



**UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI
DIRECCIÓN DE POSGRADOS**

**TESIS EN OPCIÓN AL GRADO ACADÉMICO DE MAGISTER
EN
GESTIÓN DE ENERGÍA**

TÍTULO:

**“EVALUACIÓN DEL CONSUMO DE PORTADORES ENERGÉTICOS
EN EL PROCESO PRODUCTIVO DE LA EMPRESA FAMILIA
SANCELA DEL ECUADOR EN EL AÑO 2013. PROPUESTA MEJORA
DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EL PROCESO DE
FABRICACIÓN DE PAPEL”.**

Autor: BERRAZUETA Vallejo, Pedro Pablo

Tutor: HERNÁNDEZ Ramírez, Gabriel Ing. MSc

LATACUNGA – ECUADOR

Mayo – 2015



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

DIRECCIÓN DE POSGRADO

Latacunga – Ecuador

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

En calidad de Miembros del Tribunal de Grado aprueban el presente Informe en sesión de posgrados de la Universidad Técnica de Cotopaxi; por cuanto, el maestrante BERRAZUETA VALLEJO PEDRO PABLO, con el título de tesis: **“EVALUACIÓN DEL CONSUMO DE PORTADORES ENERGÉTICOS EN EL PROCESO PRODUCTIVO DE LA EMPRESA FAMILIA SANCELA DEL ECUADOR EN EL AÑO 2013. PROPUESTA MEJORA DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EL PROCESO DE FABRICACIÓN DE PAPEL”**, ha considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de Defensa de Tesis.

Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga mayo 18, 2015

Para constancia firman:

.....
MSc. PAULINA FREIRE
PRESIDENTE

.....
MSc. ALVARO MULLO
MIEMBRO

.....
MSc. XAVIER PROAÑO
MIEMBRO

.....
MSc. EFREN BARBOSA
OPOSITOR

AVAL DEL DIRECTOR DE TESIS

Latacunga, Mayo del 2015

En mi calidad de Director de Tesis presentada por el Ing. Berrazueta Vallejo Pedro Pablo, Egresado de la Maestría en Gestión de Energías, previa a la obtención del mencionado grado académico cuyo título es: **“EVALUACIÓN DEL CONSUMO DE PORTADORES ENERGÉTICOS EN EL PROCESO PRODUCTIVO DE LA EMPRESA FAMILIA SANCELTA DEL ECUADOR EN EL AÑO 2013. PROPUESTA MEJORA DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EL PROCESO DE FABRICACIÓN DE PAPEL”**.

Considero que dicho trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte del tribunal examinador.

Atentamente,



Ing. MSc. Gabriel Hernández Ramírez

DIRECTOR DE TESIS



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
DIRECCIÓN DE POSGRADO
Latacunga – Ecuador

Yo, Pedro Pablo Berrazueta Vallejo, portador del número de cédula 0501800320, declaro que la presente tesis de grado, es fruto de mi esfuerzo, responsabilidad y disciplina, logrando que los objetivos propuestos se culminen con éxito.

Atentamente

Pedro Pablo Berrazueta Vallejo

C.I. 0501800320

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios y la Virgen de las Mercedes, por brindarme su amor abnegado y darme la fortaleza para cumplir con la meta propuesta

Quiero agradecer a mi tutor, Gabriel Hernández R, que con su sencillez y amistad pero lleno de conocimientos, supo guiarme hasta culminar la Tesis.

A todos los profesores y autoridades de Posgrados de la Universidad Técnica de Cotopaxi que con su profesionalismo y don de gentes, nos proporcionaron los medios para lograr esta Maestría.

Al Departamento Eléctrico del Grupo Familia por estar presente las veces que necesite.

A mis amigos Eduardo Terreros, Miguel Garrido, Allan Pierre, Gustavo Rodríguez Bárcenas, porque además de impartir los conocimientos en el aula, me enseñaron lo valiosa de la palabra amistad.

CON GRATITUD IMPERCEDERA

PABLO

DEDICATORIA

Cuando me puse a pensar a quien dirigir esta tesis, encontré que tenía que hacerlo a mucha gente querida que estuvo siempre a mi lado dándome el valor y cariño para seguir adelante.

Sin duda, encontré que las personas más importantes para este logro es mi Familia, mi querida esposa Marlene, mi hijo adorado Leito, mi papi Pepe, mi mami Chulita, mi tía Elsitita, mis hermanos, por su apoyo incondicional para cumplir responsablemente mis sueños universitarios.

También dedico este logro, a las generaciones que vienen caminando junto a mí, diciéndoles que sean luchadores, porque con decisión y esfuerzo uno llega a las metas que se proponga

Pablo

ÍNDICE GENERAL

Contenidos	Página
PORTADA	I
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL	Ii
AVAL DEL DIRECTOR DE TESIS	Iii
RESPONSABILIDAD DE LA AUTORÍA DE LA TESIS	Iv
AGRADECIMIENTO	V
DEDICATORIA	Vi
INDICE	Vii
RESUMEN	Xvii
ABSTRACT	Xviii
INTRODUCCIÓN	Xix

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1	Antecedentes del Problema	1
1.2	Prognosis	3
1.3	Formulación del Problema	3
1.3.1	Análisis crítico del problema	3
1.4	Objeto de la investigación	4
1.5	Justificación y Significación	4
1.6	Objetivos	5
1.6.1	Objetivo General	5
1.6.2	Campo de acción	6

1.6.3	Objetivos Específicos	6
1.7	Hipótesis de la Investigación:	6

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1	Antecedentes	7
2.2	Referentes Teóricos	7
2.3	Contexto Energético Ecuatoriano.	10
2.4	Importancia económica de un rendimiento elevado	11
2.5	Descripción del Proceso Productivo	12
2.6	Fundamento Teórico	20
2.7	Eficiencia de los Motores Eléctricos	36
2.8	Calculo del rendimiento de las calderas	40
2.9	Marco legal vigente	40

CAPITULO III

METODOLOGIA

3.1	Diseño de la Investigación	42
3.2	Modalidades De Investigación	42
3.3	Instrumentación y aplicaciones informáticas.	43
3.3.1	Flujo de potencia a través del Easy Power	43
3.3.2	Analizador de red tipo	44
3.4	Categorías Fundamentales	44
3,5	Operacionalización de las Variables	44
3.6	Población	45

3.7	Métodos y Técnicas a ser empleadas	46
3,7,1	Las mediciones	47
3.7.2	El Fichaje	47
3.8	Procedimiento de la Investigación.	47

CAPITULO IV

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1	Resultados de las Entrevistas	49
4.2	Características Generales de la Planta Familia Sancela	49
4.3	Identificación de los portadores energéticos	50
4.4	Simulación utilizando el software EASYPOWER V 8.0	59
4,4,1	Análisis de resultado pérdidas de potencia	62
4,5	Identificación de las variables significativas por portadores	63
4.6	Determinación del índice energético actual.	63
4.7	Determinación del oportunidades de mejora	64
4.8	Verificación de la Hipótesis	70

CAPÍTULO V

LA PROPUESTA

5.1	Título de la Propuesta	71
5.2	Justificación de la propuesta	71
5.3	Objetivo de la Propuesta	71
5.4	Estructura de la propuesta	72

5.5	Desarrollo de la propuesta	74
5.6	Alternativas de Ahorro de Energía y Evaluación económica	74
5.7	Propuestas de medidas para el programa de Ahorro	74
5.7.1	Optimización del funcionamiento de las calderas	74
5.7.2	Proyecto de Vapor y Condensado	76
5.7.2,1	Sugerencias para mejoras	79
5.8	Mejora del suministro de agua a la planta	79
5.9	Optimización de las variables del proceso de PULPEADO	80
5.10	Optimización del proceso en el área de FLOTATION	82
5.10.1	Análisis de la potencia de consumo de los inyectores PP5-BP008	84
5.10.2	Costo de Implementación del proyecto	86
5.10.3	Periodo de recuperación de la inversión	89
5.11	Reducción de pérdidas en el portador electricidad	90
5.8	Valoración económica de la propuesta	90
	CONCLUSIONES GENERALES	93
	RECOMENDACIONES GENERALES	95
	Referencias Bibliográficas	97
	Anexo 1 Entrevistas realizadas y resultados	99
	Anexo 2 Pasos para la conversión de galones de combustible a kW	107
	Anexo 3 Rendimiento de Calderas	109
	Anexo 4 Eficiencia de un Motor Eléctrico. Datos de placa y mediciones	113

Anexo 5	Mediciones realizadas en el área de molinos	119
Anexo 6	Optimización del funcionamiento de las calderas	122
Anexo 7	Proyectos de mejora	134

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Contenido	Página
2.1	Diagrama de operaciones del proceso (DOP)	12
2.2	Desintegración De La Materia Prima	13
2.3	Variables y partes del pulper	14
2.4	Área Pre Screening	14
2.5	Área Flotación	15
2.6	Elementos Área Flotación.	15
2.7	Espesador	16
2.8	Refinador	16
2.9	Caja de formación	17
2.10	Rodillo prensa	18
2.11	YANKEE, Capota	18
2.12	REEL	19
2.13	Consumo de Energía Eléctrica por Equipos	21
2.14	Consumo de Energía Térmica por Equipos	22
2.15	Cadena eficiencia energética - competitividad.	22
2,16	Capacidad liberada.	30
2.17	Ubicación de capacitores.	32
2.18	Ubicación de capacitores dentro de un circuito	33
2.19	Conexión de los transformadores de corriente	35

3.1	Herramienta informática Easy Power	43
3.2	Analizador de redes tipo AEMC 3495	44
4.1	Vista General de fábrica	50
4.2	Distribución de consumo mensual por Energético	50
4.3	Correlación consumo de bunker vs producción	52
4.4	Grafica de correlación del consumo de diésel vs producción	54
4.5	Correlación del portador electricidad vs producción	55
4.6	Gráfico de energía consumida en los molinos en los años 2009-2012	57
4.7	Balance energético para el portador electricidad	57
4.8	Diagrama de Pareto para el portador electricidad	58
4.9	Esquema unifilar	60
4.10	Desempeño energético para el año 2013	64
5.1	Alternativas de Mejoras de Eficiencia Energética	73
5.2	Sistema de Vapor, Zona Calderas	76
5.3	Secado Yankee	77
5.4	Parámetros de Proceso PULPING	81
5.5	Visualización de operación área FLOTATION	83
5.6	Valor de máxima potencia consumida sin variador	84
5.7	Estadística de potencia consumida	84
5.8	Monitoreo de presión del inyector 5	85
5.9	Valor de máxima potencia consumida con variador	85
5.10	Estadística de potencia consumida	85
5.11	Monitoreo de presión del inyector 5	86

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla	Contenidos	Página
1.1	Índice Energético México, Ecuador	2
2.1	Factores de Conversión	25
2.2	Evaluación económica de la compensación de reactivo	31
3.1	Variable Independiente	45
3.2	Variable Dependiente	45
3.3	Personas entrevistadas	46
4.1	Información General De La Empresa	50
4.2	Distribución de consumos Bunker	51
4.3	Consumo de bunker vs producción en los años 2011-2012	51
4.4	Distribución de consumo Diesel	52
4.5	Consumo de diesel vs producción en los años 2011-2012	53
4.6	Consumo de electricidad vs producción en los años 2011-2012	54
4.7	Indicador de consumo de energía 2009-2012	56
4.8	Usos significativos del portador electricidad	58
4.9	Resumen valores medidos	59
4.10	Datos de variables eléctricas calculadas por el software	61
4.11	Datos de salida individuales de motores	61
4.12	Reporte de caída de voltaje	62
4.13	Resumen del reporte del sistema	63
4.14	Variables Operacionales Identificadas	63
4.15	Conversión de los combustibles, de galones a kW	70
4.16	Índice energético de la planta	70

4.17	Frecuencia Observada	71
4.18	Grado de Libertad, Grado de Significación	71
4.19	Frecuencia Esperada	71
5.1	Placa Características Caldera 4	75
5.2	Resumen de mejoras de Energía Térmica realizadas	75
5.3	Resumen de Energía Consumida y costo causado	80
5.4	Resumen de Ahorro de Energía y dinero en sistema de agua	80
5.5	Variables de Proceso de PULPING	81
5.6	Ahorro de energía por ciclos	82
5.7	Ahorro producido en el Proceso de Pulpeado	82
5.8	Datos de Ahorro producido en el Proceso de FLOTATION	83
5.9	Lectura de potencias inyector 5 PP5-BP008 sin variador	84
5.10	Lectura potencias inyector 5 PP5-BP008 con variador	85
5.11	Materiales para tableros del proyecto ahorro Inyectores	87
5.12	Materiales para los tableros del proyecto ahorro Inyectores, Variador	88
5.13	Materiales para el cableado del proyecto ahorro Inyectores	89
5.14	Resumen de costos del proyecto ahorro Inyectores	89
5.15	Periodo de recuperación de la inversión	90
5.16	Resumen del reporte del sistema	90
5.17	Valoración económica de la propuesta primera etapa	91
5.18	Valoración económica de la propuesta segunda etapa	92
5.19	Resumen del ahorro de potencia de la propuesta	92

CERTIFICACIÓN DE CRÉDITOS QUE AVALAN LA TESIS

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
DIRECCIÓN DE POSGRADOS**

PROGRAMA: “MAESTRÍA EN GESTIÓN ENERGÉTICA”

**“EVALUACIÓN DEL CONSUMO DE PORTADORES ENERGÉTICOS
EN EL PROCESO PRODUCTIVO DE LA EMPRESA FAMILIA
SANCELA DEL ECUADOR EN EL AÑO 2013. PROPUESTA MEJORA
DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EL PROCESO DE
FABRICACIÓN DE PAPEL”.**

Autor: Pedro Pablo Berrazueta Vallejo

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
UNIDAD DE POSGRADOS
MAESTRÍA EN GESTIÓN DE ENERGÍAS

TÍTULO: “EVALUACIÓN DEL CONSUMO DE PORTADORES ENERGÉTICOS EN EL PROCESO PRODUCTIVO DE LA EMPRESA FAMILIA SANCELA DEL ECUADOR EN EL AÑO 2013. PROPUESTA MEJORA DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EL PROCESO DE FABRICACIÓN DE PAPEL”.

AUTOR: BERRAZUETA Vallejo, Pedro Pablo

TUTOR: HERNÁNDEZ Ramírez, Gabriel Ing. MSc.

RESUMEN

La presente investigación tiene como objetivo bajar el índice energético (MW/ton de papel producido), el cual presenta un diagnóstico de la situación actual del consumo de energía eléctrica, térmica. Para lo que se realiza un censo de las cargas más importantes y representativas del área de Manufactura “Molinos”. Además para lo anterior, se realiza un plan de acción en el que se incluye las posibles soluciones para un uso eficiente de energía. Se describe como se detecta las mejores posibilidades de ahorro energético en el que se incluye su justificación económica y su impacto en la optimización de los procesos.

De acuerdo al análisis y las alternativas propuestas se mejoró la eficiencia energética, a partir de la implementación de los proyectos de mejora analizados en la investigación, ayudando a que el sistema obtenga una reducción de energía de 220 MW mensuales, el Índice energético bajo de 4,83 a 4,61 MW/ton, obteniendo una reducción del 4.5 % de este indicador energético, para un ahorro total en la implementación de 272625,88 USD/año.

DESCRIPTORES: Índice energético, eficiencia energética, fabricación de papel.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
UNIDAD DE POSGRADOS
MAESTRÍA EN GESTIÓN DE ENERGÍAS

TÍTULO: “EVALUACIÓN DEL CONSUMO DE PORTADORES ENERGÉTICOS EN EL PROCESO PRODUCTIVO DE LA EMPRESA FAMILIA SANCELA DEL ECUADOR EN EL AÑO 2013. PROPUESTA MEJORA DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EL PROCESO DE FABRICACIÓN DE PAPEL”.

AUTOR: BERRAZUETA Vallejo, Pedro Pablo

TUTOR: HERNÁNDEZ Ramírez, Gabriel Ing. MSc.

ABSTRACT

The present investigation has as objective to lower the energy index (MW / ton of paper produced), which presents a diagnosis of the current situation of the electric, thermal energy consumption. or what is carried out a census of the most important and representative loads in the area of Factory "Mills." Also for the above-mentioned he/she is carried out an action plan in which is included the possible solutions for an efficient use of energy. It is described like it is detected the best possibilities of energy saving in which is included their economic justification and their impact in the optimization of the processes.

According to the analysis and the alternatives proposals he/she improved the energy efficiency, starting from the implementation of the projects of improvement analyzed in the investigation, helping to that the system obtains a monthly reduction of energy of 220 MW, the Index energy first floor of 4.83 at 4.61 MW/ton, obtaining a reduction of 4.5% of this energy indicator, for a total saving in the implementation of 272625, 88 USD/year.

DESCRIPTORS: energy index, energy efficiency, paper manufacturing.

INTRODUCCIÓN

Sobre la base de la política de ahorro trazada por el CONELEC, a lo largo de los últimos años, se han llevado a cabo ingentes esfuerzos encaminados a elevar la eficiencia de los procesos productivos de las diferentes ramas industriales, paralelamente con el ahorro de la energía, con vistas a alcanzar los más altos rendimientos económicos. Sin duda alguna, la energía es la fuerza que mueve al mundo de la industria. Por eso es importante saber cómo emplearla de una manera responsable. Sólo aquellos que hacen el mejor uso de la energía pueden prosperar en un mundo en el que la crisis de los energéticos, el alto costo de la energía y las futuras fuentes de obtención son temas de uso común. En la industria moderna, el ahorro de energía es una de las claves para abatir costos y poder competir en el ámbito mundial en una economía cada vez más globalizada.

Actualmente en nuestro país, la eficiencia energética es uno de los problemas fundamentales que atentan contra la economía, por lo que se requiere de grandes esfuerzos en su solución, lo que se expresa a través de los grandes cambios y transformaciones que se están llevando a cabo en las empresas productoras de papel, en aras de ofrecer un servicio de calidad, económico y con la seguridad requerida, para lo cual es necesario la introducción de los Sistemas de Gestión energética en todos los sectores productivos, de servicios y sociales.

La gestión energética es un procedimiento organizado de previsión y control del consumo de energía con el fin de obtener el mayor rendimiento energético posible sin disminuir el nivel de prestaciones, ya que toda reducción del costo energético redundaría en una mejora de la vida económica de la empresa. Al crecer los costos de la energía y a medida que el suministro y el uso de la misma requieren un esfuerzo de planificación a medio plazo, se comprende la necesidad de establecer mecanismos de gestión energética. Es decir, es preciso conocer los consumos y usos de las distintas fuentes energéticas, no sólo a nivel de valores globales, sino de modo particularizado aplicado a los distintos procesos y consumos internos. De aquí que es posible predecir los incrementos de energía

usada que se producirán al aumentar la actividad, o fijar las medidas de contención del costo a través de la organización de las mejoras.

Si se conoce el conjunto de causas que influyen en las pérdidas de energía, así como la interrelación funcional y de consumo, se podrá entonces obtener el ahorro de portadores. Para el desarrollo de la investigación un factor importante corresponde al análisis de los fundamentales resultados alcanzados por otros autores que han trabajado en el tema de la gestión energética, así como los principales medios y métodos que influirían en su mejora. Este análisis constituye la base para el diagnóstico energético de la situación actual del objeto de estudio, lo que permite determinar las causas fundamentales que influyen en la baja eficiencia energética y la interrelación y jerarquización de las mismas.

Para el desarrollo de la investigación se parte de que se realice un acertado diagnóstico energético, lo dará la medida para establecer un conjunto de mejoras, que de forma integral actúen en el mejoramiento de la eficiencia energética. Los diagnósticos energéticos a menudo crean conciencia sobre el uso racional de la energía, pero su objetivo práctico es lograr procesos energéticamente eficientes y económicamente más rentables.

De lo anteriormente planteado se desprende, que si la industria asimila un sistema eléctrico mejorado, repercutirá en menores costos de producción, disminuirán los consumos, las pérdidas eléctricas y económicas, se detectarán de inmediato los problemas tecnológicos y evitará la ejecución de grandes inversiones, que sin lugar a dudas estimulará el desarrollo sostenible del sector energético.

En cuanto a la estructura de la tesis, los capítulos, están estructurados de la siguiente manera:

En el Capítulo I, nos permitió dejar definidos aspectos básicos como el problema a resolver, los objetivos de la investigación que se realiza.

En el Capítulo II, se señalan el marco teórico, con la revisión de los trabajos precedentes se logra una actualización sobre el tema y cómo es tratado por otros

especialistas, así como también, conceptualización y las fundamentaciones respectivas en las que se especifican las orientaciones teóricas correspondientes.

En el Capítulo III, se presenta la metodología para realizar la investigación, la fundamentación científica y su organización de la investigación es de extraordinaria importancia para el desarrollo de la misma.

En el Capítulo IV, Se presentan los resultados de la encuesta, con el diagnóstico aplicado se pudo determinar la ineficiencia existente en el sistema eléctrico de la empresa, dejando definida las causa que provocan las pérdidas de energía eléctrica en la instalación y el alto índice de consumo.

