393,620 |
| k del acero galvanizado | 0,15 |
| Rugosidad relativa para tubería 2" | 0,002 613 |

Tabla 36. (Continuación)

| | |
|--|-----------|
| Coeficiente de pérdida de carga tubería 2" | 0,026 5 |
| Rugosidad relativa para tubería 1 ½" | 0,003 296 |
| Coeficiente de pérdida de carga tubería 1 ½" | 0,027 5 |
| Pérdidas primarias por fricción 2" | 1,544 m |
| Pérdidas primarias por fricción 1 1/2" | 5,486 m |
| Pérdidas primarias por fricción Total | 7,031 m |
| Pérdidas por fricción en la columna | 8,663 m |
| Carga total de bombeo | 53,307 m |
| rendimiento de la bomba | 47,5 % |

Fuente: Autores

3.4.3.3 Cálculo de la eficiencia de la bomba del ablandador #1. Esta bomba suministra agua al tanque de ablandamiento; es de tipo centrífuga y proviene de la casa Ventamax CIA. LTDA. A continuación, se presentan sus parámetros de funcionamiento.

Tabla 37. Datos de la bomba del ablandador #1

| | |
|------------------------|------------------------|
| Tipo | W4075 |
| Potencia | 2 Hp |
| Entrada/salida | 2x2 |
| Profundidad de succión | 7 m |
| H _{max} | 22 m |
| Caudal máximo | 350 lt/min |
| Voltaje | 208 V |
| Corriente eléctrica | 4,55 A |
| Velocidad angular | 3 454 RPM |
| Presión salida | 1,1 kg/cm ² |

Fuente: Autores

Tabla 38. Componentes de la red de distribución de agua del ablandador #1

| Elemento | Cant. | D _{Nom.} [in] | Longitud. [m] | D _{Ext.} [mm] | D _{Int.} [mm] | ξ |
|----------------------|-------|---------------------------|------------------|---------------------------|---------------------------|---------|
| Tubería | - | 2 | 0,5 | 60,30 | 57,4 | 0,057 4 |
| Válvula de compuerta | 1 | 2 | - | - | - | 0,152 |
| Tee | 2 | 2 | - | - | - | 1,14 |
| Codo | 1 | 2 | - | - | - | 0,57 |

Fuente: Autores

Esta red está conformada por pocos elementos ya que la bomba está ubicada muy cerca del ablandador, esto se puede apreciar en los Planos 1 y 2.

Tabla 39. Parámetros calculados de la bomba del ablandador #1

| | |
|---|----------------------|
| Potencia activa | 1,776 kW |
| factor de potencia | 0,85 |
| Área tubería 2" | 0,002 m ² |
| Velocidad sección 2" | 2,164 m |
| carga de velocidad tubería 2" | 0,238 m |
| Pérdidas secundarias válvula compuerta 2" | 0,036 m |
| Pérdidas secundarias tee 2" | 0,544 m |
| Pérdidas secundarias codo 2" | 0,272 m |
| Pérdidas secundarias totales | 0,853 m |
| Número de Reynolds tubería 2" | 123 970,553 2 |
| k del acero galvanizado | 0,15 |
| Rugosidad relativa tubería 2" | 0,003 |
| Coefficiente de pérdida de carga tubería 2" | 0,026 |
| Pérdidas primarias tubería 2" | 0,055 m |
| Pérdidas por fricción en la columna | 0,908 m |
| Carga total de bombeo | 13,347 m |
| rendimiento de la bomba | 0,526 |

Fuente: Autores

3.4.3.4 Cálculo de la eficiencia de la bomba del ablandador #2. Esta bomba suministra agua al tanque de ablandamiento; es de tipo centrífuga y proviene de la casa Ventamax CIA. LTDA. A continuación, se muestran sus parámetros de funcionamiento.

Tabla 40. Datos de bomba del ablandador #2

| | |
|------------------------|-----------------------|
| Tipo | W3507 |
| Potencia | 1,5 Hp |
| Entrada/salida | 2x2 |
| Profundidad de succión | 7m |
| H _{max} | 22 m |
| Caudal máximo | 310 lt/min |
| Voltaje | 208V |
| Corriente eléctrica | 4,05 A |
| Velocidad angular | 3454 RPM |
| Presión salida | 1,1kg/cm ² |

Fuente: Autores

Esta bomba también se encuentra ubicada muy cerca la descarga en el segundo ablandador, por lo que no son necesarios muchos accesorios y tubería para la red antes de llegar el agua al ablandador.

Tabla 41. Componentes de la red de distribución de agua del ablandador #2

| Elemento | Cant. | D _{Nom.} [in] | Long. [m] | D _{Ext.} [mm] | D _{Int.} [mm] | ξ |
|----------------------|-------|---------------------------|--------------|---------------------------|---------------------------|---------|
| Tubería | - | 2 | 0,5 | 60,30 | 57,4 | 0,057 4 |
| Válvula de compuerta | 1 | 2 | - | - | - | 0,152 |
| Tee | 2 | 2 | - | - | - | 1,14 |
| Codo | 1 | 2 | - | - | - | 0,57 |

Fuente: Autores

Tabla 42. Parámetros calculados de la bomba del ablandador #2

| | |
|---|----------------------|
| Potencia activa | 1,332 kW |
| factor de potencia | 0,85 |
| Área tubería 2" | 0,002 m ² |
| Velocidad sección 2" | 2,009 m/s |
| carga de velocidad tubería 2" | 0,206 m |
| Pérdidas secundarias válvula compuerta 2" | 0,031 m |
| Pérdidas secundarias tee 2" | 0,234 m |
| Pérdidas secundarias codo 2" | 0,117 m |
| Pérdidas secundarias totales | 0,383 m |
| Número de Reynolds tubería 2" | 115 115,513 |
| k del acero galvanizado | 0,15 |
| Rugosidad relativa tubería 2" | 0,002 |
| Coefficiente de pérdida de carga tubería 2" | 0,026 |
| Pérdidas primarias tubería 2" | 0,047 m |
| Pérdidas por fricción en la columna | 0,431 m |
| Carga total de bombeo | 12,837 m |
| rendimiento de la bomba | 0,527 |

Fuente: Autores

3.4.3.5 Cálculo de la eficiencia de la bomba de alimentación al caldero. Esta bomba es de tipo centrífuga multipasos y es proveniente de la casa Grundfos. Sus parámetros de funcionamiento se pueden apreciar en la Tabla 44

Tabla 43. Datos de placa del motor de la bomba centrífuga multipasos Grundfos

| | |
|-------------------|-----------|
| Frecuencia | 60 Hz |
| Potencia activa | 4 kW |
| Voltaje | 425 V |
| Cosφ | 0,84 |
| Velocidad angular | 3 550 RPM |

Fuente: Autores

Tabla 44. Datos de placa de la bomba multipasos Grundfos

| | |
|--------------------|-----------------------|
| Tipo | CR5-13 A-FGJ-A-E-HQQE |
| Modelo | A98493505P113250085 |
| Frecuencia | 60 Hz |
| Velocidad angular | 3 520 RPM |
| Caudal | 6,9 m ³ /h |
| Potencia activa | 4 kW |
| H _{max} | 128,2 m |
| H | 97,5 m |
| Presion máxima | 25 bar |
| Temperatura máxima | 120 °C |
| Rendimiento | 63,4% |