En el Capítulo V, se plantea la propuesta para reducir el índice de consumo energético en el proceso de fabricación de papel.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

En el presente capítulo se analiza el problema de la investigación, se realiza la contextualización a niveles macro, meso y micro; se determina el objeto y el campo de la investigación, la justificación y se plantea los respectivos objetivos.

1.1 Antecedentes del Problema

A nivel mundial el papel tiene una variedad de aplicaciones, puede utilizarse para escribir, imprimir, embalar y como material reciclado se usa para la fabricación de papel Tissue, que año tras año crece su demanda y exigencia.

La Empresa PRODUCTOS FAMILIA SANCELA DEL ECUADOR (FAMIPRODUCT) tiene como función principal la producción y comercialización de artículos de aseo en general, que proporciona la máxima satisfacción al consumidor.

La actividad productora se inicia por el año de 1980 con la razón social de TECNOPAPEL INDUSTRIAL S.A. fabricando papel higiénico TISSUE en la línea económico, al igual que servilletas decoradas; el papel era elaborado en la Máquina Papelera (MP1), hoy material obsoleto y dado de baja.

En 1992 se instala la Máquina Papelera 2 (MP2), la cual es de mayor capacidad y por tanto permite crecer en el mercado nacional. Es así que en 1998, la empresa es vendida a un consorcio colombiano, cambiando de razón social a PRODUCTOS FAMILIA DEL ECUADOR S.A., esta alianza permitió exportar papel en bobinas y producto terminado hacia Colombia.

En 2001, la empresa se fusiona al grupo suizo Sancela, cambiando la denominación a FAMILIA SANCELA DEL ECUADOR S.A., la cual aporta

con capital y se instala la (MP5), que duplica en producción a la máquina anterior. Con estos cambios la Planta Industrial se estructura en tres áreas de Producción, denominadas Manufacturas:

- Manufactura Molinos: aquí se fabrica el papel Tissue y es el área donde sus procesos productivos en relación al consumo de energía tienen la mayor demanda en planta, por tal razón es el caso de la investigación.
- Manufactura Conversión: lugar donde se convierte las bobinas gigantes de papel en rollos pequeños (producto terminado).
- Manufactura Fluff: sitio donde se fabrica pañales desechables y toallas íntimas para mujer.

Las Manufacturas tienen áreas de apoyo como son: Mantenimiento eléctrico y Mantenimiento Mecánico. En el año 2012, Familia Sancela del Ecuador (FAMIPRODUCT) tiene un índice energético de 4.83 MW/ton. Este indicador de tonelada de papel producido por cada Megavatio utilizado debe ser comparado con el índice de las plantas del Grupo Familia a nivel mundial.

Todas las plantas del Grupo Familia son iguales en tecnología y estándares de calidad, por ende los indicadores de producción deben ser similares. Por tal razón, para nuestro estudio se toma como referencia la planta Familia México con un indicador de 3,5 MW/ton.

En la tabla N° 1.1 se muestra los índices energéticos de las plantas de Ecuador y México, observando que la Planta Ecuador está fuera de rango. Con este antecedente el objetivo es acercarnos al promedio que tiene la planta de México.

Tabla N° 1.1 Índice Energético México, Ecuador

Índice Energético: MW/ton de papel producido	
Planta México	Planta Ecuador
3,5	4,83

Fuente: Manufactura Molinos

La demanda de energía no solo son costos altos de producción, sino que se traduce también en conflictos ambientales derivados del uso de la energía.

La energía es clave en los costos de fabricación de papel, por tal motivo en Sudamérica las industrias de papel miran en la eficiencia energética la oportunidad de mejorar la economía de sus empresas, mediante planes de Gestión Energética, con el fin de obtener el mayor rendimiento posible sin disminuir las prestaciones ni la calidad de sus productos y servicios.

Básicamente el alcance de la gestión energética es realizar un análisis de la situación energética de la planta, a manera de diagnóstico (cuánta energía consume, dónde consume, qué cantidad se desperdicia), con el objetivo de identificar oportunidades evidentes de ahorro que se traduzcan en beneficios económicos directos. Un análisis de esta naturaleza, cuyos indicadores son el **índice energético y el potencial de ahorro de energía**, puede introducir mejoras que aumentarán la eficiencia energética en las instalaciones industriales.

1.2- Prognosis

De no evaluar los consumos de los portadores energéticos y plantear una propuesta de mejora de la eficiencia energética en el proceso de fabricación de papel, provocará un elevado consumo de energía, y consecuentemente el pago excesivo de la planilla por concepto de energía.

De igual forma si no se ahorra energía, no se puede liberar la capacidad eléctrica y la reducción de las pérdidas.

1.3- Formulación del Problema

¿Cómo contribuir a la disminución del consumo de los portadores energéticos en el proceso de producción de papel en la Empresa Familia Sancela del Ecuador en el año 2013, para hacerla más eficiente energéticamente?

1.3.1- Análisis crítico del Problema

La necesidad de realizar un “diagnóstico energético” efectúa una serie de técnicas de exploración y evaluación que permiten determinar el grado de eficiencia/deficiencia que tiene la empresa. Tiene como base la identificación del

consumo energético, que puede definirse como la respuesta a la pregunta ¿Cómo, dónde y cuánta energía es empleada o desperdiciada? en sistemas, además del análisis del consumo energético se requieren los perfiles energéticos, lo cual permite establecer las áreas potenciales de ahorro de energía a partir de la implementación de las normas internacional 500001 de Eficiencia Energética.

1.4- Objeto de la Investigación

Portadores Energéticos en el Proceso de fabricación de papel.

1.5- Justificación y Significación

Con el desarrollo del presente trabajo, se pretende que los niveles de producción en relación a la demanda de energía eléctrica, consumo de diesel y bunker iguallen a los índices de consumo que tiene la planta Familia México que será la referencia de los indicadores energéticos que se alcance en la investigación, utilizando una herramienta teórica y práctica, que permita elaborar un Plan que regule el uso racional de los portadores energéticos en sus procesos productivos, disminuyendo los costos de producción, con una reducción del consumo de portadores energéticos.

El sector industrial con visión de crecimiento futurista, obliga a usar responsablemente y con criterio la energía mejorando su eficiencia y reduciendo costos de producción.

Energía es sinónimo de progreso, pero el manejo inadecuado de esta, conduce a un alto consumo, provocando que el precio final sea alto. Por tanto Manufactura Molinos y los clientes internos deben considerar que el uso racional de la energía es fundamental en su afán de reducir costos, con tendencia a una producción más limpia, de esta forma ayudando a la conservación del medio ambiente.

El presente trabajo propone recopilar información real y segura que sirva como base para estudios de reducción de consumos o desperdicios de energía tanto en el sector industrial, como en pequeñas empresas públicas y/o privadas.

La fortaleza de este proyecto es la factibilidad, pues los recursos que se estima invertir son moderados y técnicamente viables en el entorno donde se aplicaría.

El presente proyecto es factible para su realización, porque la implementación de medidas de ahorro mediante el uso eficiente de energía permite alcanzar y mantener estándares bajo un margen de responsabilidad ambiental y sustentabilidad, generando beneficios en cuatro áreas básicas:

- Área Estratégica.- Al reducir la demanda de energía, obtendremos un sistema más robusto, evitando variaciones de voltaje, desconexiones que interrumpan el normal desenvolvimiento de la producción.
- Área Económica.- En el 2012, el índice energético en la Planta Ecuador fue de 4,83 MW/ton de papel producido y un pago promedio mensual de \$ 321.916,94. Como premisa se logrará bajar el consumo de los portadores energéticos.
- Área Ambiental.- Se Tendrá una reducción sustancial de emisiones de efecto invernadero por bajar especialmente el consumo de combustibles fósiles que se utilizan para la generación de energía térmica para los procesos de secado del papel.
- Área Social.- Mejorará el estándar de vida de los trabajadores y del área, ya que el dinero producto del ahorro energético permitirá un mayor margen de ganancia para los accionistas y por ende para la sociedad.

1.6- Objetivos

1.6.1- Objetivo General

Evaluar el consumo de los portadores energéticos en el proceso productivo de la empresa "Familia Sancela del Ecuador" en el año 2013, mediante un diagnóstico que permita reducir los niveles de consumo energéticos en el proceso de fabricación de papel de la empresa.

1.6.2- Campo de acción

Eficiencia Energética.

1.6.3- Objetivos Específicos

- 1- Analizar el estado del arte relacionado con la eficiencia energética y las medidas de mejoras en las industrias de fabricación de papel.
- 2- Realizar un diagnóstico energético en el proceso productivo para la identificación de los consumos y las pérdidas en la fábrica de papel en la Empresa Familia Sancela del Ecuador.
- 3- Identificar qué elementos y alternativas de ahorro de energía se implementará para reducir el índice de consumo.
- 4- Proponer un Plan que regule el uso racional de los portadores energéticos en sus procesos productivos, disminuyendo los costos de producción.

1.7- Hipótesis de la Investigación

Si se determina mediante un diagnóstico las causas que originan el sobreconsumo de los portadores energéticos en el proceso productivo de la empresa "Familia Sancela del Ecuador", entonces se podrán establecer medidas que mejoren la Eficiencia Energética en el proceso de fabricación de papel de la empresa.

CAPITULO II

MARCO TEORICO

En el presente capítulo se evalúa el marco teórico, los antecedentes investigativos opiniones y explicaciones de la problemática planteada en esta investigación; así como también la conceptualización y las fundamentaciones respectivas en las que se especifica las orientaciones técnicas correspondientes.

2.1- Antecedentes

Según Andrés Pereira (2012) en relación a la energía, son varios los factores que conviene estudiar, al momento de enfrentar un tema relacionado con la eficiencia energética. No es casual que este tema tenga tanta importancia en los gobiernos, estos están siempre estudiando nuevas políticas energéticas.

Usar eficientemente la energía significa realizar las tareas con el mínimo consumo de energía, desarrollando tecnologías y sistemas de trabajo que ahorren energía, por ejemplo una forma de ahorro es reciclar las materias primas. Según Vintimilla y Paladines (2012) plantean que aproximadamente las tres cuartas partes de la energía consumida por la industria se usa para extraer y elaborar materias primas.

2.2- Referentes teóricos

El sector papelerero es considerado uno de los siete sectores industriales con mayor consumo energético. La fabricación de papel requiere de un elevado consumo eléctrico y térmico. En función del origen de esta energía, las fábricas papeleras son responsables directa o indirectamente de la producción de emisiones de CO₂ y de forma minoritaria, de otros gases de efecto invernadero. Para proceder a una reducción de las emisiones, en primer lugar hay que saber cuánto se emite (factores CO₂), cuáles son los focos mayoritarios de emisión y en qué puntos del

proceso papelerero recae mayor consumo energético o mayores emisiones. A continuación deben evaluarse los puntos críticos y los objetivos de reducción. Las fábricas papeleras pueden atacar el problema desde dos ángulos distintos: reducción en origen (sustitución de combustibles fósiles) o implantación de medidas de eficiencia energética (tanto en producción –cogeneraciones o calderas, como a lo largo del proceso – refinados, vacío). Sin embargo, y común a ambos casos, no se pueden prevenir aumentos de consumo, ni conocer los resultados de las inversiones realizadas sin un sistema de gestión de energía. Este trabajo presenta un método de gestión para tender a un valor de emisión cero para la industria papelera y su aplicación sobre fábricas reales de producción (Aldrich, Llauro, Mutjé, & Pèlach, 2008).

Los requerimientos que el propio mercado va imponiendo hacen que la gestión ambiental en general, y la energética en particular, sean piezas clave para el desarrollo estratégico de las empresas. A ello se une que, desde hace unos años, todos los debates y análisis relacionados con el uso de las energías primarias están condicionados por un conjunto de hechos que convergen hacia una misma conclusión: es indispensable racionalizar el uso de la energía a escala mundial para poder asegurar el futuro sostenible.

La gestión energética se puede definir como la suma de medidas planificadas y llevadas a cabo para conseguir el objetivo de utilizar la mínima cantidad posible de energía mientras se mantienen los niveles de confort (en oficinas y edificios) y los niveles de producción (en fábricas). Es, por tanto, un procedimiento organizado de previsión y control del consumo de energía, que tiene como fin obtener el mayor rendimiento energético posible sin disminuir el nivel de prestaciones obtenidas (MAPFRE, 2011).

Muchas entidades en España y los distintos países latinoamericanos necesitan lograr una mayor eficiencia energética y ahorro de costes, con el fin de lograr ventajas competitivas, pero también para cumplir sus obligaciones medioambientales y compromisos de Responsabilidad Social. Los actuales esfuerzos de las Administraciones Públicas, tanto de carácter europeo, como a nivel nacional y autonómico, por fomentar la eficiencia energética y el uso de

energías limpias, con el fin de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, así como para desarrollar modelos sostenibles de desarrollo económico, incluyen entre sus medidas potenciar la implementación de Sistemas de Gestión Energética (SGE) (MAPFRE, 2011).

Por ejemplo la producción de papel y cartón en España en 2003 fue de 5.443.900 Tm, con un incremento de un 1,3% respecto a 2002. Este aumento está en línea con la media de la Unión Europea, que estaría en torno al 1,7%, y es considerablemente mayor que el registrado en Francia (0,4%), Italia (0,6%) o Reino Unido (0,3%). Dentro de la Unión Europea los mayores crecimientos corresponden a los principales productores: Alemania (4,4%), Suecia (2,8%) y Finlandia (2,2%). La producción de celulosa alcanzó 1.894.000 toneladas, con un crecimiento del 10,2%, en este caso muy superior a la media europea (2,6%) (Oliver Pujol & Estrany Coda, 2005).

El papel consiste en un tejido o entramado de fibras vegetales con alto contenido de celulosa, que han sido refinadas y tratadas en agua antes de ser depositadas sobre un tamiz y secadas. El papel y los productos relacionados con él se elaboran a partir de fibras de celulosa presentes en las plantas. Estas fibras pueden provenir de diferentes vegetales: algodón, madera, paja de cereales, caña de azúcar, etc., pero actualmente la mayor parte de la producción mundial del papel proviene de la madera. A la vez, un tercio del total de madera procesada en el mundo se emplea para la fabricación de pasta. La mayor proporción de pulpa se fabrica a partir de pulpa de madera, aproximadamente un 89% de la producción total, por lo que sólo un 11% se fabrica a partir de otras fibras (UPME&COLCIENCIAS, 2010).

El agua tiene una gran importancia en la fabricación de papel. Es una especie de cinta transportadora, ya que facilita el transporte más económico de las materias a la vez que permite la mezcla homogénea de las mismas y una distribución uniforme en la formación de la hoja. Desde el punto de vista de ahorro energético la calidad del agua empleada en fabricación, así como el grado de circulación de la misma; son bien conocidas dentro del ambiente pastero-papelerero las características y calidades del agua usadas, por lo que se prescinde de entrar en detalle sobre las mismas

(recuperación de fibras, calidad del encolado, grado de blancura, etcétera) (Oliver Pujol & Estrany Coda, 2005; Aldrich, Llauro, Mutjé, & Pèlach, 2008).

En las fábricas de papel, las superficies de calefacción se ensucian frecuentemente por formación de depósito de hollín por inquemados y por arrastre de sales. La precipitación de las sales de calcio y magnesio debido a la alcalinidad de la lejía afectara el intercambio de calor disminuyendo el coeficiente de transmisión de calor; este fenómeno se dará en los precalentadores de lejía y en los evaporadores de múltiple efecto principalmente. Estos equipos deben realizarse un mantenimiento preventivo para evitar que la costra formada afecte significativamente el intercambio y realizar el respectivo tratamiento (Oliver Pujol & Estrany Coda, 2005).

Los Sistemas de Gestión de la Energía permiten dar una respuesta adecuada y personalizada a cada una de las necesidades de una empresa desde el punto de vista de la gestión energética (Pérez, 2012):

- Reducción de los gastos energéticos directos con una tasa de retorno lo más corta posible.
- Menos riesgos asociados a la energía: asegurar la continuidad en el abastecimiento, la calidad de la energía en organizaciones donde se trata de un factor clave y evitar en lo posible las variaciones del precio de la energía.
- Mejora del perfil corporativo: en la actualidad el desarrollo sostenible es tan importante como la calidad y las marcas para la valoración de la corporación por parte de clientes y accionistas.

2.3- Contexto Energético Ecuatoriano.

El Ecuador se encuentra desarrollando una política sobre eficiencia energética y energías renovables, por tal motivo el Ministerio de Electricidad y Energías Renovables (MEER) ha creado una Subsecretaría de Energía Renovable y Eficiencia Energética que se encarga de la Gestión Energética y el desarrollo de las energías renovables en todo el país. Esta organización determina políticas, estrategias y directrices energéticas basadas en sostenibilidad, seguridad, diversificación y fomenta

el levantamiento de información, generación de conocimiento, la aplicación de tecnologías eficientes y amigables con el medio ambiente para mitigar los efectos del cambio climático y apuntalar hacia un desarrollo económico sostenible.

Según CENERGIA, Perú, los costos de la energía es el factor de mayor peso dentro de los costos totales en la fabricación del papel Tissue, por lo que, un correcto control del consumo de energía en los procesos permite desarrollar una mayor productividad a menor costo (UPME&COLCIENCIAS, 2010).

Familia Sancela a nivel mundial tiene un Comité llamado E-SAVE, que se encarga de detectar las áreas con potencial para proyectos de reducción de consumo energético; muestra de esto, el comité le ha dado un enfoque técnico comensando por fundamentar su idea con la misión y visión del comité, este dice:

- Misión: Búsqueda continua de ahorro y uso eficiente de energía para alcanzar y mantener los estándares de Familia siempre bajo un marco de responsabilidad ambiental y sustentabilidad.
- Visión: Lograr el reconocimiento a nivel mundial para alcanzar procesos que energéticamente sean los más eficientes y sostenibles.

Por ello es importante determinar y conocer como la empresa contrata el suministro de energía, como consume esa energía en sus procesos y la repercusión que tiene en los costos de producción, su posición respecto a la de los índices de eficiencia energética del Grupo Familia, las posibles mejoras para disminuir el costo de todos los portadores energéticos, son aspectos fundamentales que no se deben dejar de lado para la optimización económica y productiva.

De lo citado, se concluye que la optimización y el ahorro energético es un tema estratégico en la mayoría de los países, por lo tanto, FAMILIA ECUADOR se inmiscuye en este proceso de mejora y reducción de energía.

2.4- Importancia económica de un rendimiento elevado

Según Andrés Pereira, 2012 Al hablar de rendimiento, lo primero que se nos viene a la mente es controlar pérdidas. Rendimiento es la razón entre la potencia mecánica

útil para realizar un trabajo y la potencia activa eléctrica suministrada para el efecto. En este punto está centrada la investigación, pues la potencia suministrada es la potencia utilizada más las pérdidas ocasionadas en todo el proceso

2.5- Descripción del Proceso Productivo

La descripción del proceso productivo lo podemos ver en la figura 2.1, donde se forma una pasta acuosa que se elabora en el *pulper*, casi siempre con papel reciclado, agua y reactivos químicos. Esta pasta contiene tintas, la cual es separada del papel para poder seguir con el proceso.

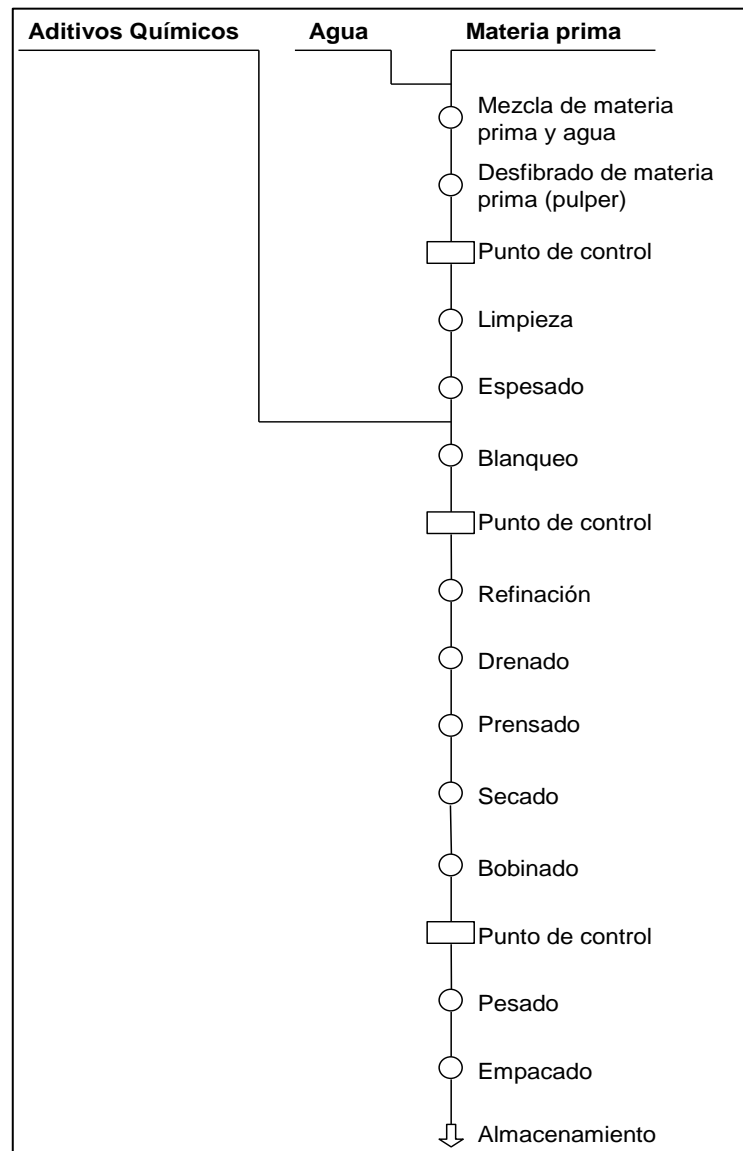


Figura № 2.1 Diagrama de operaciones del proceso (DOP)
Fuente: Roberto Monar Altamirano, 2006

Seguidamente, se refina la pasta en un refinador de discos, que mejora sus propiedades como: resistencia a la tracción y suavidad. Luego esta pasta entra a la máquina papelera (caja de formación), y está en suspensión forma una hoja de papel húmedo que se seca en un rodillo (YANKEE) calentado con vapor y aire caliente, el cual mediante una cuchilla (DOCTOR CREPADOR) el papel es desprendido y rebobinado en un rodillo llamado REEL, en bobinas grandes con un promedio de 1500 Kg. de peso, seguidamente se embala, se alimenta al cliente Manufactura Conversión, donde se corta el papel en rollos pequeños, se empaca y es depositado en el Centro Nacional de Distribución (CND).