Fuente: Autores

Tabla 45. Componentes de la red de alimentación de agua para el caldero

| Elemento | Cant. | D _{Nom.} [in] | Longitud [m] | D _{Ext.} [mm] | D _{Int.} [mm] | ξ |
|----------|-------|---------------------------|-----------------|---------------------------|---------------------------|---------|
| Tubería | - | 2 | 0,5 | 60,30 | 57,4 | 0,057 4 |

Fuente: Autores

Tabla 46. Parámetros calculados de la bomba de alimentación del caldero

| | |
|--|----------------------|
| Potencia activa | 4 kW |
| Factor de potencia | 0,87 |
| Área tubería 2" | 0,002 m ² |
| Velocidad sección 2" | 0,734 m/s |
| carga de velocidad tubería 2" | 0,027 m |
| Número de Reynolds tubería 2" | 42 061,437 |
| k del acero galvanizado | 0,15 |
| Rugosidad relativa tubería 2" | 0,002 |
| Coeficiente de pérdida de carga tubería 2" | 0,026 |
| Pérdidas primarias tubería 2" | 0,006 m |
| Pérdidas por fricción en la columna | 0,431 m |
| Carga total de bombeo | 12,234 m |
| rendimiento de la bomba | 0,523 |

Fuente: Autores

3.4.4 Análisis del consumo energético

En el Anexo A, se aprecian los consumos de energía eléctrica, GLP, y diésel de uso industrial de la empresa, en relación a la producción de tela fabricada, entre los años 2009 y 2013.

La obtención de tela no es constante mes a mes, puesto que el consumo energético tampoco puede mantenerse constante; por lo que se ha realizado un promedio de los consumos de cada año y se ha ajustado la producción de tela a un valor de 20 000 kg/mes para poder apreciar la variación del consumo energético con el paso de los años.

Tabla 47. Promedio anual de consumo energético de ANDELAS CIA. LTDA.

| Año | 2 009 | 2 010 | 2 011 | 2 012 | 2 013 |
|-------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| GLP (Gas) [kg/mes] | 5 029 | 4 850 | 4 345 | 5 408 | 4 450 |
| Diésel [gal/mes] | 7 100 | 6 763 | 6 009 | 7 417 | 5 950 |
| Electricidad [kW/mes] | 37 143 | 35 013 | 30 645 | 37 375 | 29 683 |
| Producción [kg de tela] | 35 714 | 33 588 | 29 391 | 35 817 | 28 433 |

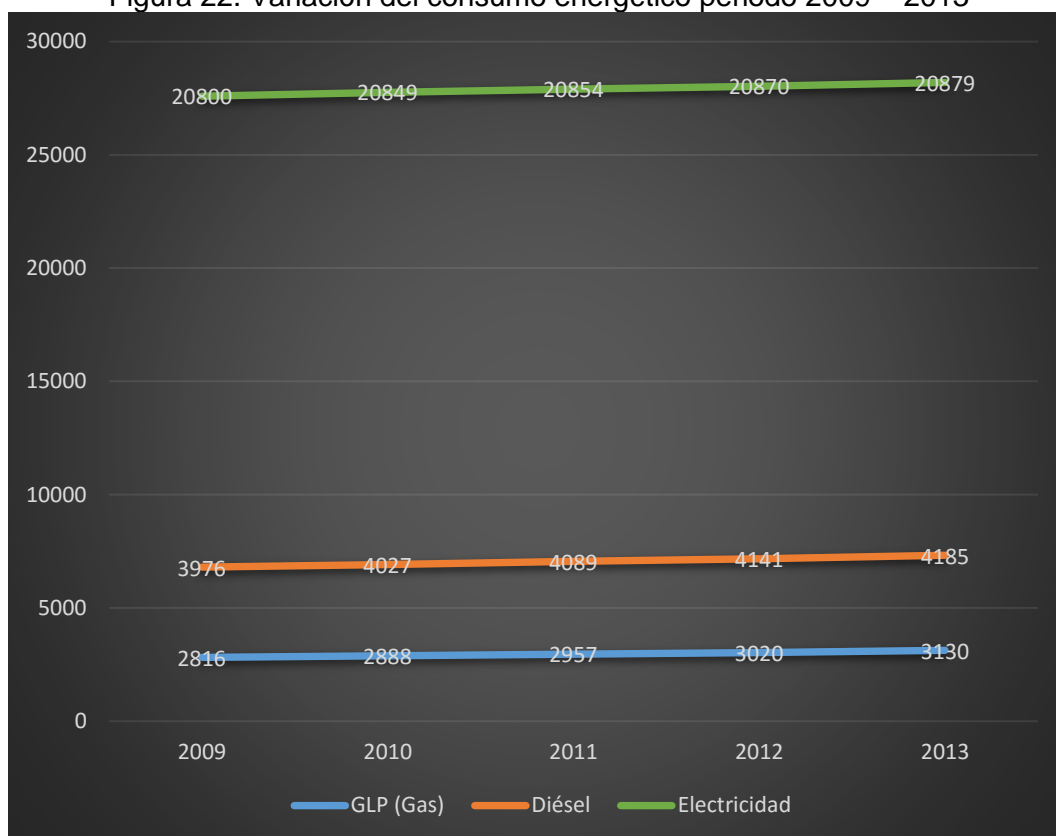
Fuente: ANDELAS CIA. LTDA.

Tabla 48. Consumo energético con una producción uniforme de 20 000 kg de tela

| Año | 2 009 | 2 010 | 2 011 | 2 012 | 2 013 |
|-----------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| GLP (Gas) [kg/mes] | 2 816 | 2 888 | 2 957 | 3 020 | 3 130 |
| Diésel [gal/mes] | 3 976 | 4 027 | 4 089 | 4 141 | 4 185 |
| Electricidad [kW/mes] | 20 800 | 20 849 | 20 854 | 20 870 | 20 879 |

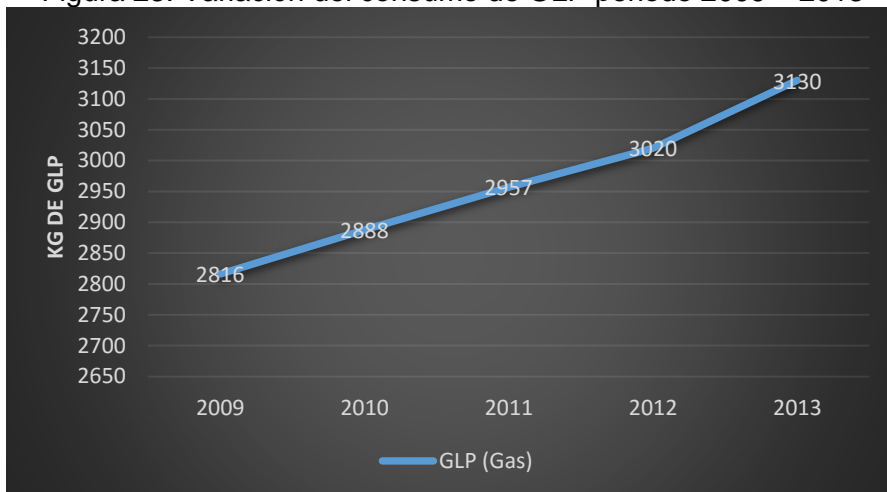
Fuente: ANDELAS CIA. LTDA.