Planta de preparación de pasta (PP5):

Esta parte tiene como objetivo preparar y suministrar la pasta a la máquina papelera. La planta tiene varias etapas:

Proceso de pulpeado (mezcla de materia prima y agua):

La materia prima según su origen y calidad es mezclada con agua en el pulper o desfibrador (figura № 2.2), provisto de un agitador helicoidal que desintegra la materia prima, mezcla los químicos y remueve los contaminantes; en la parte inferior se depositan los contaminantes pesados que vienen en la materia prima.

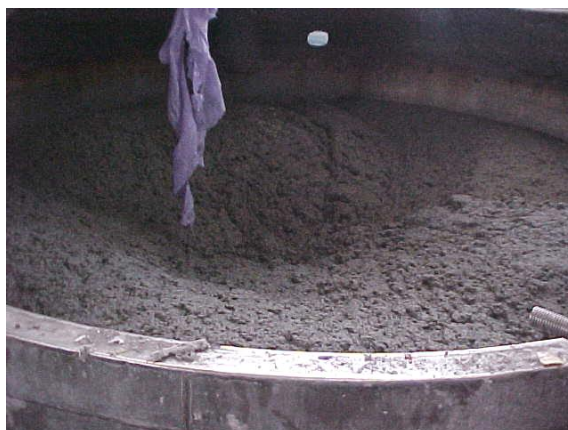


Figura № 2.2 Desintegración De La Materia Prima.

Fuente: Manufactura Molinos.

El objetivo del pulpeado es separar las partículas de tinta, sin destruir los contaminantes, para ser eliminados por *SCREENING* o *CLEANING*.

Variables y partes del pulper:

Las variables son: Tiempo de pulpeado, consistencia de la pasta, concentración de reactivos, pH y temperatura. El Pulper se lo observa en la figura N° 2.3.

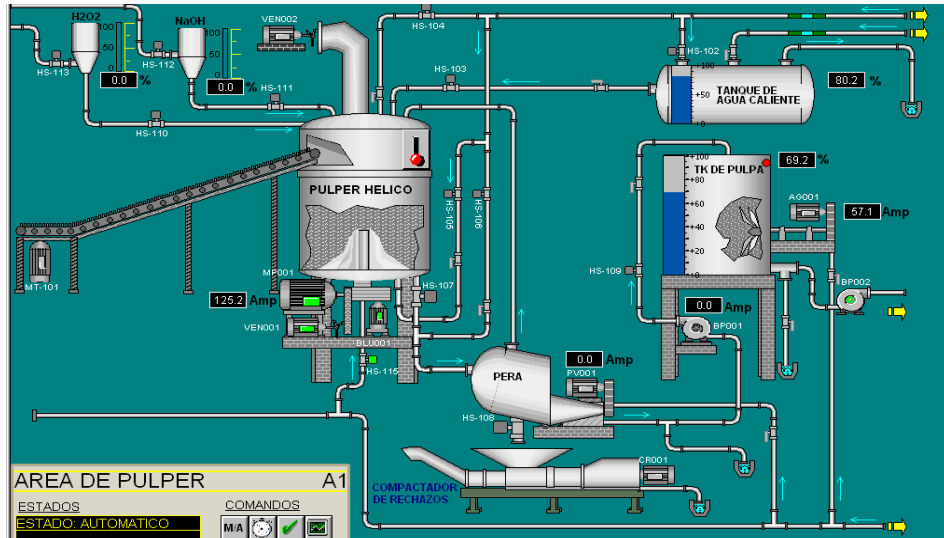


Figura N° 2.3 Variables Y Partes Del Pulper
Fuente: Manufactura Molinos

Limpieza PRE SCREEN:

Aquí se eliminan los contaminantes existentes en la pasta como: densidad, forma, tamaño y flexibilidad. Los equipos de esta fase se lo indican en la figura 2.4:

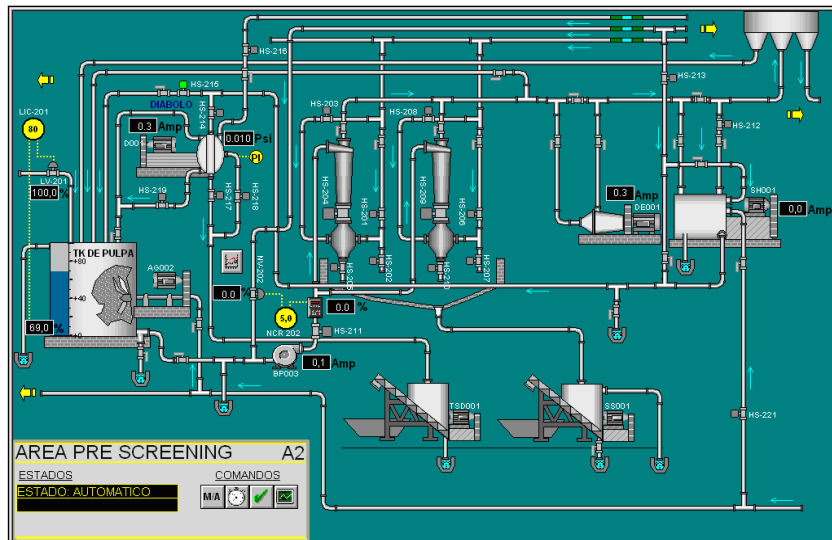


Figura N° 2.4 Área Pre Screening.
Fuente: Manufactura Molinos.

Destintado y Flotación:

Aquí se separa las tintas, gomas y otras partículas hidrofóbicas de la fibra, procurando minimizar la pérdida de fibras. La figura 2.5 muestra una foto del área de Flotación, y la figura 2.6 los elementos del área mencionada.



Figura No 2.5 Área Flotación.
Fuente: Manufactura Molinos.

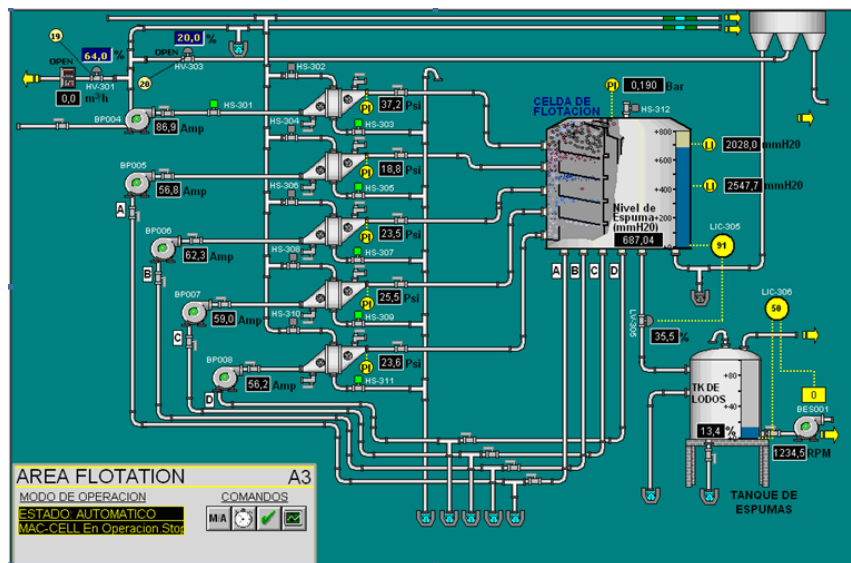


Figura No 2.6 Elementos Área Flotación.
Fuente: Manufactura Molinos.

Espesado:

El propósito es remover el agua de la pasta e incrementar su consistencia, esto significa separar sus componentes sólido y líquido en cierto grado (Altamirano, 2006). La figura 2.7 muestra el espesador.



FIGURA Nº 2.7 Espesador.
Fuente: Manufactura Molinos.

Máquina Papelera 5 MP5:

Esta parte del sistema tiene como objetivo convertir la pasta en una hoja de papel seco y ser rebobinado en bobinas grandes. La planta tiene varias etapas estas son:

Refinado:

Esta acción se lleva a cabo en los refinadores continuos de discos, figura 2.8. Donde las fibras fluyen paralelamente a los cruces de las cuchillas, el refinado y el desfibrado son consideradas operaciones separadas, en la práctica existe un traslape considerable.



Figura Nº 2.8 Refinador.
Fuente: Investigador.

Dos acciones están implicadas en esta etapa: los esfuerzos cortantes, causados por las acciones de tensión, enrollado y retorcido entre las barras y canales de los discos internos del refinador y los esfuerzos normales (de tensión o compresión) que están causados por las acciones de doblado, enrollado, retorcido,

aplastamiento, tracción y empuje sobre los agregados de fibras que se forman entre las superficies de las cuchillas (Altamirano, 2006).

Tanques de almacenamiento:

Su función es mantener la pasta en estado de suspensión, mediante el continuo funcionamiento de agitadores.

Drenado:

La pasta es bombeada hasta la caja de formación o inyector figura 2.9, donde comienza la formación de la hoja de papel, esta caja controla la cantidad de agua y pasta que se distribuye a través del labio del inyector y depositada tipo sanduche entre la malla y el fieltro, donde el agua es evacuada por medio de gravedad de la malla y el fieltro.



Figura № 2.9 Caja de formación.

Fuente: Manufactura Molinos.

Prensado:

Al eliminar el agua, el papel comienza a tener consistencia y se coloca en la sección de prensas, en esta fase el nivel de secado sólo se puede aumentar mediante presión mecánica ejercida en dirección perpendicular a la superficie de la hoja, esto se obtiene haciendo pasar la tira de papel entre el rodillo de presión (figura 2.10) y el YANKEE (Altamirano, 2006).



Figura № 2.10 Rodillo prensa.
Fuente: Manufactura Molinos.

Fieltro:

El fieltro es una lona que transporta la hoja de papel húmeda.

Caja de succión del fieltro:

Esta caja absorbe de la hoja de papel a través del fieltro el agua que ya no puede caer por gravedad, para ello utiliza una bomba de vacío que produce la succión logrando extraer aproximadamente un 80% del agua.

Secado:

Una vez que el papel ha adquirido consistencia, se elimina toda la humedad posible, esto se consigue aplicando calor al papel, la banda de papel se hace pasar por un gran rodillo de hierro llamado YANKEE (figura 2.11), en el que circula vapor a alta temperatura por su interior y una cubierta llamada capota que posee aire caliente (Altamirano, 2006).



Figura № 2.11 YANKEE, Capota.
Fuente: Manufactura Molinos.

Para el suministro de aire caliente a la capota se utiliza dos quemadores, que se encargan de calentar el aire a 450 °C, y transportado mediante un ventilador a la capota, con otro ventilador se recircula el aire sobrante y se mezcla con aire fresco para mantener el flujo y temperatura de aire necesario para secar la hoja de papel.

Bobinado:

El papel se despega del YANKEE por medio de cuchillas; y se enrolla en un rodillo denominado Reel (figura 2.12) en bobinas grandes, donde es embalado y almacenado.



Figura № 2.12 REEL.

Fuente: Manufactura Molinos.

Requerimientos energéticos:

Los tipos de energía utilizados en la planta son: energía eléctrica, energía térmica (diesel y bunker).

La energía eléctrica es utilizada para el funcionamiento de motores eléctricos, bombas y servicios. La energía térmica se utiliza en las calderas para generar vapor saturado y en los quemadores (HOOD), para calentar aire, Tanto el bunker como el diesel son utilizados en el proceso de secado de la hoja de papel.

Sistema de abastecimiento de agua:

La provisión se toma de vertientes naturales y del río Cutuchi, ubicados en la parte oriental de la fábrica, El agua es acumulada en una piscina ubicada a un costado del río, desde aquí se envía mediante bombas y una tubería de 4" de

diámetro a una piscina de sedimentación que se encuentra en la parte sur de la fábrica, con una capacidad de 1.200 m³. Esta agua es tratada en sitio, reduciendo el color y la turbiedad; luego de este tratamiento, se utiliza para todas las etapas de producción del papel, limpieza y en los baños e inodoros del personal de planta.

2.6- Fundamento Teórico

La evaluación y diagnóstico energético son herramientas que ayudan a identificar aspectos de los sistemas y procesos que no funcionen bien o que puedan ser objeto de mejora.

Según Aróstegui (1978) una investigación científica debe ser sustentada por una parte empírica y otra teórica, de ahí es necesario utilizar los métodos que caracterizan a cada una de ellas para desarrollar científicamente las mismas a partir de una clara caracterización del objeto, del planteamiento del problema, los objetivos, la hipótesis y las tareas.

La revisión bibliográfica está orientada a dos líneas fundamentales: La primera relacionada con el enfoque teórico y metodológico en la determinación del índice de Bond, y la segunda relacionada con el consumo de energía y con el porcentaje de carga en la fabricación del papel.

Importancia económica de un rendimiento elevado:

El concepto de rendimiento se asocia a la idea de pérdidas, la definición formal de rendimiento, es la relación entre la potencia mecánica útil para realizar trabajo y la potencia activa eléctrica suministrada para tal efecto (Pereira 2012).

Fuentes de Energías Utilizadas en la Industria Papelera:

En la industria papelera se utiliza energía eléctrica (electricidad), energía térmica (combustibles) como fuente de energía para el proceso productivo y áreas auxiliares. Para el caso de Familia Sancela Ecuador, el costo promedio de la planilla mensual en el 2012 por energía eléctrica es de 201.504,55 dólares, que corresponde 3.250.073,39 kWh. El monto promedio mensual por compra de

combustibles es \$ 120.412,39 que corresponde a 158.628,00 galones de diesel y bunker.

Identificación de Equipos Consumidores de Energía:

Entre los principales recursos utilizados para la fabricación del papel, en FAMIPRODUCT tenemos: vapor, aire comprimido, agua y energía eléctrica, por tanto los cambios implementados para reducir el uso de estos recursos suelen ser altamente rentables, siempre y cuando se logre establecer un compromiso económico, de tal manera que la inversión sea recuperada en el menor tiempo posible.

Para describir un proceso productivo y áreas complementarias, debemos identificar los principales equipos consumidores de energía. En el caso de la energía eléctrica, es posible que algún equipo opere pocas horas, indicando un consumo pequeño, no obstante, puede ser significativo para contribuir con la demanda registrada y facturada (Ministerio de Energía y Minas de Perú, mayo 2008).

A continuación en la figura 2.13 ilustramos el consumo de energía típica de una planta papelera, y en la figura 2.14 la relación típica de una planta papelera de acuerdo al consumo total de energía térmica.

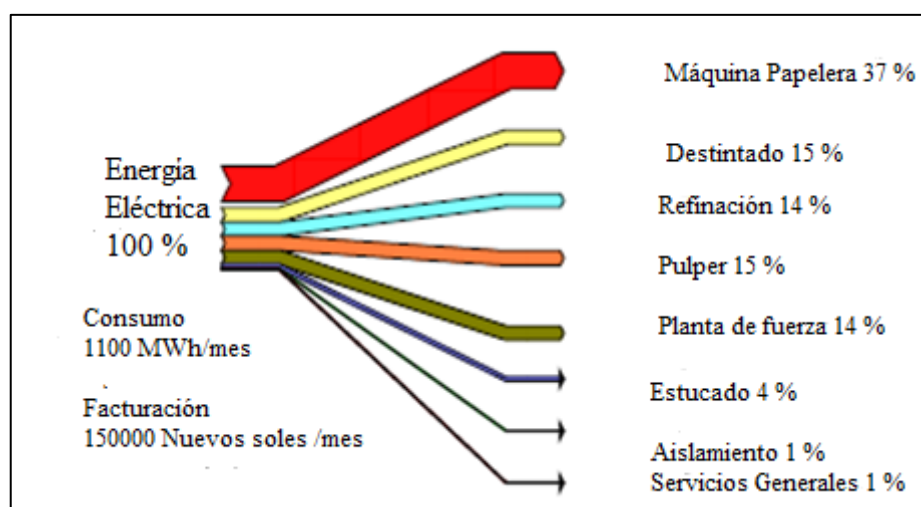


Figura Nº 2.13 Consumo de Energía Eléctrica por Equipos.
Fuente: Adaptación de Estudio Papelera, CENERGIA 2007

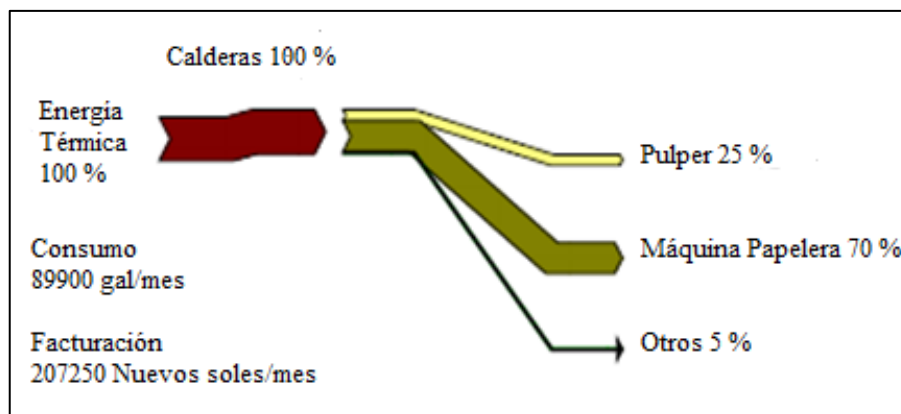


Figura Nº 2.14 Consumo de Energía Térmica por Equipos.
Fuente: Adaptación de Estudio Papelera, CENERGIA 2007.

Eficiencia Energética y Competitividad:

La eficiencia energética entendida como la eficiencia en la producción, distribución y uso de la energía necesaria para garantizar calidad total es parte del conjunto de problemas que afectan la competitividad de las empresas o instituciones (Hernández & Montero 2011)

Sin duda, la competitividad de una empresa es la calidad y el precio de sus productos o servicios, que es el detonante para la posición en el mercado. Un programa de eficiencia energética reduce costos, permite disminuir el precio sin afectar la calidad y mejora la competitividad de las empresas. Para un mejor entendimiento tenemos la Figura 2.15 que indica la Cadena de Eficiencia Energética – Competitividad.

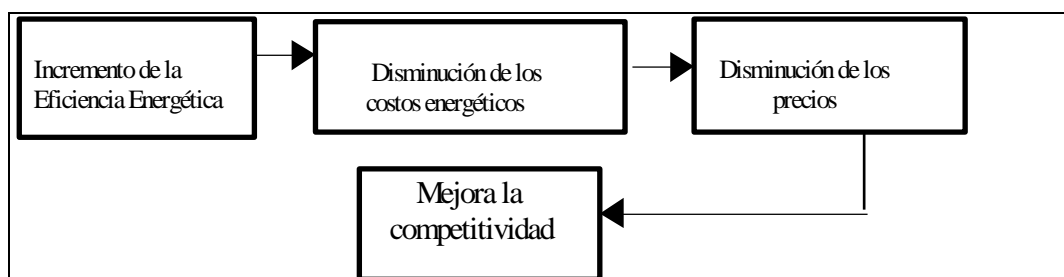


Figura Nº 2.15 Cadena eficiencia energética - competitividad.
Fuente: Diagnóstico y Auditoría Energética, ISMMM, 2011.

Por tanto, al mejorar la calidad se aumenta la productividad y la competitividad en calidad y precio, De acuerdo con lo anterior el rol de la eficiencia energética en la competitividad de la empresa debe verse desde dos ángulos: como un

elemento independiente que actúa directamente en el costo del producto o servicio y como un eslabón de reacción en cadena de mejorar la calidad que también provoca menos costo y mayor calidad (Hernández & Montero 2011).

Proyectos de control y mejoras que incrementan la competitividad:

Una cultura de administración por reacción hace que se ataque los efectos y no las causas de los problemas, no se profundiza en encontrar la causa raíz que provocó los mismos.

Para detectar puntos vitales que determinan los altos consumos, se requiere de la aplicación de herramientas estadísticas en diferentes regímenes de trabajo y de establecer prioridades en políticas de ahorro y control de la energía. Dentro de los más usados están Diagramas de Pareto, Histogramas, Estratificaciones, Análisis exergéticos, Análisis entrópicos, Balances termo-económicos (Hernández & Montero 2011).

Conceptos Básicos:

Los siguientes conceptos son básicos para una buena comprensión de la eficiencia energética.

Eficiencia: es la optimización de los recursos utilizados para la obtención de los resultados u objetivos previstos.

Eficacia: es la contribución de los resultados obtenidos al cumplimiento de los objetivos trazados.

Efectividad: es la generación sistemática de resultados consistentes integrando eficacia y eficiencia.

Eficiencia energética: es la optimización de los recursos energéticos para alcanzar los objetivos económicos de la Empresa. Se mide a través de indicadores de eficiencia energética.

Indicadores Energéticos que se usan para medir el desempeño de la Eficiencia Energética.

Indicadores Globales:

Los más utilizados por la OLADE (Organización Latinoamericana de Energía) son:

- Consumo Total de Derivados del Petróleo, Consumo Final de Energía y Consumo Final Per Cápita de Energía; se expresan en barriles de petróleo equivalente (bep) y bep/habitantes (bep/hab).
- Consumo Final de Electricidad y Consumo Final de Electricidad Per Capita; se expresan en Gigawatts-horas (GWh) y Kilowatts-hora/hab.
- Intensidad Energética: se define como el Consumo Final de Energía de un país entre su Producto Interno Bruto (este último expresado en dólares, \$); se expresa en bep/\$. Según OLADE (julio 1994) la intensidad energética promedio de la Región en ese año fue de 2,9 bep/\$.

$$1 \text{ bep} = 1,613944 \text{ MWh.}$$

$$1 \text{ barril de petróleo} = 0,15898 \text{ m}^3 = 5.6143 \text{ pie}^3 = 158,98 \text{ litros} = 42 \text{ galones}$$

Indicadores energéticos a nivel de Empresa:

Índice de Consumo: unidades de producto terminado por unidad de energía consumida. Este valor de índice de consumo puede ser calculado por tipo de producto o como índice de consumo general en el caso que el tipo de producción lo permita (si son varios productos diferentes pero de un mismo material, el índice puede reducirse a toneladas de ese material etc.). Si se consumen diferentes tipos de energía para un mismo producto debe determinarse el consumo equivalente haciendo compatibles los diferentes tipos. Este índice permite su comparación con las normas de consumo establecidas para la Empresa. Ejemplo de índices de consumo: Tn cemento / Tn equivalentes de petróleo; gramos equivalentes de petróleo / kWh; Kilogramos de vapor / Kilogramos de petróleo equivalente; MWh / cuarto noche ocupado.

El consumo equivalente de energía asociada a los productos o servicios realizados por la Empresa se expresa en toneladas de petróleo equivalentes. Las toneladas equivalentes de petróleo se determinan mediante factores de conversión que

relacionan el valor calórico real del portador energético con el valor calórico convencional asumido. Ejemplo.

	POR FACTOR DE CONVERSIÓN:	
Diesel	1.0534	
Gasolina	1.0971	= Toneladas equivalentes
Fuel oil	0.9903	de petróleo
Gas licuado	1.163	
MW	0.3817	

Tabla 2.1 Factores de Conversión.

Fuente: Diagnóstico y Auditoría Energética, ISMMM, 2011.

Estos factores pueden variar en dependencia del valor calórico real del portador energético, la actualización de los mismos puede obtenerse con los especialistas de energía del gobierno municipal o provincial.

Índice de gasto energético: gastos en energéticos por dólares de gastos totales de la Empresa. Generalmente se expresa en centavos de gastos energéticos por dólares de gastos totales. Este indicador está afectado por la fluctuación de los precios de sus componentes y no constituye un indicador de eficiencia energética, pero da una idea del peso del consumo energético en los gastos totales de la Empresa. Este indicador puede estratificarse y determinarse por tipo de energía consumida para conocer cuál aporta más a los gastos energéticos de la Empresa.

Índice relativo de la variación del gasto en energéticos: se determina para comparar un período con otro de la Empresa en el que se trabajó en igualdad de condiciones, para evaluar el impacto de medidas de control o técnico organizativas tendientes a disminuir los consumos energéticos. Se calcula como la variación de los gastos de energéticos en un período de tiempo dado con respecto a la variación de los gastos totales en el mismo período de tiempo. Este indicador nos muestra cómo fue en el período la variación de los gastos energéticos con respecto a la variación de los gastos totales. Puede interpretarse de diferentes formas en dependencia de las variaciones que ocurran en el numerador y denominador: dólares de disminución de los gastos energéticos por dólares de

incremento de los gastos totales, dólares de incremento de los gastos de energéticos por dólares incrementado en los gastos totales etc.

Intensidad Energética: A nivel de Empresa este indicador puede determinarse como la relación entre el consumo total de energía y el valor de la producción mercantil total. Nos refleja la tendencia de la variación de los consumos energéticos respecto al incremento de la producción.

Todos los indicadores de eficiencia y de consumo energético dependen de condiciones de la producción y los servicios de la Empresa como: factor de carga (es la relación de la producción real respecto a la capacidad productiva nominal de la Empresa), calidad de la materia prima, estado técnico del equipamiento etc. Debido a esto cada índice debe establecerse especificando las condiciones en que debe alcanzarse.

Competitividad: es la capacidad de un Empresa para sostener y expandir su participación en el mercado.

Herramientas de trabajo:

Las herramientas de trabajo son aquellas que nos permiten implementar las secuencias de mejora. Por su nivel de complejidad generalmente se clasifican en básicas, medias y avanzadas. Las básicas son aquellas que debe conocer todo miembro de un círculo o grupo de calidad y se basan en métodos estadísticos que permiten desarrollar un proceso deductivo que va de lo general a lo particular detectando las causas de los problemas. También permiten realizar una serie de observaciones de un mismo problema - como diferentes ángulos fotográficos - que crea una visión más completa del mismo. Las medias y de avanzada deben ser conocidas por los equipos y grupos de gestión de mejora ya que requieren un nivel académico y grado de especialización técnica para su comprensión, aplicación e interpretación.

La selección de las herramientas de trabajo para abordar un determinado problema de mejora puede ser determinante en el éxito de su solución, por ello

hay que prestar especial cuidado en esto para no invertir tiempo y recursos en obtener resultados erróneos por mala selección o utilización de las herramientas.

Herramientas básicas:

El empleo de estas herramientas sigue el principio de Pareto, de ahí que unas pocas de ellas (herramientas básicas) permiten resolver la mayor parte de los problemas.

Las herramientas básicas fundamentalmente son las siguientes:

- Diagrama de Pareto.
- Histogramas.
- Selección ponderada.
- Diagrama causa y efecto.
- Diagrama de dispersión
- Estratificación.
- Gráficos de control.
- Hoja de verificación.

Para mejorar el factor de potencia:

El factor de potencia es un tema importante para la industria. “Se puede definir como la relación entre la potencia activa (kW) y la potencia aparente (kVA) y es el indicativo de la eficiencia con que está utilizando la energía eléctrica para producir un trabajo útil. Un bajo factor de potencia (varía entre 0 y 1) limita la capacidad de los equipos y los arriesga a sobrecargas peligrosas y pérdidas excesivas de energía.

El origen del bajo factor de potencia son las cargas de naturaleza inductiva, principalmente motores de inducción, luces fluorescentes, equipos electrónicos y formas de onda distorsionadas (armónicas). El primer paso en la corrección de un problema de factor de potencia es prevenirlos mediante la selección y operación

correcta de los equipos. Los sistemas de compensación de reactivos condensadores principalmente son una forma práctica y económica de mejorar el factor de potencia, sobre todo en instalaciones existentes.

¿Por qué resulta dañino y caro mantener un bajo factor de potencia?

A la Industria:

- Aumento de la intensidad de corriente.
- Pérdidas en los conductores y fuertes caídas de tensión.
- Incrementos de potencia de las plantas, transformadores, reducción de su vida útil y reducción de la capacidad de conducción de los conductores.
- La temperatura de los conductores aumenta y esto disminuye la vida de su aislamiento.
- Aumentos en sus facturas por consumo de electricidad.

A la empresa distribuidora de energía:

- Mayor inversión en los equipos de generación, ya que su capacidad en kVA debe ser mayor, para poder entregar esa energía reactiva adicional.
- Mayores capacidades en líneas de transmisión y distribución así como en transformadores para el transporte y transformación de esta energía reactiva.
- Elevadas caídas de tensión y baja regulación de voltaje, lo cual puede afectar la estabilidad de la red eléctrica.

Equipos Compensadores de Potencia Reactiva

Los equipos empleados en la compensación de la potencia reactiva de las cargas son fundamentalmente:

- 1) Bancos de capacitores.
- 2) Condensadores sincrónicos (motores sincrónicos sobreexcitados).
- 3) Compensadores activos (basados en electrónica de potencia: SVC, FACTS, etc.).

De ellos, por su bajo costo, reducido mantenimiento y bajas pérdidas de energía, los bancos de capacitores son los compensadores más empleados en la industria.

1. Ventajas de Compensar el Factor de Potencia.

Las ventajas de mejorar el factor de potencia de una instalación industrial son:

- 1) Reducción de la factura eléctrica.
- 2) Liberación de capacidad en el sistema.
- 3) Reducción de las pérdidas de potencia y energía en el sistema.
- 4) Mejoramiento de las condiciones de voltaje en el sistema.

Reducción de la factura eléctrica:

El uso principal de los capacitores en la industria y a menudo el factor determinante para emplear motores sincrónicos en una instalación es la presencia en la tarifa eléctrica de una penalización por bajo factor de potencia.

Es común para inversiones de capacitores, que estas se paguen en plazos muy pequeños $\frac{1}{2}$ - 3 años para capacitores de 460 – 575 V o 2 – 6 años para capacitores de 230 V, solo por concepto del ahorro obtenido con la eliminación de la penalización por bajo factor de potencia.

De esta forma, el efecto en la factura de un incremento del factor de potencia puede ser considerable si el factor de potencia inicial es inferior al 90%. Por lo general, para tomar plena ventaja de la bonificación, se acostumbra compensar hasta un factor de potencia cercano al 96%.

Liberación de la capacidad del sistema:

Cuando los capacitores o motores sincrónicos están operando, ellos suministran los requerimientos de potencia reactiva de la carga y reducen la corriente circulante desde la fuente hasta el punto de ubicación de los compensadores. Menos corriente significa menor carga en kVA para generadores, transformadores, cables, etc.

Por lo tanto, los capacitores pueden utilizarse para reducir la sobrecarga de los circuitos o, si estos no están sobrecargados, permiten el incremento de la capacidad de carga de estos circuitos.

Por ejemplo, un conductor que está entregando una carga P a $\cos\phi_1$, ve una reducción de la corriente si el factor de potencia de la carga se incrementa a $\cos\phi_2$.

$$kVA_1 = \frac{P}{\cos\phi_1} \quad kVA_2 = \frac{P}{\cos\phi_2} \quad 2.2$$

$$kVA_2 = kVA_1 \frac{\cos\phi_1}{\cos\phi_2} \quad 2.3$$

Se define como **Capacidad Térmica Liberada** por el incremento del factor de potencia, o simplemente, Capacidad Liberada a la carga en kVA que puede ser añadida a la carga original a su mismo factor de potencia sin que se incremente la carga total en kVA del circuito.

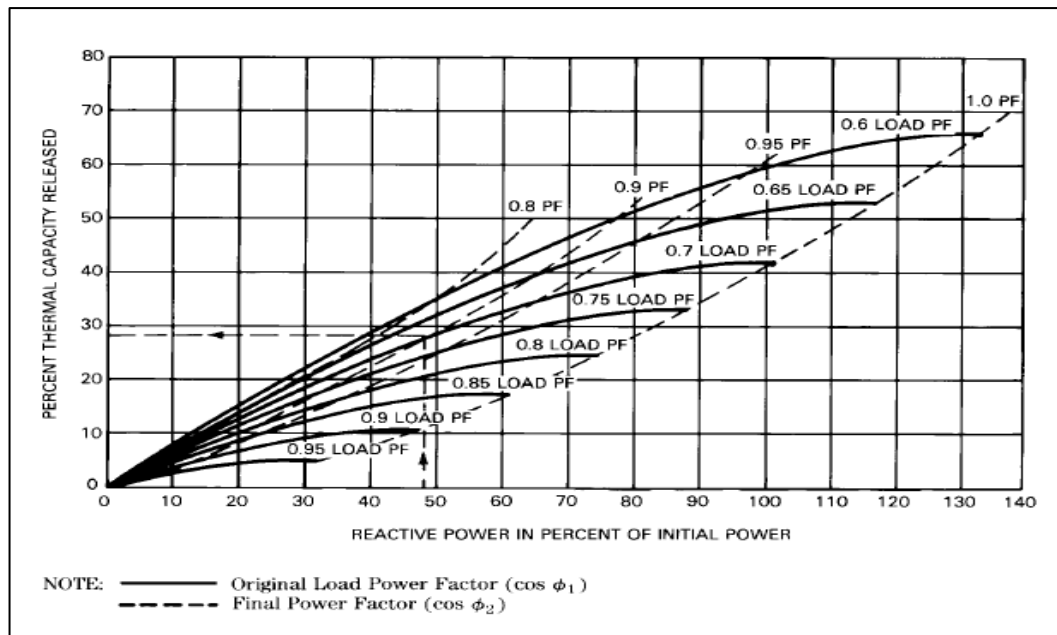


Figura № 2.16. Capacidad liberada.

Fuente: Diagnóstico y Auditoría Energética, ISMMM, 2011.

La figura 2.16 que se muestra, permite calcular la capacidad liberada en función del por ciento que representa la potencia reactiva de compensación con respecto a la carga inicial en kVA y de acuerdo al factor de potencia original de dicha carga.

Por ejemplo, un circuito con una carga original de 1000 kVA y factor de potencia 0.7, al instalarle un capacitor de 480 kVAr, libera una capacidad de 28.5%. Es

decir que pueden añadirse 285 kVA de carga a factor de potencia 0.7 sin que la carga total supere los 1000 kVA. El factor de potencia resultante sería de 0.9.

Si se considera que la carga original del circuito es P_1 y Q_1 y la carga final P_2 y Q_2 , pueden plantearse las relaciones.

$$P_2 = P_1 + Tc \cos \phi_1 \quad 2.4$$

$$Q_2 = Q_1 + Tc \operatorname{sen} \phi_1 - Qc \quad 2.5$$

Donde Tc es la capacidad liberada (thermal capacity) y Qc la potencia reactiva de compensación.

Como la potencia aparente inicial tiene que ser igual a la final, se tiene que:

$$P_1^2 + Q_1^2 = P_2^2 + Q_2^2 \quad 2.6$$

De esta forma, pueden obtenerse la capacidad liberada Tc para un capacitor dado, o el capacitor necesario para lograr determinada liberación de capacidad por las siguientes expresiones.

$$Tc = -(P_1 \cos \phi_1 + (Q_1 - Qc) \operatorname{sen} \phi_1) + \sqrt{(P_1 \cos \phi_1 + (Q_1 - Qc) \operatorname{sen} \phi_1)^2 - (Qc^2 - 2Q_1 Qc)} \quad 2.7$$

$$Qc = (Q_1 + Tc \operatorname{sen} \phi_1) + \sqrt{(Q_1 + Tc \operatorname{sen} \phi_1)^2 - (Tc^2 + 2Tc(P_1 \cos \phi_1 + Q_1 \operatorname{sen} \phi_1))} \quad 2.8$$

La evaluación económica de la compensación de reactivo por esta razón, debe comparar el costo de obtener la capacidad Tc deseada mediante capacitores o por el incremento de la capacidad del circuito en la subestación y otras facilidades. Valores de orientación para esta evaluación se ofrecen en la tabla 2.2

Voltaje del sistema V	Costo S subestación y facilidades (\$/kVA)	Costo C de capacitores (\$/kVA)	Relación S/C
240	40 - 50	18 - 20	2 - 2.8
480	30 - 40	8 - 10	3 - 5
600	25 - 35	8 - 10	2.5 - 4.4

Tabla № 2.2 Evaluación económica de la compensación de reactivo.
FUENTE: Diagnóstico y Auditoría Energética, ISMMM, 2011

Esto demuestra que en muchos casos es más barato liberar capacidad compensando el factor de potencia que incrementando la capacidad de la subestación y otras facilidades.

Reducción de pérdidas:

En la mayoría de las plantas industriales, las pérdidas de energía en el sistema de distribución representan entre el 2.5 – 7.5% de la energía consumida por las cargas. Esto depende de la variabilidad de las cargas, el calibre y longitud de los circuitos (Diagnóstico y Auditoría Energética, ISMMM, 2011).

Los capacitores solo reducen la parte de las pérdidas debido a la circulación de la potencia reactiva. Una variación de la potencia reactiva de la carga repercute en una disminución de la caída de voltaje. En la figura 2.17 se muestra la ubicación de los capacitores

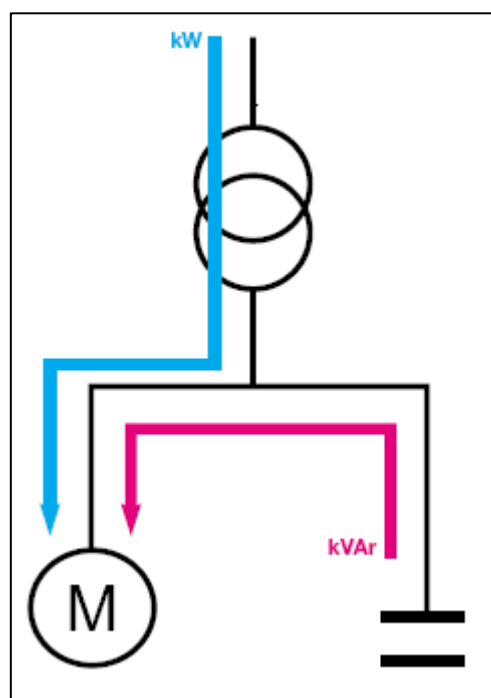


Figura Nº 2.17 Ubicación de capacitores.

Fuente: Diagnóstico y Auditoría Energética, ISMMM, 2011.

De esta forma, la conexión de bancos de capacitores al circuito, siempre incrementa los niveles de tensión en los nodos, por lo cual debe chequearse que el voltaje no crezca excesivamente. Sin embargo, la elevación experimentada en

plantas industriales con el uso de capacitores, rara vez supera el 4 – 5%, por lo que no es un problema que limite el uso de esta importante medida de ahorro de energía.

Localización de los Capacitores:

Todos los beneficios aportados por los capacitores se derivan de sus posibilidades de generación de potencia reactiva, las que permiten suministrar localmente dichas necesidades de reactivo a las cargas.

De esta forma, los generadores, cables, transformadores y demás elementos del sistema se descargan del reactivo circulante.

Por lo tanto, visto de esta forma, los máximos beneficios de los capacitores se obtienen cuando estos se ubican cerca de las cargas.

Es por esto, que siempre que sea posible, los capacitores deben localizarse lo más cerca posible de la carga en el nivel de tensión de utilización 480 – 600 V.

La mejoría del factor de potencia, la liberación de capacidad eléctrica y la reducción de las pérdidas de potencia y de las caídas de voltaje se hacen efectivas desde el punto de ubicación hacia la fuente de suministro. En la figura 2.18 muestra las ubicaciones que pueden tener los capacitores dentro de un circuito.

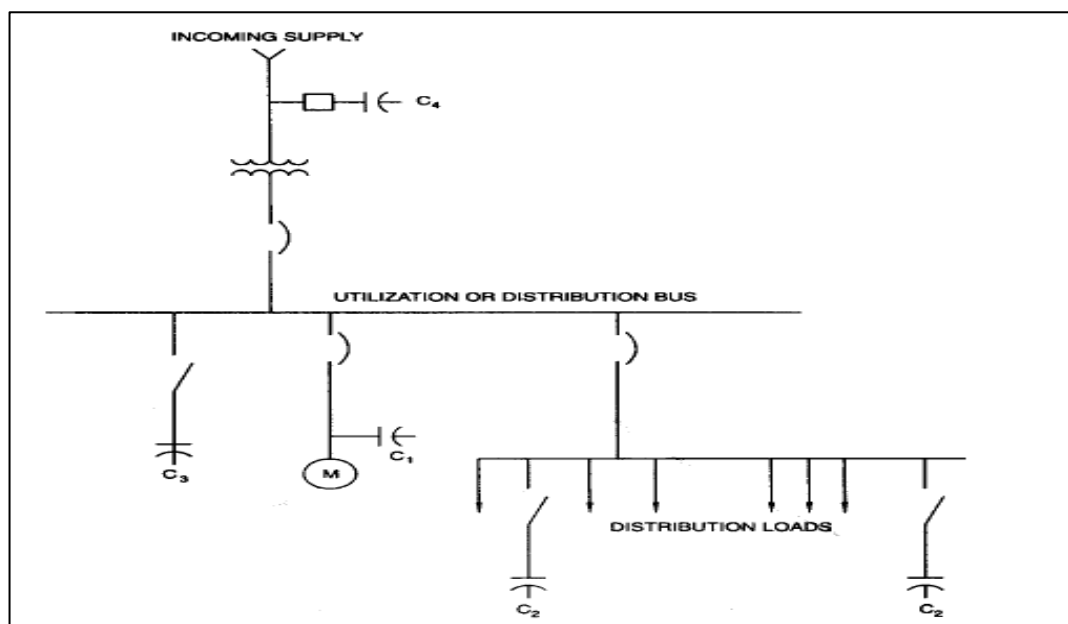


Figura Nº 2.18. Ubicación de capacitores dentro de un circuito.
Fuente: Diagnóstico y Auditoría Energética, ISMMM, 2011.