Figura 22. Variación del consumo energético periodo 2009 – 2013



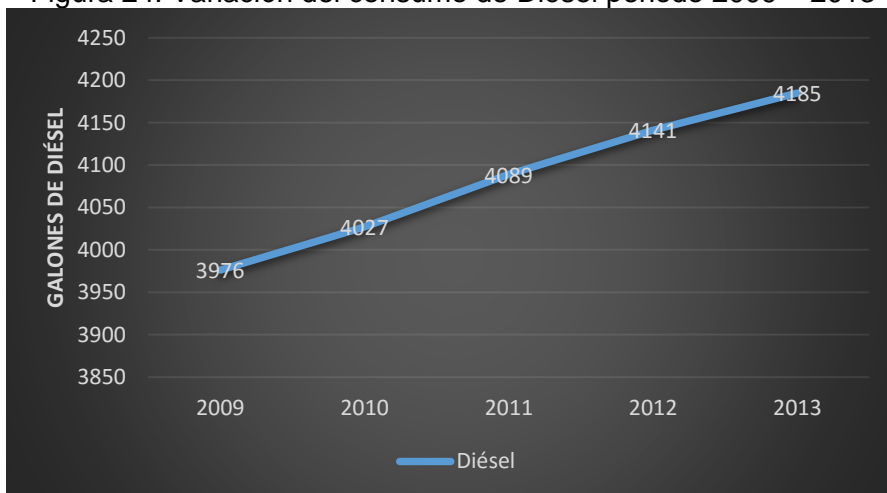
Fuente: ANDELAS CIA. LTDA.

Figura 23. Variación del consumo de GLP periodo 2009 – 2013



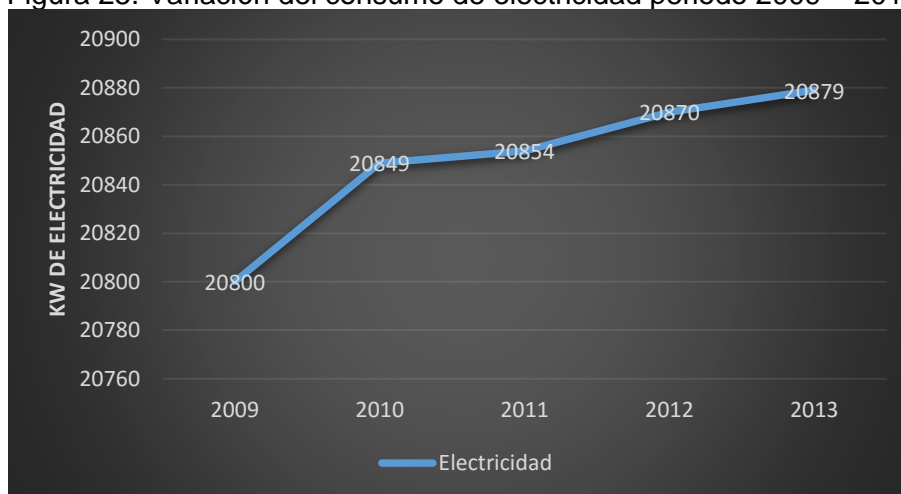
Fuente: ANDELAS CIA. LTDA.

Figura 24. Variación del consumo de Diésel periodo 2009 – 2013



Fuente: ANDELAS CIA. LTDA.

Figura 25. Variación del consumo de electricidad periodo 2009 – 2013



Fuente: ANDELAS CIA. LTDA.

3.4.5 *Diagnóstico del estado actual de equipos energéticos y redes de distribución.* En base a los resultados obtenidos en los cálculos previos se puede realizar las siguientes observaciones.

3.4.5.1 *Ubicación de equipos.* La fábrica cuenta con una infraestructura apropiada y espacios suficientes para los procesos textiles, sin embargo, no existe un orden adecuado en la línea de producción, debido a una inadecuada ubicación de maquinarias, lo que tiene como consecuencia la existencia de tiempos muertos en el proceso productivo. En el Plano 1 se puede apreciar la ubicación actual de los equipos.

3.4.5.2 *Estado de los equipos.* En base a los rendimientos de equipos energéticos obtenidos anteriormente, los cuales, a pesar de mantenerse dentro de los rangos aceptables, denotan valores cercanos a los límites inferiores de aceptación, y con el transcurso del tiempo van en decrecimiento.

3.4.5.3 *Tuberías de vapor.* La red de distribución de vapor tiene ya cumplido su tiempo aproximado de vida útil, lo que puede ser corroborado con una simple inspección visual. Dicho deterioro se ve reflejado en un tiempo excesivo en el proceso de tinturado, comparado con años anteriores.

A más del deterioro, existen altas pérdidas de calor hacia el ambiente, debido a la inexistencia de aislamiento en largos tramos de tubería de vapor. A más de esto la ubicación de los equipos ha tenido como consecuencia la instalación de tramos de tubería innecesarios; dicha red puede apreciarse de mejor manera en el Plano 2.

3.4.5.4 *Consumo energético.* Según las estadísticas obtenidas de la utilización de GLP, Diésel 2 y Electricidad; en las figuras: 22, 23, 24, y 25 se aprecia un incremento bastante notorio en el promedio mensual de consumo, lo que se ve relacionado directamente con el rendimiento de los equipos energéticos, puesto que, un deterioro en estos demandará un mayor consumo energético.

CAPÍTULO IV

4. EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL

La Evaluación Ambiental (EA) es un proceso orientado a incorporar el factor ambiental a la toma de decisiones estratégicas dentro de un proyecto o empresa para que herramientas como planes y programas, sean ambiental y socialmente aceptables. (AVELLANEDA, 2008)

Una evaluación ambiental permite observar y estimar los efectos negativos o positivos que cierta actividad puede producir sobre el ambiente en el que se encuentra; y a la vez permitir encontrar alternativas y acciones que mantengan y potencien los beneficios o al contrario puedan mitigar y controlar los efectos no deseados. (AVELLANEDA, 2008)

La evaluación ambiental tiene dos enfoques: el primero busca la adaptación del medio natural a las exigencias de un modelo de desarrollo o ejecución de un proyecto, mediante la determinación de impactos absolutos y la relación directa sociedad-naturaleza; mientras que el segundo busca identificar las tendencias de los cambios en el ambiente y redirigir el modelo de desarrollo hacia ese cambio. (AVELLANEDA, 2008)

4.1 Diagnóstico del medio ambiente afectado

Se ha llevado a cabo un análisis en ANDELAS CÍA. LTDA., en el que se determinó cuáles son los componentes que se ven afectados directamente con los procesos que se ejecutan, como consecuencia se tienen impactos positivos y negativos, dentro de ellos tenemos los siguientes: (GAVILANEZ RUIZ, y otros, 2013)

- Componente abiótico. Dentro del cual se pueden clasificar los distintos constituyentes del medio físico integrado por compuestos inorgánicos y orgánicos básicos, los cuales, junto con minerales forman parte de la tierra, el agua o el aire. Entre las actividades de la empresa que afectan al componente abiótico tenemos:
 - El consumo de agua
 - Temperaturas Elevadas
 - Emisiones de material particulado
 - Generación de ruido, generación de residuos sólidos

- Consumo de energía eléctrica y de combustibles fósiles.
- Componente biótico. Las características son la flora y la fauna nativa.
- Componente social. Generación de empleo y afectación a la salud de los empleados. (GAVILANEZ RUIZ, y otros, 2013)

4.2 Actividades que causan impacto ambiental

En esta parte se describirán las actividades que repercuten en los componentes ambientales: abiótico, biótico y social, mencionados con anterioridad.