- 1) En los bornes de motores asincrónicos >25 kW (unidad motor-capacitor).
- 2) En las pizarras de fuerza de baja tensión.
- 3) En los centros generales de distribución de baja tensión.
- 4) En el centro general de distribución de media tensión.

Ubicación de condensadores:

Desde el punto de vista técnico las mejores ubicaciones serían C1 y C2, ya que son las más cercanas a la carga. Sin embargo, no es siempre práctico o económico localizar los capacitores de esta manera.

La mayoría de las instalaciones industriales contienen un gran número de cargas pequeñas que no son adecuadas para compensar mediante capacitores, que por ser fabricados en tamaños estándar no se adaptan a las necesidades de reactivo de dichas cargas.

Por otra parte, no todas estas cargas están conectadas permanentemente a la red, por lo que es posible sacar ventaja del factor de diversidad de dichas cargas con una localización centralizada en C3. Por ejemplo, si solo el 50% de la carga está conectada en cada momento, el banco de capacitores solo requiere la mitad de la potencia reactiva necesaria para compensar el total de la carga.

Características de los capacitores:

La norma ANSI/IEEE 18-1980, establece los valores límites para el funcionamiento de los capacitores de potencia. Según esta norma, un capacitor de potencia debe cumplir los siguientes requerimientos límites:

- 1) Soportar el 110% del voltaje nominal rms ($V \leq 1.1 V_N$)
- 2) Soportar el 120% del voltaje pico nominal ($V_{pico} \leq 1.2 V_N$).
- 3) Soportar el 180% de la corriente nominal rms ($I \leq 1.8 I_N$).
- 4) Soportar el 135% del reactivo nominal ($Q \leq 1.35 Q_N$).

Control de los bancos de capacitores:

Los bancos de capacitores se clasifican por su modo de operación en: bancos fijos y bancos controlados.

Los bancos fijos están permanentemente conectados al sistema, aportando el total de su potencia reactiva en todo momento.

Los bancos controlados están compuestos por una o varias unidades capacitivas que se conectan o desconectan por determinada estrategia, que pueden ser por tiempo, voltaje, corriente o controlado por factor de potencia.

Control por tiempo: Este es el tipo de control más sencillo y barato. Normalmente es un control on/off que se programa para que todos los días conecte el banco solo en el período de tiempo en que resulte más necesario el reactivo, evitando la sobrecompensación en el resto del día.

Control por voltaje: Se emplea cuando el voltaje en el punto de conexión del capacitor se reduce ante un incremento de la carga. Requiere una señal de voltaje y tiene la ventaja de evitar cualquier tipo de sobre voltaje debido a los capacitores, pero no sigue el ciclo de carga reactiva.

Control por corriente: Se utiliza cuando la variación de voltaje con el incremento de la carga es muy baja para utilizar un control por voltaje. Es efectivo cuando la carga máxima del circuito supera dos o tres veces la carga mínima y generalmente se emplea en circuitos con grandes cargas que funcionan intermitentemente. El sensor debe medir la corriente en el lado de la carga.

Control por factor de potencia: Se basa en obtener señales de voltaje y corriente de la red que permiten determinar el factor de potencia y por lo tanto controlar este parámetro a un valor prefijado. En la figura Nº 2.19 se muestra la forma de conexión de los transformadores de corriente en distintas configuraciones para controlar correctamente el factor de potencia de la instalación.

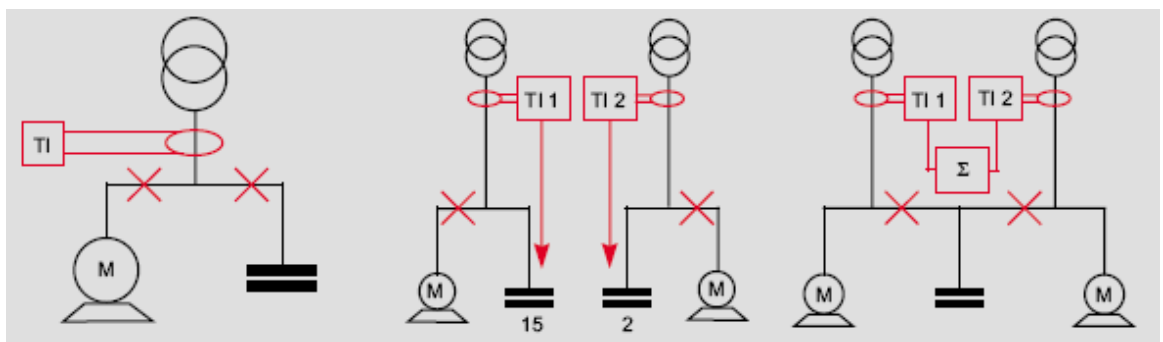


Figura Nº 2.19 Conexión de los transformadores de corriente.

Fuente: Diagnóstico y Auditoría Energética, ISMMM, 2011.

Al seleccionarse el banco de capacitores, debe tenerse en cuenta que para mantener el factor de potencia en el valor deseado, el banco tiene que tener una potencia total mayor que la necesaria para obtener dicho factor de potencia en el horario de máxima carga.

2.7- Eficiencia de los Motores Eléctricos

Cuando un motor trabaja a una carga diferente de la nominal se produce una variación en la eficiencia. De acuerdo a la información de diferentes fabricantes se sabe que la mayor eficiencia de un motor, se obtiene en torno al 85% de factor de carga, en el caso de motores de alta eficiencia y al 75% para motores de eficiencia estándar. Los datos para determinar la eficiencia del motor se encuentran en el anexo 4.

Paso 1. Evaluar la potencia estándar demandada a partir de las mediciones eléctricas.

$$Pot_{STDdele} = \frac{(\sqrt{3})(V_{STD_p})(I_{STD_p})(FP_{SRD_p})}{1000} [kW] \quad (3.1)$$

Sustituyendo los valores de las mediciones en la ecuación (3.1) se tiene potencia demandada por el motor actual.

Paso 2. Evaluar el factor de carga y la eficiencia del motor actual

$$Si, \quad FC_{STD} = \frac{hp_{flecha}}{hp_{placa}} = \frac{Potencia.en.la.flecha}{Potencia.nomin al} \quad \text{Donde}$$

(3.2)

$$Potencia.en.la.flecha = \frac{(Potencia.eléctrica)(\eta)}{0.746 \frac{kW}{hp}} \quad \text{Por lo tanto}$$

$$FC_{STD} = \left[\frac{(Pot_{STDdele})(\eta)}{(hp_{placa})(0.746)} \right] \quad (3.3)$$

$$\eta_{STD} = \left(\frac{FC_{STD} - FC_1}{FC_2 - FC_1} \right) (\eta_2 - \eta_1) + \eta_1 \quad (3.4)$$

Paso 3. Efectuar los ajustes a la eficiencia

El ajuste a la eficiencia del motor actual se realiza por medio de la ecuación siguiente

$$\eta_{STDajustada} = FA_{dv}(\eta_{STD} + FA_w - FA_{re}) \quad (3.5)$$

Dónde: FA_{vv} .- Factor de ajuste por diferencia en tensión. La diferencia en tensión se define como la relación de la tensión trifásica promedio de línea y la tensión indicada en placa, tal como se muestra en la ecuación 3.6.

$$VV_{STD} = \left(\frac{V_{STDp}}{V_{STDplaca}} - 1 \right) \quad (3.6)$$

Una vez determinada la diferencia de tensión se puede calcular el factor de ajuste por medio de la ecuación 3.7

$$FA_w = (VV_{STD})[0.07 - 1.334(VV_{STD})] - 0.0009 \quad (3.7)$$

✓ FA_{dv} .- Factor de ajuste por desbalanceo en tensión

El desbalanceo en tensión se define como la máxima desviación de la tensión de línea, al valor promedio del sistema, entre la tensión promedio, como se muestra en la ecuación 3.8.

$$DV_{STD} = \left(\frac{\text{Max}\{(V_{STDmax} - V_{STDp}) \text{ ó } (V_{STDp} - V_{STDmax})\}}{V_{STDp}} \right) \quad (3.8)$$

Una vez determinado el desbalanceo en tensión el factor de ajuste por desbalanceo en tensión, se puede calcular con la ecuación 3.9.

$$FA_{dv} = 1 - (DV_{STD})[0.0113 + 0.0073(DV_{STD})] \quad (3.9)$$

Paso 4. Determinar la potencia al freno del motor actual (estándar)

$$Pot_{STDmec} = (\eta_{STDajustada})(Pot_{STDde}) \dots [kW, hp] \quad (3.10)$$

En este caso Pot_{STDmec} es la energía mecánica entregada al sistema motriz accionado por el motor actual y será la misma para el motor de alta eficiencia.

Paso 5. Proponer nuevo motor de Alta Eficiencia

Una vez conocida la potencia al freno se selecciona el motor de alta eficiencia para que trabaje cerca del 75% de carga.

$$Pot_{AEmec} = \left[\frac{Pot_{STDmec}}{0.75} \right] \dots \dots [hp, kW] \quad (3.11)$$

Una vez determinada la potencia necesaria en el motor de alta eficiencia se debe calcular el factor de carga al cual trabajara a través de la siguiente relación:

$$FC_{AE} = \left[\frac{Pot_{STDmec}}{Pot_{AEplaca}} \right] \quad (3.12)$$

Donde $Pot_{AEplaca}$ estará determinada por la potencia del motor inmediato superior a la obtenida por la ecuación 3.12, que en este caso es de 60 hp.

Paso 6. Determinar la eficiencia del nuevo motor

Con base al factor de carga se determina la eficiencia del nuevo motor de acuerdo al catálogo de fabricante (motor de alta eficiencia, 60hp, abierto y 1800 r.p.m.). Como no coinciden los valores del factor de carga con los datos del Anexo 4, será necesario interpolar con la siguiente ecuación y los valores correspondientes.

$$\eta_{AE} = \left[\frac{FC_{AE} - FC_1}{FC_2 - FC_1} \right] (\eta_2 - \eta_1) + \eta_1 \quad (3.13)$$

La siguiente ecuación se deriva de la (3.1), con $F_{Are}=0$, por ser un motor nuevo,

Paso 7. Efectuar los ajustes a la Eficiencia

$$\eta_{AE} = 0.9488 \text{ y } FA_{dv} = 0.9999 .$$

$$\eta_{AEajustada} = FA_{dv}(\eta_{AE} + Fa_w) \quad (3.14)$$

Paso 8. Calcular la potencia demandada por el nuevo motor

Con la eficiencia, la potencia de placa y el factor de carga al que trabajará el nuevo motor se calculan la potencia eléctrica que demandará.

$$Pot_{AEele} = \frac{(Pot_{AEmec})(FC_{AE})(0.746)}{\eta_{AEajustada}} \dots\dots [kW] \quad (3.15)$$

Paso 9. Cálculo de ahorro energético y económico

- Cálculo del ahorro en Potencia (Demanda)

Para obtener el ahorro se resta el valor de la potencia que demandará el nuevo motor de alta eficiencia a la demanda el motor actual.

$$A_D = Pot_{STDele} - Pot_{AEele} \dots\dots [kW] \quad (3.16)$$

- Cálculo del ahorro en Energía (Consumo)

Con el ahorro en demanda y las horas de operación al año, se calcula el ahorro de energía al año (kWh/año).

$$A_c = (A_D)(hora.de.operación.al.año) \dots\dots [kWh/ año] \quad (3.17)$$

- Cálculo de ahorro económico

Con el ahorro en consumo y demanda se calcula el ahorro económico anual.

$$A_E = (12)(A_D)(Costo_D) + (A_C)(Costo_{CPonderado}) \dots\dots [$/ año] \quad (3.18)$$

Donde el $Costo_D$ se obtiene de los datos de facturación. El $Costo_{CPonderado}$ en el Anexo 2 se muestra cómo se calcula

Paso 10. Periodo de amortización o Período Simple de Recuperación

$$P.S.R. = \frac{Inversión}{A_E} \dots\dots [años] \quad (3.19)$$

2.8- Calculo del rendimiento de las calderas

Procedimientos para el rendimiento de una Caldera por el método directo

Dónde:

$$PV = \eta = \frac{P_V (H_V - h_{fe})}{b \times PCI} \quad \text{Producción de vapor [kg/h]}$$

HV = Entalpía del vapor [kcal/kg] fe = Entalpía del fluido de entrada [kcal/kg]

b = Consumo de combustible [Ud. de combustible/h]

PCI = Poder Calorífico Inferior del combustible [kcal/Ud. de combustible]

Se observa que para calcular el rendimiento de la caldera por este método es necesario conocer la producción horaria del vapor así como el consumo de combustible.

2.9- Marco legal vigente.

- NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN-ISO 50001: 2012

Requisitos legales y otros requisitos:

La organización debe identificar, implementar y tener acceso a los requisitos legales, aplicables y otros requisitos que la organización suscriba relacionados con su uso y consumo de la energía, y su eficiencia energética.

La organización debe determinar cómo se aplican estos requisitos a su uso y consumo de la energía y a su eficiencia energética, y debe asegurar estos requisitos legales y otros requisitos que la organización suscriba se tengan en cuenta al establecer, implementar y mantener el SGen.

Los requisitos legales y otros requisitos deben revisarse a intervalos definidos. Más información está en el Anexo 1.

Glosario de términos:

Flotación es un proceso fisicoquímico de tres fases (sólido-líquido-gas) que tiene por objetivo la separación de especies minerales mediante la adhesión selectiva de partículas minerales a burbujas de aire. ([wikipedia.org/wiki/Flotación_\(proceso\)](http://wikipedia.org/wiki/Flotación_(proceso)))

SCREENING o CLEANING, son equipos separadores de partículas y de tintas, suspendidos en la pasta (Manufactura Molinos).

MP5, Maquina Papelera 5 (Manufactura Molinos).

PP5, Planta de Preparación de Pasta 5.

MP2, Maquina Papelera 2 (Manufactura Molinos)

PP2, Planta de Preparación de Pasta 2

YANKEE, es un cilindro hueco metálico grande, al que se introduce vapor para calentar la superficie, sirve para secar una de las caras de la hoja de papel, la otra cara es secada en la capota (Manufactura Molinos FAMIPRODUCT).

El papel tisú (en inglés *tissue*) es un papel higiénico fino absorbente hecho de pulpa de celulosa. Se suele fabricar con varias capas como papel higiénico, papel para la cocina, servilletas o pañuelos de papel. ([ttp:// org.Tissue](http://org.Tissue))

Manufactura o fabricación es una fase de la producción económica de los bienes. Consiste en la transformación de materias primas en productos manufacturados, productos elaborados o productos terminados para su distribución y consumo (<http://org./Manufactura>)

CAPITULO III

METODOLOGIA

En este capítulo se define la metodología para realizar la investigación, el enfoque metodológico, la modalidad, el tipo de investigación, el nivel y las técnicas e instrumentos a utilizar. Además se declara la muestra para aplicar los instrumentos de recolección de información.

3.1- Diseño de la Investigación

En el presente trabajo se empleó una investigación exploratoria: Es considerada como el primer acercamiento científico a un problema, se utiliza cuando aún no sido suficientemente estudiado y las condiciones existentes no son aún determinantes. También se utilizó una investigación bibliográfica ya que se realizó una revisión para conocer el estado del arte sobre el tema tratado.

Otro método utilizado fue cuantitativo cualitativo, debido a que se manipulan variables independientes ejerciendo el máximo control. Se define una metodología cuantitativa cuando sus instrumentos suelen recoger datos cuantitativos los cuales también incluyen la medición sistemática, y se emplea el análisis estadístico como característica resaltante. La metodología es cualitativa porque se basa en el análisis subjetivo e individual, esto la hace una investigación interpretativa, referida a lo particular.

3.2- Modalidades de investigación

Investigación Documental: se utilizó con el apoyo de fuentes de carácter documental. Como subtipos de esta modalidad de investigación se encuentra la bibliográfica y la hemerográfica; la primera se basa en la consulta de libros de la temática de gestión y eficiencia energética, la segunda en artículos o ensayos de revistas energéticas, IEEE entre otras.

Investigación de Campo: Este tipo de investigación se apoya en informaciones que provienen de entrevistas, cuestionarios y observaciones. Esta se obtiene con información directa de la realidad en que se encuentra, por lo tanto, implica observación directa del autor a través de entrevistas a trabajadores de la empresa, que luego son analizadas para establecer los paradigmas de la investigación.

Investigación Exploratoria: Es la que se realiza con el propósito de destacar los aspectos fundamentales de la problemática tratada con el objetivo de la familiarización del objeto de estudio o problema de investigación, uno de sus resultados fue la identificación del problema, delimitar el problema, argumentar la hipótesis, recoger información para formular los procedimientos adecuados para elaborar la propuesta del trabajo.

3.3 Instrumentación y aplicaciones informáticas

3.3.1 .Flujo de potencia a través del Easy Power

En la investigación se usó la herramienta Easy Power, con el fin de modelar y simular el sistema para calcular las principales variables eléctricas del suministro eléctrico de la empresa, para obtener los flujos de potencias a frecuencia fundamental, las pérdidas de energías y el factor de potencia con vista a conocer el comportamiento de las cargas con mayores consumos de energía eléctrica.

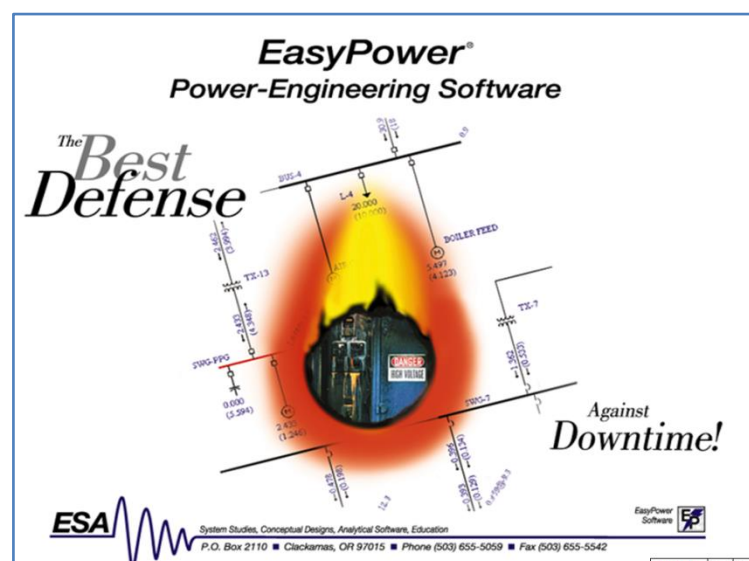


Fig. 3.1 Herramienta informática Easy Power

3.3.2. Analizador de red tipo AEMC 3495

[AEMC 3495] Es un analizador de energía que permite la medición de las variables eléctrica en sistemas trifásicos y monofásicos. Mide y cuantifica la tensión, la corriente, factor de potencia y pérdidas de energía causadas por la corriente fundamental y armónicas a demás problemas de desequilibrio. Posee su software para la descarga de datos a la PC, el Power Log PC Application Software V3.3.

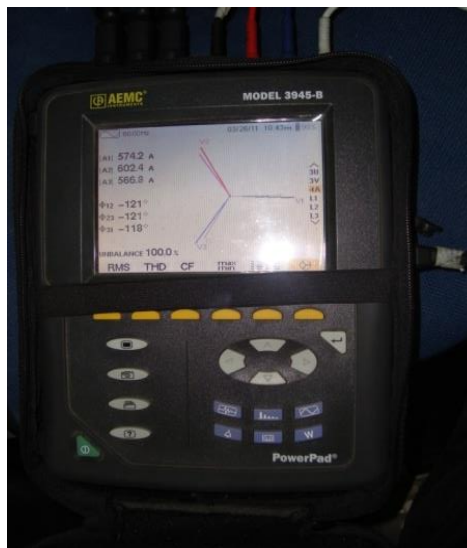


Fig. 3.2 Analizador de redes tipo AEMC 3495

3.4- Categorías Fundamentales

El proyecto abarca directamente el uso y racionalización de la energía, reduciendo la demanda de los portadores energéticos, por lo tanto es indispensable determinar las variables de estudio

3.5- Operacionalización de las variables

En la Tabla Nº 3.1 se muestra la Variable Independiente VI, y en la Tabla Nº 3.2 se observa la Variable Dependiente VD.

Tabla № 3.1 VI: Evaluación del consumo de portadores energéticos.

Concepto	Categoría	Indicadores	Ítem	Técnicas	Instrumentos
Un portador de energía es o bien una sustancia o un fenómeno que se puede utilizar para producir trabajo mecánico o calor o para operar los procesos químicos o físicos.	Consumo Energético	Pérdidas de corriente	Amperios	Investigación de Campo	Analizador de redes
		Pérdidas de tensión	Voltios		
		Producción de papel	Toneladas	Investigación Documental	Reportes de máquinas elaboradora
		Indicador de eficiencia	Cos ϕ	Investigación de Campo	Analizador de Como esultadorede
		Potencia activa y reactiva	kW, kVAr		

Elaborado por el investigador

Tabla № 3.2 VD: Eficiencia Energética

Concepto	Categoría	Indicadores	Ítem	Técnicas	Instrumentos
Conjunto de acciones que permiten el ahorro de energía eléctrica, térmica, etc.	Eficiencia energética	Energía eléctrica consumida vs producción	kWh/T	Investigación de Campo	Analizador de redes, reporte de producción
		Consumo del portador de energía	%	Investigación de Campo, experimental	Analizador de redes Ecuaciones
		Costos asociados a la producción	usd	Investigación experimental	Fórmula

Elaborado por: Investigador

3.6- Población

Población Encuestada: En la presente investigación se realizó una entrevista al personal administrativo y de servicio de la empresa, con el objetivo de conocer el proceso tecnológico, las horas de trabajo de cada equipamiento, las exigencias en

cuanto a mantenimiento, para determinar cuáles eran los mayores consumidores de energía eléctrica. En la Tabla № 3.3 se muestra las Personas entrevistadas

Tabla № 3.3: Personas entrevistadas

Personal	cantidad	Porcentaje %
Operadores	4	36,36
Operadores Calderos	2	18,18
Superintendente	1	9,09
Supervisor	2	18,18
Mantenimiento Eléctrico	2	18,18
Total	11	100

Elaborado por: Investigador

Las entrevistas se efectuaron para dos grupos, el primero dirigido a los operadores y el segundo grupo para los supervisores, personal de mantenimiento y superintendente.

Las mediciones se realizaron con un analizador de redes tipo AEMC 3495. Se registraron las variables siguientes: tensión, corriente, potencia activa, reactiva y aparente, factor de potencia, lo que permitió la actualización del esquema unifilar de la empresa, el lugar de instalación de los medidores de energía fue en la parte de baja del transformador de la subestación principal de la empresa y en centro de carga de motores (CCM Q1).

3.7 Métodos y técnicas a ser empleadas

Entrevista: Como se dijo anteriormente una de las técnicas aplicadas fue la entrevista, a personas consideradas expertos, donde para su selección se consideraron los siguientes requisitos: tener más de 10 años de experiencia en la explotación de las máquinas o de especialistas en la producción, tener experiencia con más de 8 años en los procesos tecnológicos de producción de papel.

En el diseño de las entrevistas fue a través de preguntas relacionadas con el sistema productivo, tipo de tecnología, frecuencias de uso del equipamiento, mantenimiento del equipamiento y consumo de energía. El objetivo de las entrevistas estaba relacionado con evaluar el conocimiento sobre la gestión energética, las políticas de ahorro, el desarrollo de proyectos de mejora para el uso

racional de energía, la capacitación y el sistema de información y divulgación sobre el uso de la energía. En el anexo 1 aparece el diseño de la entrevista.

3.7.1- Las mediciones

Las mediciones para el portador electricidad se realizaron en el circuito correspondiente al transformador MP5 DC de 1.5 MVA, tensión 460 V, tres conductores por fase calibre 500MCM tipo THW, donde se utilizaron dos analizadores de redes tipo AEMC 3495, que monitorearan en tiempo sincronizado. Los puntos de medición fueron:

- **Punto T:** Bushings de salida a 460 V del transformador de 1.5 MVA (Q1 diagrama .unifilar).
- **Punto CEL:** Entrada a tablero de distribución del centro de control de motores (CCM5).

Una de las características del transformador en el momento de realizar la medición era que su nivel de carga no sobrepasaba el 32 %.

3.7.2- El Fichaje

Con esta técnica auxiliar se recopiló información adicional que no pudo ser incluida en la entrevista como: año de fabricación de los motores, potencias, rendimiento, voltaje nominal de operación, marca, etc.

3.8- Procedimiento de la Investigación

El procedimiento utilizado en la presente tesis para lograr la reducción de consumos y el establecimiento de los índices energéticos en el proceso de producción del papel tenemos los siguientes pasos.

1. Aplicación y procesamiento de las entrevistas a los expertos seleccionados.
2. Recolectar información de reportes diarios de la planta de procesamiento de papel, para obtener datos de los pasaportes de las diferentes

maquinarias, datos del transformador, información sobre los conductores respecto al calibre y longitud de los cables.

3. Selección de los puntos de medición
4. Utilizar la herramienta Microsoft Excel 2010, para realizar gráficos y diagramas: control del consumo de energía, control del índice de consumo de combustible, consumo y producción en el tiempo (E–P vs. T), dispersión y correlación (E vs. P), índice de consumo – producción (IC vs. P).
5. Identificación de los portadores energéticos.
6. Modelación del sistema de suministro mediante la herramienta informática Easy Power para determinar los flujos de potencias, pérdidas de energías y factor de potencia.
7. Identificación de variables significativas
8. Determinación de índices energéticos
9. Determinación de oportunidades de ahorro
 - a) Determinación de la eficiencia en los motores con vista a la sustitución por otro de mayor eficiencia.
 - b) Calculo de la eficiencia en las calderas
10. Determinación de la valoración técnica económica y social de la propuesta

CAPITULO IV

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

En el presente capítulo se muestran los resultados de las entrevistas, las mediciones, simulaciones para evaluar el comportamiento de la red de suministro eléctrico y el cálculo de índices energéticos.

4.1 Resultados de las Entrevistas

De los criterios obtenidos en estas entrevistas se obtuvo una información precisa de los procesos de fabricación del papel y el consumo de energía de los equipos.

Como resultado de las entrevistas realizadas al personal técnico se apreció que gran parte de este personal tiene conocimiento sobre la necesidad de implementar medidas de ahorro en las áreas, conoce el impacto que genera el proceso productivo al medio ambiente, poseen capacitación en el tema y pueden aportar al uso racional de la energía al conocer los principales consumidores y su incidencia en los indicadores de consumo de energía de la planta.

En cuanto a los operadores se comprobó que conocen los portadores energéticos existentes en la planta (vapor y electricidad), además que hay oportunidades de ahorro al implementar medidas en el proceso, poseen conocimiento del impacto ambiental generado en los procesos productivos que están asociados, manifiestan que la empresa realiza auditorías y estímulo moral con relación al uso eficiente de la energía. Las entrevistas y sus resultados, se puede observar en el Anexo 1.

4.2 Características Generales de la Planta Familia Sancela

La planta cuenta con información cuantitativa sobre el consumo energético y en la tabla 4.1 y en la figura 4.1 una vista general e información general de la empresa.

Tabla № 4.1 Información General De La Empresa

UBICACIÓN DE LA PLANTA	Lasso, Km 20
SITIOS DE PRODUCCIÓN	01
SUPERFICIE MEDIA DE LAS INSTALACIONES	23000 m ²
NUMERO DE EMPLEADOS	929

Fuente: Manufactura Molinos, elaborado: Investigador



Figura № 4.1 Vista General de fábrica, Fuente: KAMANA

Para realizar un plan de ahorro es conveniente preparar la información necesaria que nos lleve a tener un diagnóstico energético, para esto se comienza con la toma de datos para el posterior análisis, se lo conoce como censo de carga.

4.3 IDENTIFICACIÓN DE LOS PORTADORES ENERGÉTICOS

La empresa utiliza tres portadores: electricidad, diésel y bunker, que aportan una cantidad total de energía de 9'151.219 kWh/mes cuya participación dentro de los procesos productivos en la planta industrial se muestra en la figura 4.2.

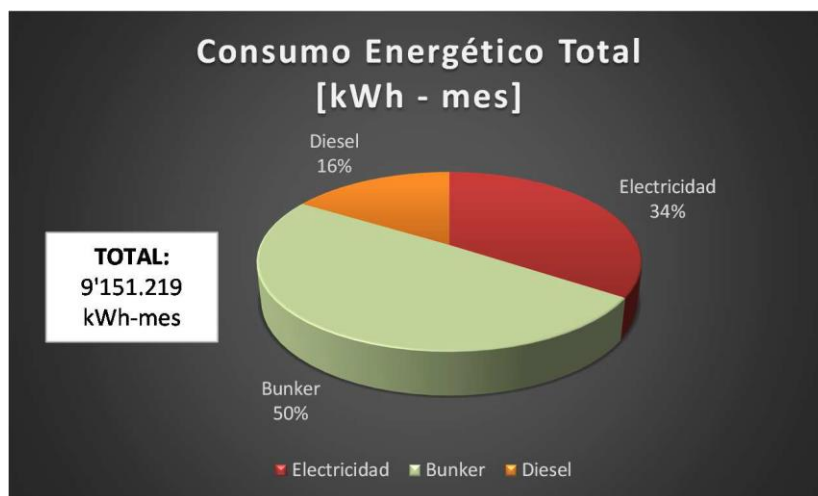


Figura 4.2 Distribución de consumo mensual por Energético

Como se puede observar en la mostrada el portador de mayor consumo es el bunker con un 50% el menos significativo es el diésel con solo un 16% de consumo. En la tabla 4.2 y 4.3 se muestran los usos más significativos para estos portadores

Tabla 4.2 Distribución de consumos Bunker

Uso Significativo	Consumo Nominal (kWh)	Consumo Mensual (kWh)	Porcentaje del Total
Máquina Papelera 5 MP5	61230600	2715225,6	60%
Máquina Papelera 2 MP2	61230600	1810150,4	40%

Fuente: Manufactura Molinos, Elaborado: Investigador

Tabla 4.3 Consumo de bunker vs producción en los años 2011-2012

Año	Mes	Producción [TON]			Consumo Búnker [Gal/mes]	Consumo Búnker [KWh/mes]
		MP2	MP5	MOLINOS		
2011	Enero	596,887	1257,009	1853,896	108651	4834970
	Febrero	579,793	1288,09	1867,883	110283	4907594
	Marzo	587,968	1181,916	1769,884	108780	4840710
	Abril	697,008	1550,423	2247,431	134860	6001270
	Mayo	604,748	1248,833	1853,581	116130	5167785
	Junio	562,625	1208,239	1770,864	97692	4347294
	Julio	699,804	1604,972	2304,776	130467	5805782
	Agosto	588,084	1302,735	1890,819	106616	4744412
	Septiembre	615,677	1249,416	1865,093	100921	4490985
	Octubre	653,948	1512,835	2166,783	124508	5540606
	Noviembre	432,673	1195,94	1628,613	99009	4405901
	Diciembre	642,951	1472,862	2115,813	121072	5387704
2012	Enero	595,974	1428,755	2024,729	109411	4868790
	Febrero	599,624	1300,984	1900,608	101406	4512567
	Marzo	586,666	1261,35	1848,016	99837	4442747
	Abril	750,11	1615,366	2365,476	124406	5536067
	Mayo	512,141	1295,561	1807,702	101734	4527163
	Junio	561,052	1291,427	1852,479	102883	4578294

Julio	743,264	1575,152	2318,416	132262	5885659
Agosto	568,384	1326,294	1894,678	104224	4637968
Septiembre	554,711	1294,976	1849,687	109089	4854461
Octubre	706,629	1610,262	2316,891	128072	5699204
Noviembre	583,794	1322,141	1905,935	99229	4415691
Diciembre	712,106	1729,2	2441,306	129477	5761727

Fuente: Manufactura Molinos, Elaborado: Investigador

$E = 48,556x + 15711$ con una correlación de $R^2 = 0,809$; la cual esta graficada a continuación:

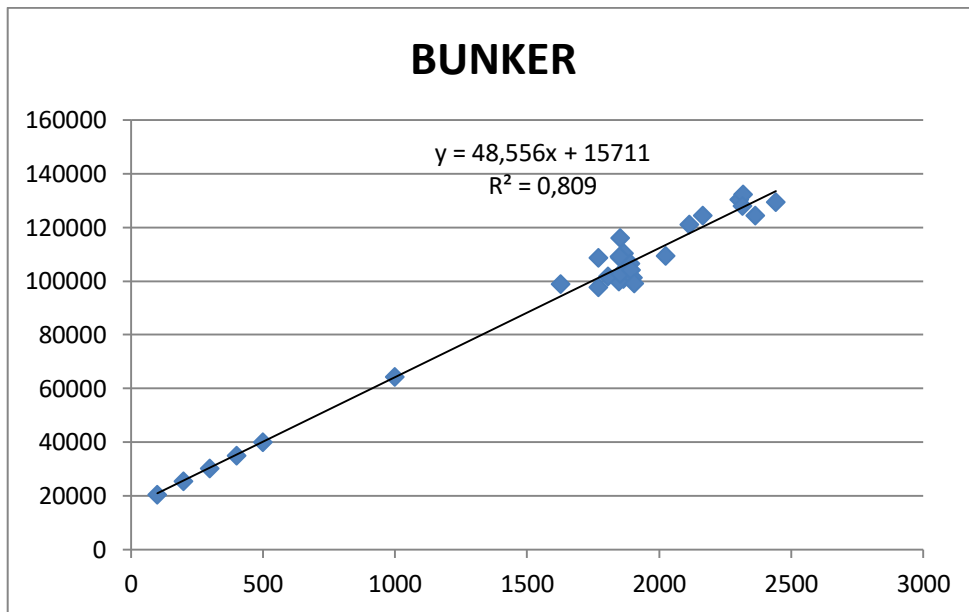


Figura 4.3 Correlación consumo de bunker vs producción

La grafica de correlación obtenida en la figura 4.3 muestra una correlación aceptable en el uso del bunker al mostrar una buena correlación con los niveles de producción debido a que R^2 es mayor que 0.75, pero de todas formas resulta necesario evaluar la energía no asociada en el proceso para establecer las reservas de energía en este portador. De igual forma utilizando la ecuación, se realizó una proyección colocando datos de producción de 100, 200, 300, 400, 500, 1000 toneladas para observar la el comportamiento de la línea de tendencia cuando va a cero, esta nos vuelve a ratificar que es necesario evaluar la energía no asociada.

Tabla 4.4 Distribución de consumo Diesel

USO SIGNIFICATIVO	CONSUMO NOMINAL [KWh]	CONSUMO MENSUAL [kWh]	PORCENTAJE DEL TOTAL
MÁQUINA DE PAPEL 5	139406	894034,6	60%
MAQUINA DE PAPEL 2	92937	596023,1	40%

Fuente: Manufactura Molinos, elaborado: Investigador

Tabla 4.5 Consumo de diesel vs producción en los años 2011-2012

Año	Mes	Producción [TON]			Consumo Diesel [Gal/mes]	Consumo Diesel [KWh/mes]
		MP2	MP5	MOLINOS		
2011	Enero	596,887	1257,009	1853,896	45622	2030179
	Febrero	579,793	1288,09	1867,883	41358	1840431
	Marzo	587,968	1181,916	1769,884	41580	1850310
	Abril	697,008	1550,423	2247,431	55788	2482566
	Mayo	604,748	1248,833	1853,581	42227	1879102
	Junio	562,625	1208,239	1770,864	47081	2095105
	Julio	699,804	1604,972	2304,776	52590	2340255
	Agosto	588,084	1302,735	1890,819	47328	2106096
	Septiembre	615,677	1249,416	1865,093	45766	2036587
	Octubre	653,948	1512,835	2166,783	55037	2449147
	Noviembre	432,673	1195,94	1628,613	42536	1892852
	Diciembre	642,951	1472,862	2115,813	50990	2269055
2012	Enero	595,974	1428,755	2024,729	46595	2073478
	Febrero	599,624	1300,984	1900,608	47512	2114284
	Marzo	586,666	1261,35	1848,016	44753	1991509
	Abril	750,11	1615,366	2365,476	52783	2348844
	Mayo	512,141	1295,561	1807,702	45132	2008374
	Junio	561,052	1291,427	1852,479	41988	1868466
	Julio	743,264	1575,152	2318,416	56522	2515229
	Agosto	568,384	1326,294	1894,678	45256	2013892
	Septiembre	554,711	1294,976	1849,687	40751	1813420
	Octubre	706,629	1610,262	2316,891	50888	2264516
	Noviembre	583,794	1322,141	1905,935	38437	1710447
	Diciembre	712,106	1729,2	2441,306	50889	2264561

Fuente: Manufactura Molinos, elaborado: Investigador

En la tabla 4,5 se muestra el consumo de diesel versus producción, para observar y tener un mejor entendimiento de la transformación de galones a kW se puede ver en el Anexo 2.

Al procesar la información se obtuvo una línea base cuya ecuación es:

$E = 18,23x + 10705$, con una correlación de $R^2 = 0,6607$; la cual esta graficada a continuación:

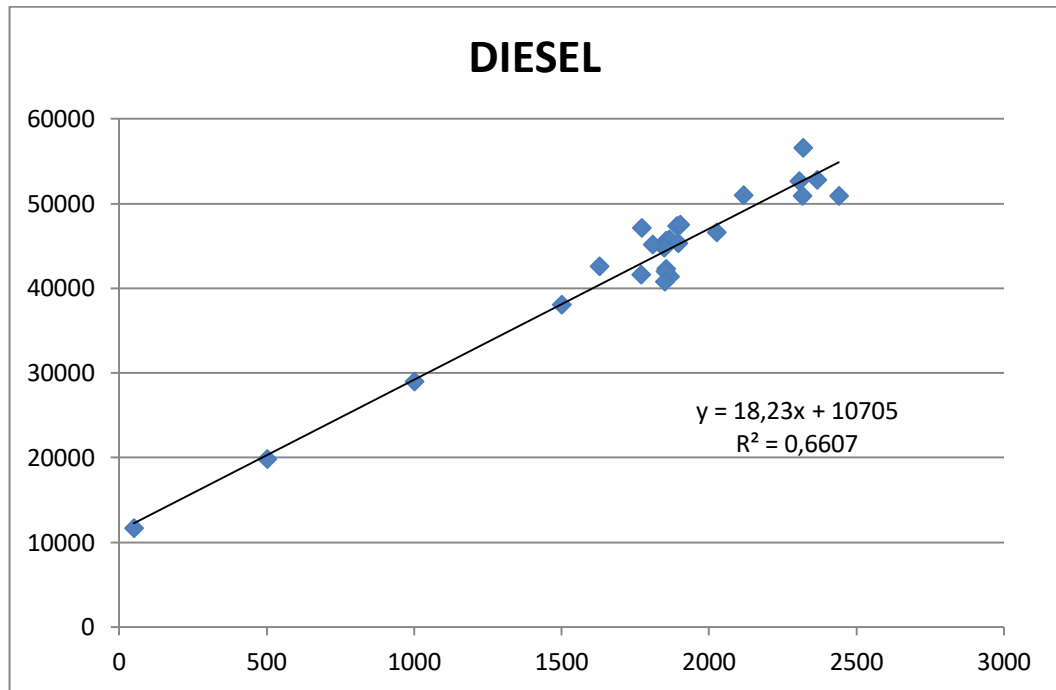


Figura 4.4 Grafica de correlación del consumo de diésel vs producción

La grafica de correlación obtenida en la figura 4.4 muestra la presencia de reservas en el uso del diesel al no mostrar una buena correlación con los niveles de producción debido a que R^2 es menor que 0.75, además la energía no asociada obtenida en la ecuación de regresión tiene un valor elevado, por tanto es necesario indagar las causas que genera este consumo que no depende de los niveles de producción. De igual forma utilizando la ecuación, se realizó una proyección colocando datos de producción de 50, 500, 1000, 1500 toneladas para observar la el comportamiento de la línea de tendencia cuando va a cero, esta nos vuelve a ratificar lo mencionado anteriormente que existe reservas en la cual se puede trabajar para bajar el consumo de este portador.