4.2.1 Bodega. No existe un plan adecuado de manejo de residuos sólidos, por lo que, al empezar el ciclo de producción, las cajas de cartón y envolturas de plástico, en las que la materia prima es entregada a la empresa, se acumulan sin ninguna clasificación en bodega, y posteriormente entregados al camión recolector de basura.

4.2.2 Tejeduría. La acumulación de conos de cartón y plástico, en los que originalmente llega el hilo enrollado a la sección de tejeduría, han sido acumulados en bodega hasta la actualidad, y son los recicladores callejeros quienes hacen manejo de este producto residual para su sustento económico.

Una puerta es la única separación entre el área de servicios y el área de tejeduría, por lo que el ruido emitido por los compresores, además de las máquinas tejedoras, representan una magnitud superior a los límites de tolerancia. La OMS recomienda que el nivel más alto permisible de exposición al ruido en el lugar de trabajo sea de 85 dB durante un máximo de 8 horas al día. (OMS, Organización Mundial de la Salud, 2015)

4.2.3 Acabado Textil. En la industria existen varios métodos de tintura; en ANDELAS CIA. LTDA. se utiliza el proceso de tintura por agotamiento, en el que el colorante se encuentra disuelto en una solución compuesta principalmente por agua, la que se ve afectada en su composición por la intervención de colorantes, tensoactivos, polímeros solubles, dispersantes, agentes para lavado reductor, y otros compuestos químicos.

Esta mezcla penetra en la materia textil, y se fija como resultado de una transferencia del colorante del baño a la fibra, que se da por la actuación de las fuerzas de afinidad entre colorante y materia textil a teñir.

Este proceso de tintura se realiza en las máquinas overflow y jet, las que se clasifican dentro del grupo de máquinas con la materia textil y el baño de tintura, en movimiento. Estos sistemas y máquinas de tintura, se caracterizan por producirse una disminución de la cantidad de colorante del baño de tintura (agotamiento), y a un aumento de la concentración de éste en la materia a teñir. (SOLÉ CABANES, 2014)

Este proceso comprende varias etapas, en las que el agua es el recurso más perjudicado, debido a la acción de colorantes, agentes químicos industriales y auxiliares de tintura.

Los agentes auxiliares permiten obtener un producto de color homogéneo, sin quebraduras, con una buena humectación, fijación y permanencia del color.

Las altas temperaturas resultan perjudiciales para los operarios conjuntamente con la emisión de vapores tóxicos en la descarga del baño una vez acabado el teñido.

4.3 Análisis de impactos

En la industria de la elaboración y acabado de textiles se deben establecer los diferentes impactos ambientales que, como resultado de los diversos procesos, afectan el entorno.

4.3.1.1 Impacto Negativo. Acabado textil, Almacenamiento de material, generación de calor afectación a la salud de los empleados.

Elementos afectados:

- Agua (Elemento primordial en una textilería y esencial para el proceso de tintura).
- Suelo (Generación de residuos sólidos por el almacenamiento de materiales).
- Aire (Contaminación con macropartículas de la sección de tejido, y el ruido producido por las maquinas en el área de tinturado).

4.3.1.2 Impacto Positivo. Generación de empleo, se crean fuentes de trabajo, y se toma en consideración a las personas con habilidades especiales, a las que se les presta todos los beneficios. (GAVILANEZ RUIZ, y otros, 2013)

CAPÍTULO V

5. PROPUESTA DE MEJORAMIENTO ENERGÉTICO

En base al diagnóstico obtenido anteriormente, se presentan varios aspectos dentro del plan de mejoramiento como lo es una reubicación de equipos, reemplazo de componentes de la red y repotenciación de equipos.

5.1 Reubicación de Maquinaria y equipos

Para minimizar estos tiempos se recomienda una adecuada disposición de los equipos. Además, se cuenta con un proyecto de ampliación y adquisición de nueva maquinaria textil, lo que favorece la propuesta.

En el Plano 3 se presenta la propuesta de reubicación de equipos, donde claramente se puede observar el beneficio que se obtiene al aprovechar el espacio disponible que no era utilizado.

5.2 Repotenciación de equipos energéticos

Un lavado químico de la caldera consiste en la acción de los productos sobre la superficie de transferencia de calor (campo de agua), eliminando incrustaciones generadas por la dureza del agua.

La correcta calibración del quemador en función de la entrada de aire y combustible, además de una limpieza de sus componentes, favorecen una correcta combustión; todo esto sería llevado a cabo por el área de mantenimiento.

Una adecuada lubricación, verificación de tensiones de bandas, limpieza de filtros, verificación de rebobinado del motor eléctrico, incrementan considerablemente la eficiencia del compresor.

5.3 Reemplazo de componentes en la red

La propuesta de una nueva red de distribución parte del diagnóstico realizado en el capítulo 3, y viene acompañada de una lista de componentes y accesorios con su respectivo costo.

5.3.1 *Análisis de beneficio – costo.* Se llegó a la consideración de que es necesario un análisis beneficio – costo para determinar la factibilidad de la propuesta.

Los índices de eficiencia económica permiten al proyectista estar al tanto de cuál es el costo relativo de los recursos utilizados, lo que indica la eficiencia con la cual se utilizan. Dentro de estos índices se puede mencionar, por ejemplo, el retorno a la mano de obra, el retorno a la tierra, y el análisis beneficio/costo el cual muestra la cantidad de dinero que retorna por cada unidad monetaria en inversión. (HERRERA, y otros, 1994)

Resulta de la división del ingreso bruto para el costo total. En el caso de analizar la factibilidad de tecnologías nuevas a través de un presupuesto parcial, este índice se puede calcular tomando en cuenta solo los costos variables y no los costos totales (que incluyen los costos fijos) pues la mayor parte de las veces son los únicos costos que son afectados por la introducción de la tecnología. (HERRERA, y otros, 1994)

En el caso de que la razón sea igual a 1, el productor no gana ni pierde al realizar las mejoras. Razones mayores a 1 indican ganancia, es decir, se recupera más de lo que se invirtió, y menores a 1 indican pérdida. Por ejemplo, si se tiene una relación beneficio/costo de 0,5 se concluye que, por cada dólar invertido, el productor solo recupera \$ 0,5 por los cambios realizados con el proyecto, es decir, pierde \$0,50.

A pesar de ser un método confiable, la relación beneficio/coto por sí sola no es un criterio definitivo para establecer el arranque de un proyecto. Primeramente, debe compararse con otras opciones de estudio financiero, y además se hace necesario anexar a éste otros índices económicos y financieros. (HERRERA, y otros, 1994)

Para realizar el análisis beneficio – costo, se debe tener en cuenta la inversión inicial (materiales, transporte, accesorios, etc.), costos de mantenimiento, mano de obra, infraestructura, servicios externos, costos intangibles, etc.

También es necesario acotar que como resultado de la inversión inicial se obtienen varios beneficios, entre los cuales se pueden mencionar:

- Menor tiempo de producción.
- Mejorar la eficiencia de la maquinaria.
- Independizar líneas de entrada para cada máquina.
- Mejor control en la distribución de vapor a cada máquina.