Tabla 4.6 Consumo de electricidad vs producción en los años 2011-2012

Año	Mes	Producción [TON]			Consumo Eléctrico [kWh/mes]
		MP2	MP5	Total Molinos	
2011	Enero	596,887	1257,009	1853,896	2728521
	Febrero	579,793	1288,09	1867,883	2852373

	Marzo	587,968	1181,916	1769,884	2903179
	Abril	697,008	1550,423	2247,431	3709085
	Mayo	604,748	1248,833	1853,581	2961450
	Junio	562,625	1208,239	1770,864	2871586
	Julio	699,804	1604,972	2304,776	3692809
	Agosto	588,084	1302,735	1890,819	3010550
	Septiembre	615,677	1249,416	1865,093	2966025
	Octubre	653,948	1512,835	2166,783	3768937
	Noviembre	432,673	1195,94	1628,613	2959794
	Diciembre	642,951	1472,862	2115,813	3682797
2012	Enero	595,974	1428,755	2024,729	3109081
	Febrero	599,624	1300,984	1900,608	3000289
	Marzo	586,666	1261,35	1848,016	3031187
	Abril	750,11	1615,366	2365,476	3788892
	Mayo	512,141	1295,561	1807,702	2981194
	Junio	561,052	1291,427	1852,479	2987376
	Julio	743,264	1575,152	2318,416	3859295
	Agosto	568,384	1326,294	1894,678	2866855
	Septiembre	554,711	1294,976	1849,687	3004531
	Octubre	706,629	1610,262	2316,891	3738280
	Noviembre	583,794	1322,141	1905,935	2932421
	Diciembre	712,106	1729,2	2441,306	3701480

Fuente: Manufactura Molinos, elaborado: Investigador

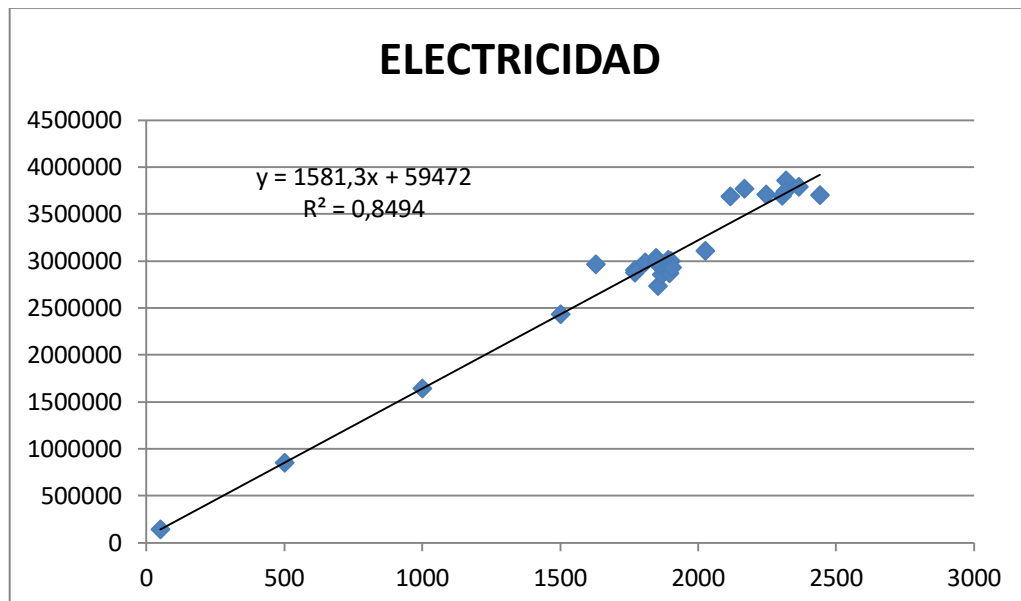


Figura 4.5 Correlación del portador electricidad vs producción

Como se puede observar en la figura 4.5 existe una correlación aceptable entre el consumo de electricidad la producción sin embargo es necesario indagar en las reservas relacionadas con la energía no asociada mostrada en la ecuación de regresión para reducir los índices de consumo de este portador. Es necesario considerar los sistemas de bombeo asociado al suministro de agua, donde las operaciones y los regímenes de trabajo de este sistema pueden tener reservas que deben ser evaluadas. De igual forma utilizando la ecuación, se realizó una proyección colocando datos de producción de 50, 500, 1000, 1500 toneladas para observar la el comportamiento de la línea de tendencia cuando va a cero, esta nos vuelve a ratificar lo mencionado anteriormente que existe reservas en la cual se puede trabajar para bajar el consumo de este portador.

A pesar de que el portador electricidad es el segundo en consumo con un 34%, en el presente trabajo se hará más énfasis a este, debido a que se encuentran las mayores potencialidades de reservas de energía. Para este portador, se parte de los consumos históricos para cada mes, de cada usuario los cuales se muestran en la tabla 4.7.

TablaNº 4.7. Indicador de consumo de energía 2009-2012

Mill	Energy Consumption*	Año 2009	Año 2010	Año 2011	Año 2012
Lasso	Electricity consumption (MWh)	30,216	32,108	35,516	36,820
	Natural Gas consumption (MWh)		0	0	0
	Thermal energy consumption (MWh)	71,969	76,452	82,905	81,221
	TOTAL mill energy consumption (MWh)	102,185	108,560	118,421	118,041
	Paper production volume (metric ton)	21,077	22,849	23,306	24,525
	TOTAL mill energy consumption per ton (MWh/me)	4.85	4.75	5.08	4.81

Fuente: Manufactura Molinos. Elaborado: Investigador

En la figura 4.6 se puede observar que en los años 2011 y 2012 se reflejan los mayores consumos de energía y se muestra que el portador asociado a la energía térmica es el que tiene un mayor peso.

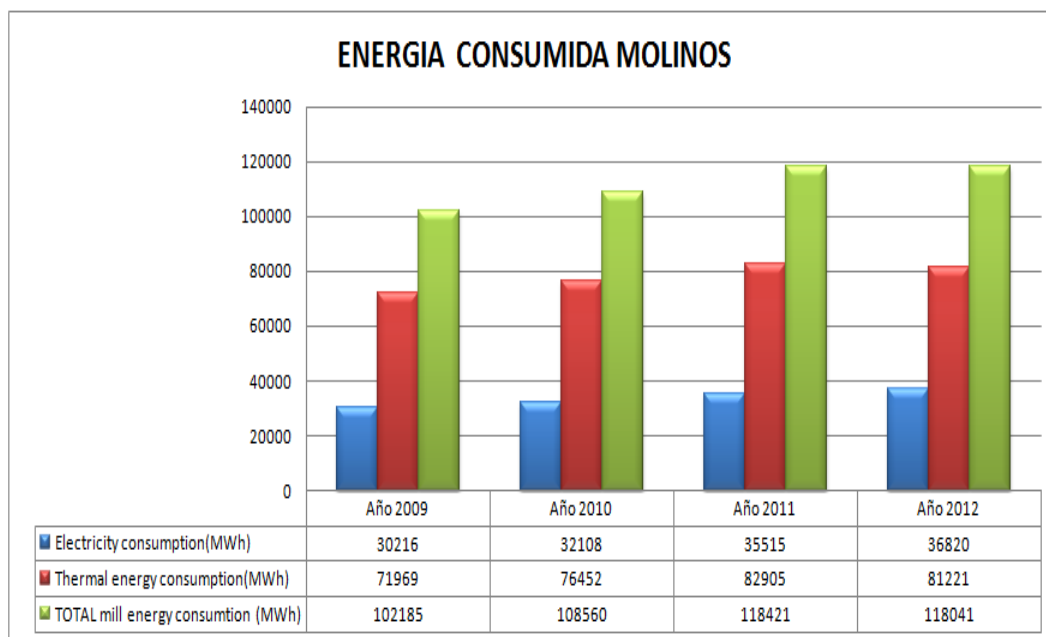


Figura 4.6. Gráfico de energía consumida en los molinos en los años 2009-2012.

Teniendo en cuenta los consumos promedio del portador electricidad, en la figura 4.7 se muestran los usuarios más significativos para este portador.

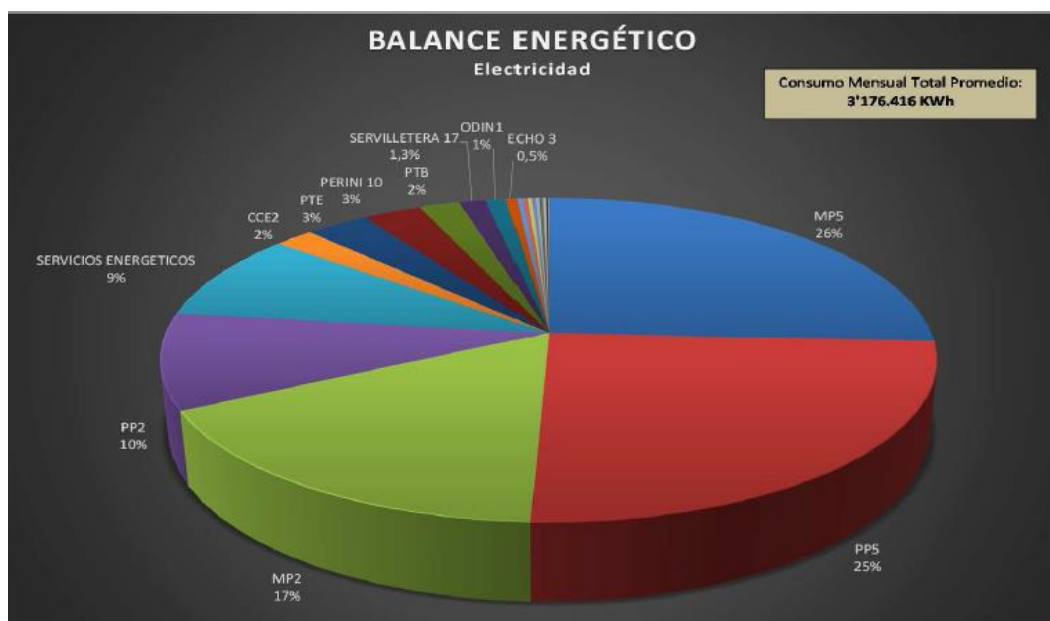


Figura 4.7 Balance energético para el portador electricidad

Como se puede observar en la figura 4.7, los consumidores mayores corresponden a MP5, PP5, MP2, PP2 servicios energéticos. En la figura 4.8 se realizó el diagrama de Pareto para seleccionar los usuarios significativos.

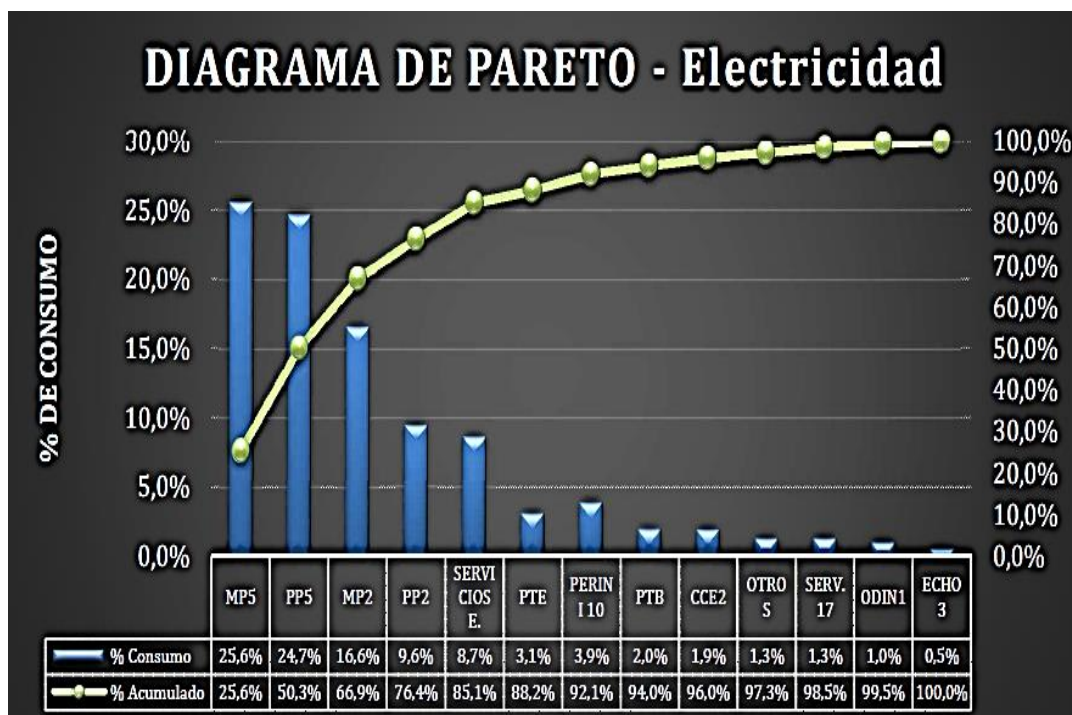


Figura 4.8 Diagrama de Pareto para el portador electricidad

En la tabla 4.8 se observa la potencia instalada (kVA), el consumo anual (kWh) el porcentaje de cada uno de los usos significativos del portador electricidad.

Tabla 4.8 Usos significativos del portador electricidad

Uso Significativo	Base Instalada	Consumo Mensual (kVA)	Porcentaje del Total
Máquina Papelera 5 MP5	2272	819408,7	25,60%
Planta de Preparación de Pasta PP5	2353	789771,4	24,70%
Máquina Papelera 2 MP2	1639	531496,7	16,60%
Planta de Preparación de Pasta 2 PP2	929	306022	9,60%
Servicios Energéticos	1171	277862,3	8,70%

Fuente: Manufactura Molinos. Elaborado: Investigador

A continuación se muestran las mediciones realizadas con los analizadores de redes AEMC 3495, colocados en la entrada a tablero de distribución Q1(CCM5) y en la salida del Transformador MP5DC de tensión de 460V y 1.5kVA. Las principales magnitudes medidas son: Voltaje, Corriente, Potencias, THD, Factor de Potencia, con los cuales se presentan los gráficos conjuntos en los dos puntos de medición. En el anexo 5.1 se muestran algunas de las mediciones realizadas.

Como se puede observar en la tabla 4.9 que el factor de potencia es elevado y es necesario realizar un análisis sobre el nivel de armónico de tensión que a pesar de estar dentro de los límites se encuentra cercano al valor de la norma, por otra parte el armónico de corriente requiere de la realización de un análisis en el punto de conexión común para justificar si es necesario la instalación o no de filtros de absorción de armónicos.

Tabla Nº 4.9 Resumen valores medidos

Puntos de medición	Transformador
Corriente (A)	604
Tensión (V)	288.3
Potencia activa(kW)	431
Potencia reactiva (kVAr)	210.7
Potencia aparente (VA)	478
Factor e potencia	0.97
THD de voltaje (%)	6.90
THD de corriente (%)	41.40

Fuente: Manufactura Molinos. Elaborado: Investigador

A continuación se procede a la modelación de las cargas a partir de las mediciones realizadas mediante la herramienta informática Easy Power, con el objetivo de determinar las pérdidas de potencia en el esquema de suministro.

4.4- SIMULACIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO, UTILIZANDO EL SOFTWARE EASYPOWER V 8.0

La herramienta informática utilizada para la modelación del sistema de suministro una vez efectuadas las mediciones se procede a la confección del esquema unifilar, el cual se muestra en la figura 4.9.

En la simulación de cargas se parte de una variante base que corresponde a las mediciones efectuadas en cada alimentador, considerando la demanda máxima, en este caso el transformador principal tiene un nivel de carga de 34% a pesar que la corriente en la fase R: 686.4 A, en la S: 696.8A, y T: 651A, lo que corresponde un desbalance del 2.4%, que por norma se considera un sistema balanceado.

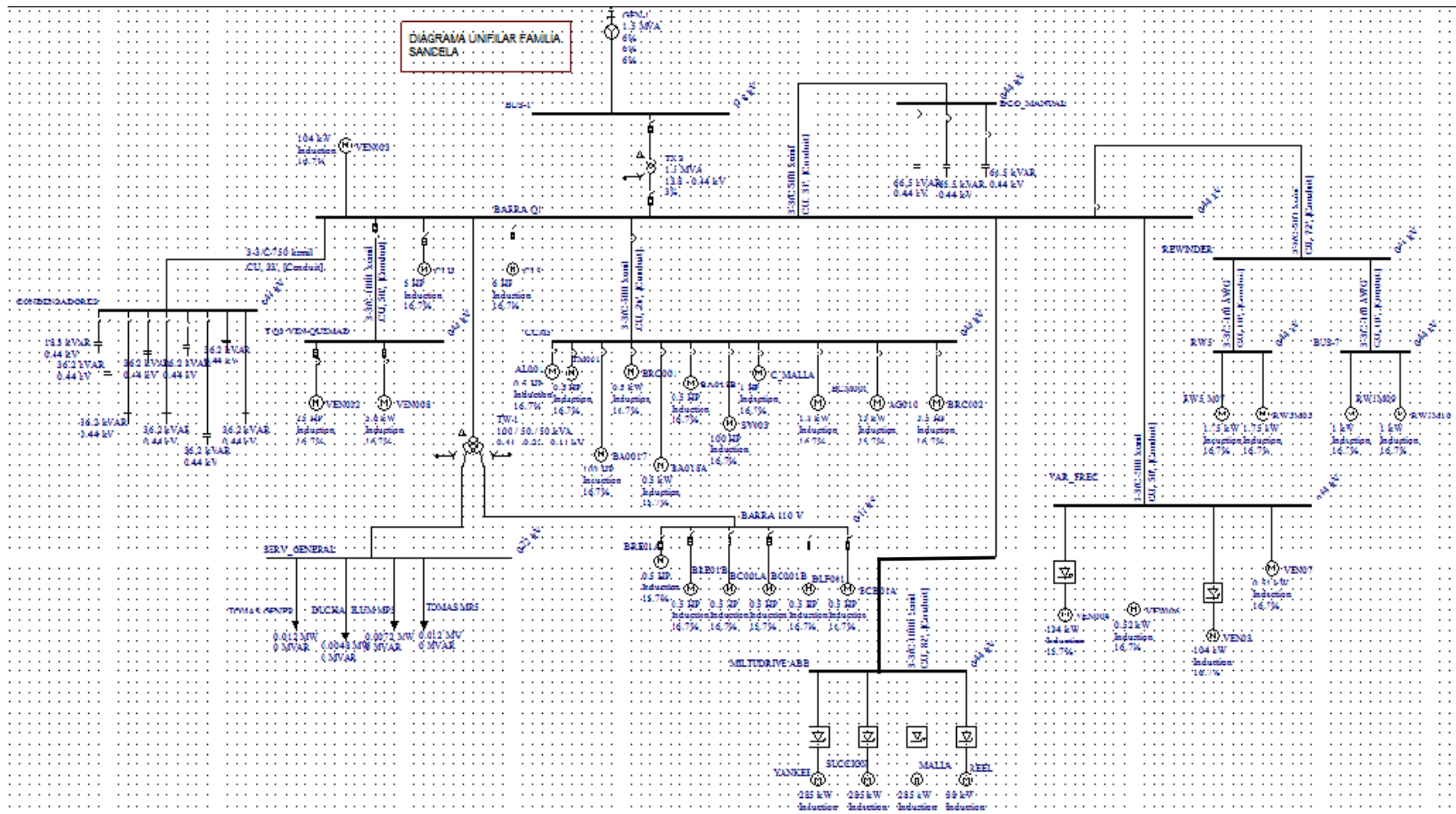


Figura 4.9 Esquema Unifilar

Como se observa la potencia reactiva conectada en el sistema suple la necesidad, teniendo un factor de potencia en la subestación de entrada de 0.95, así como valores superiores a 0.8 en los alimentadores de planta.

Tabla № 4.10 Datos de variables eléctricas calculadas por el software

Name	Base kV	kV	Vpu	MW	MVAR	MVA	Pf
BARRA 110 V	0.110	0.108	0.983	0,0046	0,00858	0,005	0,92
BARRA Q1	0.440	0.470	0.984	0,1435	0,1112	0,151	0,95
BCO_MANUAL	0.440	0.470	0.984	-	0,193	-	-
BUS-7	0.440	0.433	0.984	0,0026	0,00829	0,003	0,87
CCM5	0.440	0.433	0.984	0,1045	0,081	0,110	0,95
CONDENSADORES	0.440	0.575	0.984	-	0,298	-	-
MILTUDRIVE ABB	0.440	0.431	0.980	1,0175	0,38771	1,197	0,850
REWINDER	0.440	0.433	0.984	0,0070	0,0221	0,00005	0,870
RW5	0.440	0.433	0.984	0,0044	0,01381	0,005	0,870
SERV_GENERAL	0.220	0.214	0.973	0,0342	-0,0265	0,036	0,950
T Q3 VEN-QUEMA.	0.440	0.433	0.984	0,0294	0,0664	0,033	0,890
VAR_FREQ	0.440	0.433	0.983	0,2296	0,08446	0,280	0,82

Fuente: Manufactura Molinos. Elaborado: Investigador

Tabla № 4.11 Datos de salida individuales de motores

Name	MW	MVA	PF
BRE01A	0.001	0.001	0.820
BRE01B	0.001	0.001	0.820
BC001A	0.001	0.001	0.820
BC001B	0.001	0.001	0.820
BLF001	0.001	0.001	0.820
BCB01A	0.001	0.001	0.820
VEN003	0.114	0.139	0.820
CLH	0.005	0.006	0.820
CLS	0.005	0.006	0.820
AL001	0.000	0.000	0.820
TM001	0.001	0.001	0.820
BA0017	0.001	0.001	0.820
BRC001	0.001	0.001	0.820
BA018A	0.001	0.001	0.820
BA018B	0.001	0.001	0.820
SV003	0.077	0.095	0.820
C_MALLA	0.001	0.002	0.820
BCM001	0.005	0.006	0.820
AG010	0.002	0.002	0.820
BRC002	0.001	0.002	0.820

Fuente: Manufactura Molinos. Elaborado: Investigador

Como se puede observar el factor de potencia es bajo en el lado de bajo voltaje donde están colocados los motores, debido fundamentalmente a que los bancos de condensadores se encuentran ubicados en la salida del transformador principal para evitar las penalizaciones de la empresa eléctrica ELEPCO S.A. A pesar de que para la empresa es beneficioso, esto provoca, en el circuito de baja tensión pérdidas de energías. Para resolver este problema se simulo la colocación de los bancos en el centro de conexión de motores, los resultados obtenidos fue que las mejoras de las pérdidas no fueron significativas para justificar la inversión en la redistribución de los bancos en el sistema por cuanto los motores que tiene potencia mayores a 25 kW tienen variadores de velocidad, y el instalar condensadores en cargas menores a lo mencionado es demasiado caro.