5.3.1.1 Inversión inicial. En la Tabla 49 se detalla la inversión inicial en función de costos de materiales y accesorios

Tabla 49. Descripción costo de materiales y accesorios

| Cant. | Descripción | Valor (\$) |
|--------------|--|-------------------|
| 1 | Distribuidor principal Tubo de 10" x 1800 2 tomas de ingreso de 4" 1 válvula para vapor bridada de 4" x 150 psi 1 brida ciega de 4" (posible conexión otro caldero) 4 tomas bridadas de salida de 2" 3 válvulas bridadas para vapor de 2" 1 brida ciega de 2" 1 toma de salida bridada de 4" 1 válvula bridada para vapor 4" (distribuidor secundario ampliación a futuro) 1 válvula de seguridad de 2" x 150 psi 1 manómetro con glicerina de 0-160 psi 1 válvula de ¼" apollo Trampa de balde invertido con filtro incluido de ¾" 2 válvulas hn de ¾" 1 válvula check de bronce de ¾" Aislamiento térmico de 2" vestido con aluminio de 0.5 mm Base con ángulo de 2" x ¼" | 5 140,00 |
| 1 | Conexión del caldero hacia el distribuidor principal 1 válvula bridada para vapor de 4" Tubo de 4" hn cd 40 1 válvula check para vapor de 4" 6 m de cañuela de 4" vestida con aluminio de 0.5 mm 5 bridas deslizables de 4" | 3 215,00 |
| 1 | Conexión del distribuidor principal hacia la maquinaria de producción 24 m de tubería de 2" hn cd 40 24 m de cañuela de 4" vestida con aluminio de 0.5 mm Accesorios | 1 940,00 |
| 1 | Conexión de retorno de condensado de la maquinaria de producción hacia la cisterna de recolección 34 m de tubería de 2" Accesorios | 3 035,00 |
| | Total | 13 330,00 |

Fuente: Autores

Posterior a esto se realiza una comparación de costos antes y después de la implementación del proyecto propuesto.

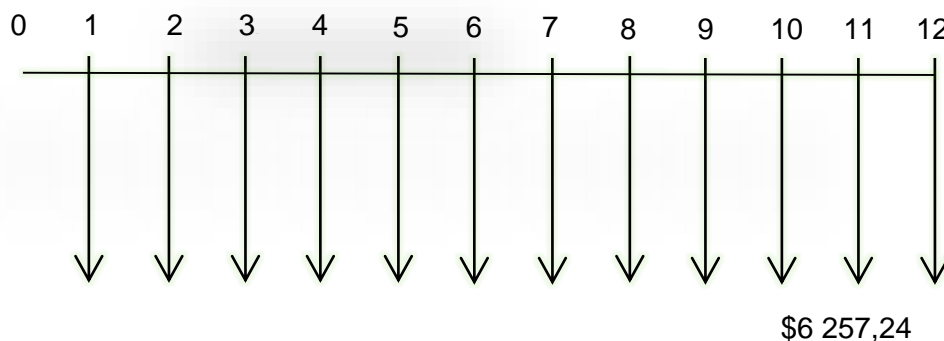
5.3.1.2 Detalle mensual de costos anteriores. Se tomó como referencia los gastos del año 2013, realizando un análisis de los insumos que consumió el caldero para poder producir vapor. En lo que a gastos posteriores se refiere, se llevó a cabo una estimación de lo que costaría producir la misma cantidad de vapor luego de que el proyecto se llevase a cabo. En las tablas 50 y 51, se pueden apreciar el detalle de lo expuesto anteriormente.

Tabla 50. Costos referenciales antes de la implementación (Año 2013)

| Meses | Combustible | Energía Eléctrica | Agua | Aditivos | Mantenimiento | Costo Mensual |
|-----------------|-------------|-------------------|--------|----------|---------------|---------------|
| Enero | 5 330,00 | 7,00 | 403,20 | 394,24 | 122,80 | 6 527,24 |
| Febrero | 5 330,00 | 7,00 | 403,20 | 394,24 | 122,80 | 6 527,24 |
| Marzo | 5 330,00 | 7,00 | 403,20 | 394,24 | 122,80 | 6 527,24 |
| Abril | 5 330,00 | 7,00 | 403,20 | 394,24 | 122,80 | 6 527,24 |
| Mayo | 5 330,00 | 7,00 | 403,20 | 394,24 | 122,80 | 6 527,24 |
| Junio | 5 330,00 | 7,00 | 403,20 | 394,24 | 122,80 | 6 527,24 |
| Julio | 5 330,00 | 7,00 | 403,20 | 394,24 | 122,80 | 6 527,24 |
| Agosto | 5 330,00 | 7,00 | 403,20 | 394,24 | 122,80 | 6 527,24 |
| Septiembre | 5 330,00 | 7,00 | 403,20 | 394,24 | 122,80 | 6 527,24 |
| Octubre | 5 330,00 | 7,00 | 403,20 | 394,24 | 122,80 | 6 527,24 |
| Noviembre | 5 330,00 | 7,00 | 403,20 | 394,24 | 122,80 | 6 527,24 |
| Diciembre | 5 330,00 | 7,00 | 403,20 | 394,24 | 122,80 | 6 527,24 |
| Promedio | | | | | | 6 527,24 |

Fuente: Autores

Figura 26. Diagrama de flujo uniforme de efectivo del caldero de ANDELAS 2013



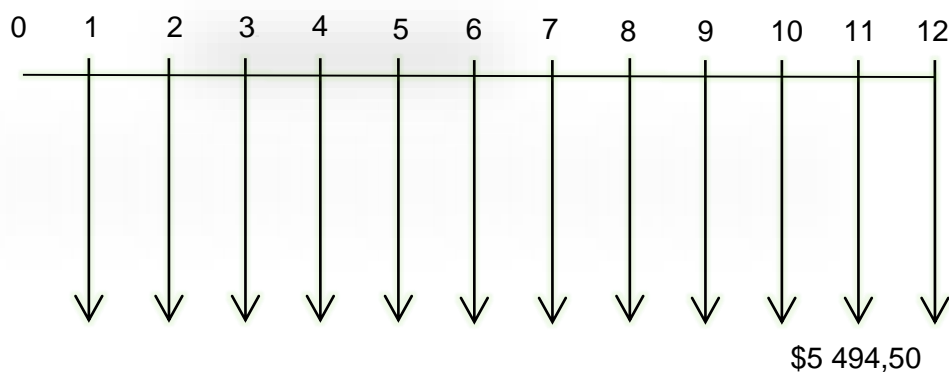
Fuente: Autores

Tabla 51. Costos referenciales antes de la implementación (Año 2014)

| Mes | Combustible | Energía Eléctrica | Agua | Aditivos | Mantenimiento | Costo Mensual |
|-----------------|-------------|-------------------|--------|----------|---------------|---------------|
| Enero | 4 921,71 | 6,50 | 384,00 | 375,47 | 122,80 | 5 810,50 |
| Febrero | 4 921,71 | 6,50 | 384,00 | 375,47 | 122,80 | 5 810,50 |
| Marzo | 4 921,71 | 6,50 | 384,00 | 375,47 | 122,80 | 5 810,50 |
| Abril | 4 921,71 | 6,50 | 384,00 | 375,47 | 122,80 | 5 810,50 |
| Mayo | 6 562,30 | 8,66 | 512,00 | 500,63 | 122,80 | 7 706,40 |
| Junio | 4 921,71 | 6,50 | 384,00 | 375,47 | 122,80 | 5 810,50 |
| Julio | 1 640,60 | 2,17 | 128,00 | 125,16 | 122,80 | 218,70 |
| Agosto | 4 921,71 | 6,50 | 384,00 | 375,47 | 122,80 | 5 810,50 |
| Septiembre | 4 921,71 | 6,50 | 384,00 | 375,47 | 122,80 | 5 810,50 |
| Octubre | 4 921,71 | 6,50 | 384,00 | 375,47 | 122,80 | 5 810,50 |
| Noviembre | 3 281,14 | 4,33 | 256,00 | 250,31 | 122,80 | 3 914,58 |
| Diciembre | 4 921,71 | 6,50 | 384,00 | 375,47 | 122,80 | 5 810,50 |
| Promedio | | | | | | 5 494,50 |

Fuente: Autores

Figura 27. Diagrama de flujo uniforme de efectivo del caldero de ANDELAS. 2014



Fuente: Autores

5.3.1.3 Cálculo del índice beneficio – costo. Como resultado de la diferencia entre costos anteriores y posteriores a la implantación del proyecto se obtiene un valor que será identificado como el beneficio monetario mensual que se obtiene con esta implementación.

$$\text{Beneficio monetario mensual} = 762,75 \text{ USD}$$

Se tiene un período de vida útil (n) del acero de 15 años (180 meses), con lo cual se sabe que el número de periodos del proyecto es:

$$n = 180$$

A finales de 2014 se tuvo una tasa inflacionaria de 3,7%, lo cual servirá para calcular el valor presente mediante la ecuación:

$$\frac{P}{A} = \left(\frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n} \right) \quad (25)$$

Donde;

P = Valor presente de efectivo

A = Flujo de efectivo uniforme (mensual)

i = Tasa de interés

n = Número de periodos (meses). (BLANK, y otros, 2006)

$$\frac{P}{A} = 26,987\,976\,9$$

De donde;

$$P = 26,987\,976\,9 * 762,742\,5$$

$$P = 20\,584,877$$

Luego, al comparar este valor obtenido, con la inversión inicial de la tabla 49, se obtiene finalmente la relación costo – beneficio.

$$\frac{b}{c} = \frac{20\,584,877}{13\,330}$$

$$\frac{b}{c} = 1,544\,25$$

Al ser este valor mayor a uno, significa que el proyecto es viable, puesto que los beneficios superan los gastos de inversión; es decir, por cada dólar que se invierte, se obtiene un beneficio 0,54 dólares.

CAPÍTULO VI

6. PROPUESTA DEL PLAN DE MANEJO AMBIENTAL

Una vez puntualizados y definidos los posibles impactos ambientales en la empresa ANDELAS CÍA. LTDA. surge la necesidad de elaborar una propuesta en donde se contemplen las medidas de acción para mitigar el efecto negativo que los procesos textiles tienen como consecuencia, así como potenciar de mejor manera los efectos positivos; para esto se ha desarrollado un plan realizable de mejora ambiental, dentro del cual se contemplan los siguientes aspectos:

- Producción textil más amigable con el ambiente
- Mejor manejo de residuos sólidos
- Plan de tratamiento de aguas residuales
- Seguridad y salud ocupacional

6.1 Producción textil más amigable con el ambiente

6.1.1 Reducción del consumo de agua. Esto se puede lograr mediante una calibración de las máquinas de tintura, para lo cual es necesario un profesional capacitado para realizarla. Dicha actividad requiere de un tiempo apropiado para que la producción no se vea afectada, pues se requieren aproximadamente dos horas para llevarse a cabo.

6.1.2 Sustitución de insumos. Actualmente se utiliza una receta de tintura hecha a base de químicos muy nocivos para el ambiente y trabajadores, como es el caso del ácido fórmico, que resulta nocivo para la salud y la vida acuática; es utilizado en el proceso de teñido de tejido como agente reductor, por lo que se propone su sustitución por el ácido cítrico, el cual es amigable con el medio ambiente y menos perjudicial para la salud.

En la tintura y en el lavado de máquinas se utiliza el detergente EMULSID S-OL; en su lugar, se propone el uso del detergente biodegradable EMULSID S-OL orgánico, el mismo que tiene un precio 0,50 USD mayor al producto actual, sin embargo, al ser un detergente amigable con el ambiente, ofrece un beneficio adicional, que consiste en reducir costos en el tratamiento de aguas residuales.

6.1.3 Almacenamiento y pesaje de químicos. Con este proceso se evitaría excesos en el pesaje de químicos y reduciría el exceso de carga contaminante en el agua residual. Actualmente se cuenta con una balanza poco precisa, por lo que se debe adquirir una con tres decimales. También debe mejorarse el almacenaje de insumos, puesto que existe un uso inadecuado del espacio físico para guardarlos, además de la falta de ventilación y el apilamiento de empaques resulta peligroso.

6.2 Programa de manejo de residuos sólidos

Con el propósito de evitar malas prácticas en el manejo de residuos sólidos, como la acumulación sin previa clasificación, el deterioro innecesario de material reciclable, la exposición de residuos a las condiciones climáticas, y el envío de estos desechos sin previa clasificación al camión recolector; se contemplan actividades que permitirán una correcta gestión de desechos.

6.2.1 Almacenamiento de residuos. Para facilitar la gestión de residuos, es necesario la cuantificación y clasificación de los mismos, para así esta manera conocer cómo almacenarlos. Dentro de ADELAS CÍA. LTDA. se pueden encontrar dos tipos de residuos: ordinarios o comunes y los especiales o peligrosos, los cuales provienen de procesos productivos, y administrativos.

Entre los residuos ordinarios o comunes se tiene:

- Plástico
- Cartón
- Conos
- Pelusas
- Restos de tela
- Sobrantes de comida
- Recipientes de comida

Mientras los residuos especiales, peligrosos o infecciosos son:

- Aceite quemado
- Producto textil impregnado de aceite
- Envases metálicos de químicos
- Envases plásticos de químicos

- Sacos de polipropileno provenientes del consumo de sal textil
- Lámparas fluorescentes
- Cartón de colorante químico
- Fundas plásticas de colorante químico

Para desechos administrativos, se utilizarán contenedores temporales de polietileno de baja densidad (LDPE por sus siglas en inglés) cuyas designaciones serán: gris (papel, cartón y plástico reciclable), verde (orgánicos, residuos de comida) y rojo (bio-peligrosos, residuos del servicio higiénico); de esta manera serán desechados o aprovechados adecuadamente.

6.3 Programa de manejo y tratamiento de aguas residuales

El agua, por ser un recurso indispensable en la industria textil, resulta ser gravemente afectado en su composición, principalmente en el proceso de tinturado, y al ser desechado completamente contaminado, y sin ningún tipo de tratamiento, representa un peligro al ecosistema, y a la salud de las personas. En el Anexo F, se muestra un análisis de aguas residuales, cuya observación principal es su turbidez y coloración violeta, con presencia de vapores debido a la temperatura del agua y presencia de espuma. El agua es almacenada en una cisterna, que al llenarse produce la descarga hacia el alcantarillado.

Al implementarse una planta de tratamiento de aguas residuales, el agua proveniente del proceso de tinturado, va al drenaje, donde pasa a ser competencia de la red de agua residual del parque industrial.

Actualmente, el Ministerio del Ambiente es el organismo encargado de vigilar la aplicación obligatoria de la Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes, el cual, junto con laboratorios zonales certificados, se cercioran del cumplimiento de estas normativas.

6.4 Programa de salud ocupacional y seguridad industrial

La prevención y reducción de problemas de salud a los que podrían estar expuestos los trabajadores es una misión primordial dentro del plan de manejo ambiental, ya que nunca será equiparable ni conveniente cubrir los gastos médicos de un trabajador

accidentado que no contaba con ningún tipo de conocimiento ni protección adecuada. Un plan de seguridad industrial mejorará el ambiente de trabajo y la productividad.

6.4.1 Salud ocupacional. En el Anexo H se puede observar los resultados de ruido en el área de trabajo, de los cuales podemos mencionar las áreas que incumplen los rangos aceptables:

- Perchadora rodillos (89,4 dB)
- Perchadora tablero (89,4 dB)
- Rama terminado (91 dB)
- Jefatura (73,2 dB)

En el Anexo I se observan los resultados de iluminación en el área de trabajo, de donde las áreas en las que la iluminación es deficiente son:

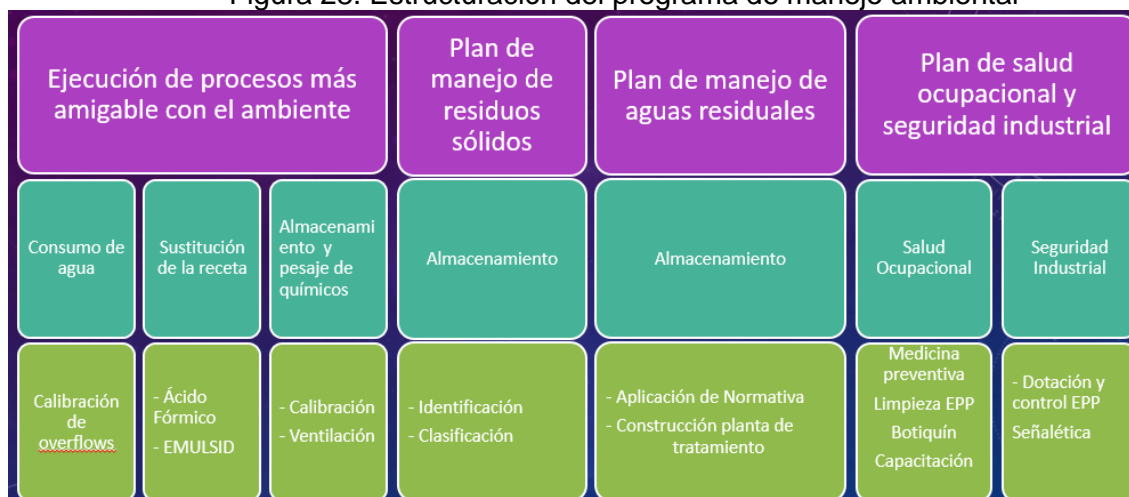
- Tinturado (170 Lux aprox.)
- Secadora (185 Lux)
- Área administrativa (230 Lux aprox.)

Estas condiciones pueden mejorar mediante el uso de la iluminación artificial, con la instalación de lámparas fluorescentes adecuadas. El ruido de las máquinas puede disminuirse mediante una correcta lubricación a las partes mecánicas, sin embargo, en la industria el ruido es un factor que no se puede mitigar mayormente, por lo que los trabajadores deben utilizar protección auditiva. Todo esto se puede resumir en acciones de mejoramiento de las condiciones laborales tales como:

- Medicina preventiva
- Limpieza y uso adecuado de EPP
- Contar con un botiquín equipado adecuadamente
- Capacitaciones frecuentes en prevención de accidentes y emergencias médicas.
- Monitoreo de seguridad industrial
- Implementación de señalética y rotulación

Todo esto, sumado a buenas prácticas de manufactura, brindarán un mejor uso de los recursos de una manera responsable con el entorno y la comunidad. La síntesis de la propuesta de manejo y remediación ambiental puede observarse de manera esquemática en la tabla presentada a continuación.

Figura 28. Estructuración del programa de manejo ambiental



Fuente: Autores

CAPÍTULO VII

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 Conclusiones

En el presente trabajo se ha podido adquirir un conocimiento general acerca de los procesos productivos de la industria textil y la maquinaria empleada para los mismos; así como la materia prima requerida para cada proceso y las condiciones que esta debe cumplir para continuar a la siguiente etapa dentro del proceso; también se considera que la industria textil está siempre buscando nuevas tendencias e innovaciones según las necesidades de los consumidores, de tal manera que existe una infinidad de procesos y materia prima para cumplir con cada una de dichas necesidades.

El caldero está trabajando al 74% de su rendimiento, el cual se encuentra dentro un rango aceptable. Sin embargo, la empresa planea elevar el índice de productividad, para lo que se precisó aumentar la generación de vapor. Actualmente se planea implementar una red mejorada de distribución de vapor.

Con lo que respecta a los compresores, la empresa posee dos, uno trabaja todo el tiempo y el otro se utiliza de respaldo para emergencias y mantenimiento, por lo tanto, se ha analizado solo el que está en funcionamiento; notándose que trabaja a un 75,95% por lo cual se puede decir que abastece satisfactoriamente la demanda de aire comprimido.

Las bombas de alimentación de agua con las que cuenta la empresa se encuentran en un rango de entre el 40% y 50% de su rendimiento, lo que nos indica que la carga de trabajo, es menor a la requerida por estas, ya que al revisar sus conexiones no se encontraron fugas que podrían reducir su rendimiento; si en el futuro se requiriera aumentar el abastecimiento de agua se podría utilizar las mismas bombas.

Al conocer las características de la maquinaria de la empresa se ha llegado a obtener el consumo eléctrico máximo empleado por dicha maquinaria, es así que se ha determinado que, la empresa en pleno funcionamiento consume aproximadamente 60 kW-h, notándose que las maquinas con mayor consumo son: calandra con 20 kW-h, secadora con 15 kW-h y perchadora con 10 kW-h; por tal motivo que la empresa evita

las paradas innecesarias o funcionamiento en vacío de estas máquinas que incurre en costos considerables.

Al analizar el rendimiento del caldero y notar la necesidad de un aumento en la producción de la empresa, se plantea reemplazar varios elementos de la red de distribución de vapor, ya que, a pesar de abastecer varios equipos, era obsoleta y había cumplido su tiempo de vida útil. Una opción de red de distribución de calor es mostrada en el presente trabajo, la cual servirá para mejorar el volumen y la calidad del vapor que alimenta a las máquinas, y con ayuda de un aislamiento térmico adecuado, se busca evitar pérdidas térmicas excesivas al ambiente en todos los tramos de la tubería, puesto que la red anterior no contaba con aislamientos.

En el estudio económico del proyecto planteado anteriormente, se optó por hacer un análisis de costo uniforme a través del tiempo, ya que, al no poder palpar ganancias, no se puede asumir un flujo de ingresos directos, sino únicamente una recuperación de la inversión. Esto se ve reflejado en la relación beneficio – costo obtenida, que fue de 1.54, lo que indica que al final de la vida útil de la red de distribución de vapor (15 años) la empresa habrá ahorrado en mantención el 54% del costo de la inversión inicial que sería aproximadamente 7198.2 USD.

7.2 Recomendaciones

Con el cambio constante en el mercado y el apareamiento de nuevas tendencias, la industria textil, particularmente relacionadas con los tejidos para uso humano y doméstico y deportivo, debe buscar la manera de satisfacer las necesidades de los clientes como en diversidad, comodidad, facilidad de adquisición, etc. Por medio de nueva tecnología que facilite y simplifique los procesos de producción en busca de mejor calidad a menor costo.

De acuerdo al análisis realizado, se ha demostrado la importancia de los equipos de medición para obtener información precisa del estado de funcionamiento de la maquinaria, por lo tanto, se sugiere la instalación de equipos para la medición de parámetros como presión, caudal, temperatura; que son necesarios para controlar el comportamiento de la maquinaria.

El uso constante de equipos energéticos en la industria, amerita un seguimiento periódico a los planes de mantenimiento preventivo, ya que el deterioro de los

componentes de la red es notorio en cuanto a su rendimiento y dificulta mucho la verificación de los parámetros.

Antes de la implementación de la nueva red, se sugiere un análisis previo de reubicación de maquinarias y equipos, para evitar excesos en pérdidas hidráulicas, térmicas y mecánicas en tramos de instalaciones innecesarios, lo cual repercutiría directamente en la inversión económica.

Para facilitar cualquier estudio, proyección, o análisis de costos, se propone llevar un historial organizado y de fácil acceso en lo concerniente a gastos (mensuales y anuales) en insumos energéticos y consumo de agua.

Al ser la industria textil, un agente generador de desechos de gran magnitud e importancia, se sugiere la creación y aplicación inmediata de un plan de manejo de residuos sólidos, así como el manejo de residuos líquidos (lixiviados) efecto del proceso de tinturado.

BIBLIOGRAFÍA

AITE. ASOCIACIÓN DE INDUSTRIALES TEXTILES DEL ECUADOR (AITE). *AITE*. [En línea] [Citado el: 20 de Marzo de 2014.] <http://www.aite.com.ec/industria-textil.html>.

AVELLANEDA, Cusaria. 2008. *Evaluación de impacto ambiental*. Primera edición. Bogotá D.C. : Kimpres Ltda, 2008.

BLANK, Leland y TARQIN, Anthony. 2006. *INGENIERÍA ECONÓMICA*. Sexta. México : McGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES, S. A. DE C. V., 2006.

CARRILLO, Diego y MALDONADO, Jorge. *Metodología Sistematizada para determinación de eficiencias energéticas de equipos industriales*.

Ekos, el portal de los negocios Ekos. [En línea]
<http://www.ekosnegocios.com/empresas/Empresas.aspx?idE=376&nombre=LAMINADOS%20Y%20TEXTILES%20LAMITEX%20S.%20A.&b=1>.

GAVILANEZ RUIZ, Mauricio Alexander y JÁCOME SALCEDO, Christian Marcelo. 2013. *EVALUACIÓN AMBIENTAL Y PLAN DE MANEJO DE UNA INDUSTRIA TEXTIL: CASO DE ESTUDIO: ANDELAS CIA. LTDA*. Quito : s.n., 2013. Proyecto previo a la obtención del título de ingeniero ambiental. Escuela Politécnica Nacional. Facultad de Ingeniería Civil y Ambiental.

GIBAJA, Miriam. 2006. Google Inc., *Blogger*. [En línea] 6 de Febrero de 2006.
<http://kalikanto.blogspot.com/2006/02/materiales-textiles.html>.

Grupo EL COMERCIO. 2014. LÍDERES. [En línea] 12 de Mayo de 2014.
<http://www.revistalideres.ec/lideres/nueva-tarifa-genero-sorpresa-sectores.html>.

HERRERA, Fabio, y otros. 1994. *Fundamentos de Análisis Económico, Guía para Investigación y Extensión Rural*. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Turrialba : s.n., 1994. ISBN/ 9977- 57-178-3.

HOLLEN, Norma y SADDLER, Jane. 1996. *Introducción a los Textiles*. s.l. : Editorial 4 de Septiembre, 1996.

HOLLEN, Norma, SADDLER, Jane y LANGFORD, Annal. 1987. *Introducción a los Textiles*. México : Limusa, 1987.

I.Q. SOTO CRUZ, Juan José. 1996. *Fundamentos sobre ahorro de energía*. Mérida, Yucatán, México : Ediciones de la Universidad Autónoma de Yucatán, 1996. ISBN:968-7556-26-9.

INEC. INEC. [En línea] http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_Economicas/DirectorioEmpresas/140210%20DirEmpresas%20final3.pdf.
http://www.inec.gob.ec/estadisticas/SIN/resul_correspondencia.php?id=C1392.01&ciui=12.

NAVAR DÍAZ, Roberto Jesus. 2006. *Educación ambiental a través de la recuperación de técnicas artesanales en la elaboración textil*. México : s.n., 2006.

OLEAS, Diego y ORTIZ, Jorge. 2004. *Metodología sistematizada para determinación de eficiencias energéticas de equipos industriales*. Riobamba : s.n., 2004.

OMS, Organización Mundial de la Salud. 2015. OMS. [En línea] 27 de Febrero de 2015. Comunicado de Prensa.
<http://www.who.int/mediacentre/news/releases/2015/ear-care/es/>.

PONTILEZ DE HERNÁNDEZ, Zoila. 2010. Wordpress.com. [En línea] 2010.
UNIVERSIDAD NACIONAL EXPERIMENTAL FRANCISCO DE MIRANDA.
<https://emiiunefmzp.files.wordpress.com/2010/10/secadores-mio32.doc>.

Reglamento de calderas y generadores de vapor. Decreto supremo N° 48.

Rincon del Vago. [En línea] <http://html.rincondelvago.com/calderas-o-generadores-de-vapor.html>.

RODRÍGUEZ ALARCÓN, Ricardo. 2005. *Diseño de una máquina desfibadora de desperdicio textil (telas base acrílico poliéster) para obtener un producto conocido como "borra".* México : s.n., 2005.

SOLÉ CABANES, Antonio. 2014. ASOLENGIN consultoría y formación. [En línea] 19 de Septiembre de 2014. <https://asolengin.files.wordpress.com/2014/09/mc3a1quinas-de-tintura-por-agotamiento1.pdf>.

VIEJO ZUBICARAY, Manuel y ALVAREZ FERNANDEZ, Javier. 2004. *Bombas, Teoría , diseño y aplicaciones.* Tercera edición. Mexico D.F. : LIMUSA S.A., 2004.

VINCES CEREZO, Sidney Alexander, LOZANO JAMA, Katherine Johanna y CUJILÁN SÁNCHEZ, Lady Judith. [En línea] Proyecto de grado previo a la obtención del título de Ingeniería comercial y empresarial.
<http://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/24118/1/D-90006.pdf>. ©

ClubEnsayos.com. 2013. SECADORES INDUSTRIALES. [En línea] Enero de 2013.
<https://www.clubensayos.com/Ciencia/SECADORES-INDUSTRIALES/520887.html>.

© **Gas Natural Fenosa. 2015.** [En línea] 2015.
<http://www.empresaeficiente.com/es/catalogo-de-tecnologias/secaderos-industriales>.

© **2012 Starline air compressor, S.A. de C.V. All rights reserved. 2012.** [En línea] 2012. http://www.starline.com.mx/site/?page_id=161.

WordPress. 2008. WordPress.com. [En línea] 2008.
<https://avdiaz.files.wordpress.com/2008/10/tipos-de-bombas.pdf>.

[En línea] Tomado de repositorio digital de la ESPE.
<http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/1412/1/T-ESPE-020290.pdf>.