Los resultados de las caídas de tensión en el sistema se muestran en la tabla 4.12, no siendo significativos en cada barra se encuentran dentro de los rangos establecidos en las normas 004/01del CONELEC al no superar el 8%.

Tabla № 4.12 Reporte de caída de voltaje

From Bus		To Bus		Drop
Name	Base kV	Name	Base kV	%
BARRA Q1	0.440	REWINDER	0.440	0.0%
BARRA Q1	0.440	MILTUDRIVE ABB	0.440	0.4%
BARRA Q1	0.440	VAR_FREQ	0.440	0.1%
BCO_MANUAL	0.440	BARRA Q1	0.440	0.0%
BUS-1	13.800	BARRA Q1	0.440	1.6%
CCM5	0.440	BARRA Q1	0.440	0.0%
CONDENSADORES	0.440	BARRA Q1	0.440	0.0%
REWINDER	0.440	RW5	0.440	0.0%
REWINDER	0.440	BUS-7	0.440	0.0%
T Q3 VENQUEMAD	0.440	BARRA Q1	0.440	0.0%

Fuente: Manufactura Molinos. Elaborado: Investigador

4.4.1 ANALISIS DE RESULTADOS PERDIDAS DE POTENCIA

En la Tabla № 4.13 se muestra que las pérdidas calculadas son de 0.012 MW en el sistema.

Tabla N° 4.13 Resumen del reporte del sistema

System Summary Report				
Total	MW	MVAR	MVA	PF
Sistema	1.588	0.586	1.621	0.980
Carga del sistema	1.722	1.021	1.813	0.950
Banco de condensadores	0.000	0.492	-	-
Pérdidas totales del sistema	0.012	0.057	-	-

Fuente: Manufactura Molinos. Elaborado: Investigador

4.5 IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES SIGNIFICATIVAS POR PORTADORES

Como resultado del análisis, se determinaron las variables de cada usuario significativo en cada portador, mostradas en la tabla 4.14.

Tabla 4.14 Variables Operacionales Identificadas

USE	Energético	Tipo de parámetro	Variable	Unidad
MP2	Electricidad	Operacional	Velocidad del Yankee	RPM
MP5	Electricidad	Operacional	Velocidad del Yankee	RPM
SERVICIOS E.	Electricidad	Operacional	Presión de aire comprimido	PSI
Caldera 1	Bunker	Operacional	Presión de vapor	PSI
Caldera 2	Bunker	Operacional	Presión de vapor	PSI
Quemador 1	Diesel	Operacional	Temperatura aire caliente	°C
Quemador 2	Diesel	Operacional	Temperatura aire caliente	°C

Fuente: Manufactura Molinos. Elaborado: Investigador

4.6 DETERMINACIÓN DEL INDICE ENERGÉTICO ACTUAL

El desempeño energético actual se determinó por la relación entre la energía consumida en todos los procesos y la producción total en toneladas de papel. Según esta definición el indicador promedio para el año 2013 es de 4.41 [MWh/Ton], en la figura 4.10 se muestra el comportamiento para cada mes.

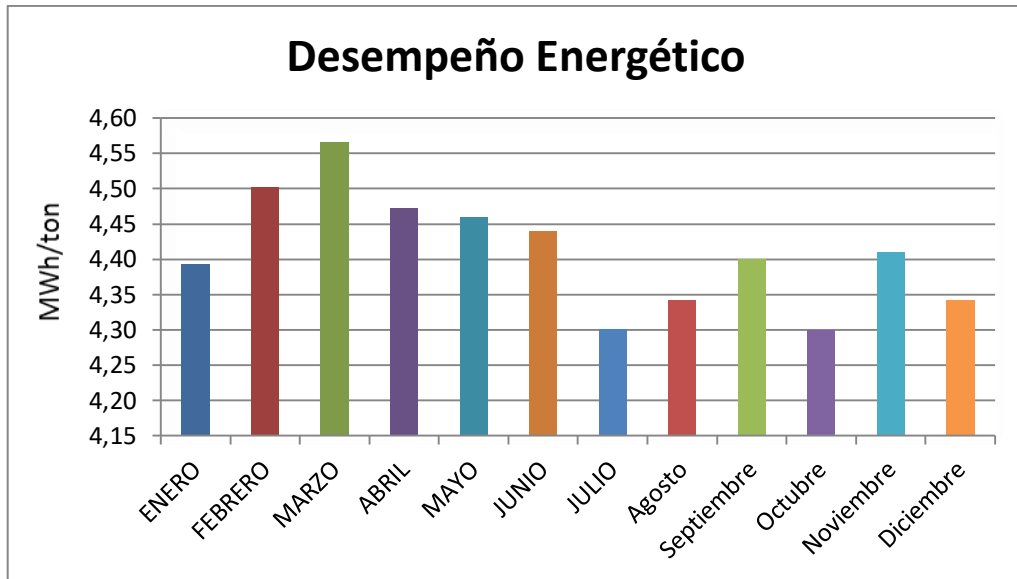


Figura 4.10 Desempeño energético para el año 2013

4.7 DETERMINACIÓN DE OPORTUNIDADES DE MEJORA

En la empresa algunas de las oportunidades de mejora están encaminadas a mejorar el programa de desempeño E-SAVE. Una de estas mejoras es sustitución de motores con baja eficiencia por otros más eficientes por el factor de carga. A continuación se muestran los resultados según la metodología presentada en el epígrafe 3.7 del capítulo anterior.

Los datos para determinar la eficiencia del motor se encuentran en el anexo 4 que corresponde al motor de la bomba de agua 6 (100 hp) que estaba sobredimensionado y se regulaba por estrangulamiento de una válvula. Este fue sustituido por un motor de 50 hp.

Paso 1. Evaluar la potencia estándar demandada a partir de las mediciones eléctricas.

$$Pot_{STD_{De}} = \frac{(\sqrt{3}) \left(\frac{445.1 + 446.9 + 445.1}{3} \right) (63.2) (0.67)}{1000} = 32.69 kW$$

Paso 2. Evaluar el factor de carga y la eficiencia del motor actual

$$FC_{STD} = \left[\frac{[(32.69)(0.9184)]}{(100)(0.746)} \right] = 0.4024$$

Dónde: **Factor de carga**

$$FC_1 = 0.25$$

$$FC_{STD} = 0.4024$$

$$FC_2 = 0.50$$

Eficiencia

$$\eta_1 = 0.8858$$

$$\eta_{STD} = ?$$

$$\eta = 0.9221$$

$$\text{Entonces: } \eta_{STD} = \left(\frac{0.4024 - 0.25}{0.50 - 0.25} \right) (0.9221 - 0.8858) + 0.8858 = 0.9079$$

Paso 3. Efectuar los ajustes a la eficiencia. Al sustituir los valores correspondientes en la ecuación 3.6 y luego en 3.7 se tiene.

$$VV_{STD} = \left(\frac{445.7}{440} - 1 \right) = 0.0130$$

$$FA_w = (0.013) [0.07 - 1.334(0.013)] - 0.0009 = 0.0002$$

Al sustituir los valores correspondientes en las ecuaciones 3.8 y 3.9 se tiene

$$DV_{STD} = \left(\frac{\text{Max}\{(446.9 - 445.7) \text{ ó } (445.7 - 445.1)\}}{445.7} \right)$$

$$DV_{STD} = \left(\frac{\text{Max}\{(1.2) \text{ ó } (0.6)\}}{445.7} \right) = \left(\frac{1.2}{445.7} \right) = 0.0027$$

$$FA_{dv} = 1 - (0.0027) [0.0113 + 0.0073(0.0027)] = 0.9999$$

$$\eta_{STDajustad a} = FA_{dv} (\eta_{STD} - FA_{vv})$$

$$\eta_{STDajustad a} = 0.9999(0.9079 - 0.0002) = 0.9076$$

Paso 4. Determinar la potencia al freno del motor actual (estándar)

$$Pot_{STDmec} = (0.9076)(32.69) = 29.67kW \text{ equivalente. a. } 39.77$$

Paso 5. Proponer nuevo motor de alta eficiencia

$$Pot_{AEmec} = \left[\frac{29.67}{0.75} \right] = 39.56kW = 53.03Hp$$

$$FC_{AE} = \left[\frac{Pot_{STDmec} [hp]}{Pot_{AEplaca} [hp]} \right] = \left(\frac{39.77}{60} \right) = 0.6628$$

Paso 6. Determinar la eficiencia del nuevo motor

Factor de carga

$$FC_1 = 0.50$$

$$FC_{AE} = 0.6628$$

$$FC_2 = 0.75$$

Eficiencia

$$\eta_1 = 0.9469$$

$$\eta_{STD} = ?$$

$$\eta_2 = 0.9499$$

$$\eta_{AE} = \left[\frac{0.6628 - 0.50}{0.75 - 0.50} \right] (0.9499 - 0.9469) + 0.9469 = 0.9488$$

Paso 7. Efectuar los ajustes a la Eficiencia

FA_w Se tendrá que determinar con las ecuaciones 3.6 y 3.7 de acuerdo a los datos de placa del motor de alta eficiencia, que en este caso es 460 V, entonces.

$$VV = \left(\frac{\frac{445.1 + 446.9 + 445.1}{3}}{460} - 1 \right) = -0.0311$$

$$FA_w = (-0.0311)[0.07 - 1.334(-0.0311)] - 0.0009$$

$$FA_w = -0.0044$$

Con estos datos se tiene:

$$\eta_{AEajustada} = 0.9999(0.9488 - 0.0044) = 0.9443$$

Paso 8. Calcular la potencia demandada por el nuevo motor

$$Pot_{AEele} = \frac{(60)(0.6447)(0.746)}{0.9443} = 30.55 kW$$

Paso 9. Cálculo de ahorro energético y económico

- Cálculo del ahorro en Potencia (Demanda), entonces,

$$A_D = 32.69 - 30.55 = 2.14 [kW]$$

Lo que representa un ahorro del $\frac{2.14}{32.69} \times 100 = 6.546\%$

- Cálculo del ahorro en Energía (Consumo)

$$A_c = (2.14)(7,200) = 15.408 [kWh/año]$$

- Cálculo de ahorro económico

$$A_E = (12)(2.14)(68.970) + (15.408)(0.08) = 3.003,78[\$/año]$$

Paso 10. Periodo de amortización o Período Simple de Recuperación

$$P.S.R. = \frac{4500}{3.003,78} = 1.49.años$$

Con el fin de hacer un análisis más profundo se desarrollará el mismo procedimiento ahora con un motor de 50 hp. Los primeros cuatro pasos se omiten por corresponder al motor estándar actual.

Paso 5. Proponer el nuevo motor de alta eficiencia

$$FC_{AE} = \left[\frac{Pot_{STDmec}}{Pot_{STDplaca}} \right] = \left(\frac{38.67}{50} \right) = 0.7734$$

Paso 6. Determinar la eficiencia del nuevo motor de alta eficiencia e 50hp, abierto y 1800rpm, del Anexo 4.

Factor de carga

$$FC_1 = 0.75$$

$$FC_{STD} = 0.7734$$

$$FC_2 = 1.0$$

Eficiencia

$$\eta_1 = 0.9484$$

$$\eta_{STD} = ?$$

$$\eta_2 = 0.9409$$

$$\eta_{AE} = \left(\frac{0.7734 - 0.75}{1.0 - 0.75} \right) (0.9409 - 0.9484) + 0.9484 = 0.9477$$

Paso 7. Efectuar los ajustes a la eficiencia

Con FA_{VV} y FA_{dv} iguales a los calculados con anterioridad

$$FA_{VV} = -0.0044 \text{ y } FA_{dv} = 0.9999 \text{ se tiene:}$$

$$\eta_{AEajustada} = 0.9999(0.9477 - 0.0044) = 0.9432$$

Paso 8. Calcular la potencia demandada por el nuevo motor.

$$Pot_{AEele} = \frac{(50)(0.7734)(0.746)}{0.9432} = 30.59kW$$

Paso 9. Cálculo del ahorro energético y económico

- Cálculo del ahorro en Potencia (Demanda)

$$A_D = 32.69 - 30.59 = 2.1kW$$

Lo que representa un ahorro de $\frac{2.1}{32.69} \times 100 = 6.42\%$

- Cálculo del ahorro en Energía (Consumo)

Con el ahorro en demanda y las horas de operación al año, se calculan los ahorros de energía (kWh) anuales.

$$A_C = (2.1)(7,200) = 15,120Kwh/ año$$

- Cálculo del ahorro Económico

Con el ahorro en consumo y demanda se determina el ahorro económico anual.

$$A_{ETotal} = (12)(2.1)(68.970) + (15,120)(0.08) = 2947.64 - \$ / año$$

Paso 10. Periodo de amortización o Periodo Simple de Recuperación

Considerando el precio de referencia de \$1,671.03 USD y una paridad de \$9.35/USD, se tiene un costo de \$15,624.13

$$\frac{3500}{2947.64} = 1.18años$$

Para comparar los casos analizados, se puede utilizar el índice de rendimiento de inversión ($\$/kWh_{ahorrado}$) que permite identificar con claridad el ahorro en función de la inversión:

$$Para_{60hp} = \frac{4500}{15.408 kWh/año} = 1.27\$/kWh_{ahorrado} = 0.29/kWh_{ahorrado}$$

$$Para_{50hp} = \frac{3500}{15.120 kWh/año} = 1.07\$/kWh_{ahorrado} = 0.23/kWh_{ahorrado}$$

De los cálculos efectuados se puede resumir que el primer ejemplo resulta más rentable el reemplazar el motor de 100 hp original por el de 50 hp aun cuando el motor de 60 hp permite un mejor ahorro de energía (50 hp: 6.42%, 60 hp: 6.49%), esto se debe al precio del motor y se corrobora por el índice de

rendimiento de capital que para el motor de 50 hp es de \$0.23 inversión por kWh ahorrado al año, mientras que para el de 60 hp es de 0.29 \$/kWh.

También fueron evaluados otros motores a los que se les incorporó variadores de velocidad por presentar oportunidades de ahorro al utilizar agitadores de velocidad variables. Este análisis se muestra en el anexo 7

Otra de las oportunidades de mejoras se encuentra en la determinar el óptimo rendimiento de las calderas, las cuales se realizaron a través del método directo descrito en el epígrafe 3, del capítulo anterior. Los datos para el cálculo de muestran a continuación:

Producción de vapor: 8117 kg/h (Indicador de flujo salida de las calderas)

Entalpia de vapor: 664,9 kcal/kg (Anexo 3)

Entalpia del fluido de entrada: 251,40 kJ/kg (Anexo3)

Consumo de combustible: 50 gal/h (Datos diarias de calderos)

Poder calorífico del combustible: 151857,17 BTU/gal (Dato LEYCOM)

En primer lugar se hace la trasformación para tener las mismas unidades

251,49kJ/kg = 60Kcal/kg porque 1 Kcal equivale a 4,18kJ

151857,17 BTU/gal =38267,61kcal/gal porque 1BTU/gal equivale a 66,57kcal/m³ y 1m³ equivale 264,17 gal

Aplicando la formula
$$\eta = \frac{P_v (H_v - h_{fe})}{b \times PCI}$$

$$\eta = \frac{8117(664,9-60)}{150(38267,61)} = 85,53\%$$

Cabe mencionar que el flujo medido es el resultado de los dos calderos.

En la tabla 4.15 se recogen los valores en kW según,las conversiones mostradas en el anexo 2.

Tabla N° 4.15 Conversión de combustibles, de galones a kW

CONVERSIÓN DE GALONES A KILOWATIOS							
	MP2	MP5	CALDERA	MP2	MP5	CALDERA	TOTAL
MES	DIESEL gls	DIESEL gls	BUNKER gls	(Kwh)	(Kwh)	(Kwh)	(Kwh)
Enero	15379	31216	109411	591168,76	1199943,04	4868789,50	6659901,30
Febrero	15682	31830	101406	602816,08	1223545,20	4512567,00	6338928,28
Marzo	14771	29982	99837	567797,24	1152508,08	4442746,50	6163051,82
Abril	17422	35361	124406	669701,68	1359276,84	5536067,00	7565045,52
Mayo	14897	30235	101734	572640,68	1162233,40	4527163,00	6262037,08
Junio	13860	28128	102883	532778,40	1081240,32	4578293,50	6192312,22
Julio	18656	37866	132262	717136,64	1455569,04	5885659,00	8058364,68
Agosto	14937	30319	104224	574178,28	1165462,36	4637968,00	6377608,64
Septiemb.	13450	27301	109089	517018,00	1049450,44	4854460,50	6420928,94
Octubre	16798	34090	128072	645715,12	1310419,60	5699204,00	7655338,72
Noviembre	12688	25749	99229	487726,72	989791,56	4415690,50	5893208,78
Diciembre	16797	34092	129477	645676,68	1310496,48	5761726,50	7717899,66
TOTAL	185337	376169	1342030	7124354,28	14459936,36	59720335,00	81304625,64
PROMEDIO	15444,75	31347,42	111835,83	593696,19	1204994,70	4976694,58	6775385,47

Elaborado: Investigador

Una vez que se tiene los datos de consumos de energía eléctrica y térmica, en la tabla 4.16 se observa el índice energético de la planta

Tabla N° 4.16 Índice energético de la planta

	ELECTRICIDAD	BUNKER	DIESEL	TÉRMICA	TOTAL	
	KWh/ton	KWh/ton	KWh/ton	bunker+diesel KWh/ton	KWh/ton	MWh/ton
ENERO	1462,75	2404,66	884,62	3289,28	4752,04	4,75
FEBRERO	1506,61	2374,28	960,94	3335,21	4841,82	4,84
MARZO	1557,32	2404,06	930,89	3334,96	4892,27	4,89
ABRIL	1519,92	2340,36	857,75	3198,11	4718,03	4,72
MAYO	1570,06	2504,37	959,71	3464,09	5034,15	5,03
JUNIO	1534,20	2471,44	871,28	3342,72	4876,92	4,88
JULIO	1587,01	2538,66	937,15	3475,81	5062,82	5,06
Agosto	1436,13	2447,89	918,17	3366,06	4802,20	4,80
Septiembre	1536,99	2624,48	846,88	3471,36	5008,35	5,01
Octubre	1500,60	2459,85	844,29	3304,14	4804,74	4,80
Noviembre	1439,33	2316,81	775,22	3092,03	4531,36	4,53
Diciembre	1428,32	2367,42	803,77	3171,18	4599,50	4,60
Promedio						4,83

Elaborado: Investigador

4.8. Verificación de la Hipótesis

Para la solución del problema planteado con la hipótesis, se trabaja con la prueba del CHI-CUADRADO, que es un estadígrafo no paramétrico que establece

correspondencia entre los valores observados y esperados. En la tabla 4,17 tenemos las frecuencias observadas, y en la tabla 4.18 el Grado de Significación

Tabla № 4.17 Frecuencias Observadas

Variables de condición	A	B	Total
Ampliamente	5	3	8
Suficiente	3	5	8
Escasamente	3	3	6
Total	11	11	22

Elaborado: Investigador

Tabla № 4.18 Grado de Libertad, Grado de Significación

GRADO DE LIBERTAD	Reemplazo
Gl = (c-1) (h-1) Dónde: Gl = Grado de libertad c = Columnas de la tabla h = Hilera de la tabla	$Gl = (2-1)(3-1)$ $Gl = (1)*(2)$ $Gl = 2$
Grado de significación	$\alpha = 0.1$ En donde: O = Frecuencia observada E = Frecuencia esperada

Elaborado: Investigador

Con los datos obtenidos en las frecuencias observadas, en la tabla 4.19 se calcula la frecuencia esperada:

Tabla № 4.19 Frecuencia Esperada

O	E	O-E	(O-E)²	(O-E)²/E
5	4	1	1	0,2500
3	4	-1	1	0,2500
3	3	0	0	0,0000
3	4	-1	1	0,2500
5	4	1	1	0,2500
3	3	0	0	0,0000
Chi Calculado				1,0000

Elaborado: Investigador

Con Los datos calculados anteriormente, se obtuvo el **Chi Crítico: 0,98**. Por tal motivo al ser mayor el Calculado se acepta la Hipótesis afirmativa que se podrá establecer medidas para reducir los niveles de consumo de los portadores energéticos en el proceso de fabricación de papel.

CAPÍTULO V

LA PROPUESTA

5.1 Título de la Propuesta

“MEJORA DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EL PROCESO DE FABRICACIÓN DE PAPEL”.

5.2 Justificación de la propuesta

Mediante la investigación se ha demostrado que este proyecto es factible para su realización, porque la implementación de medidas de ahorro mediante el uso eficiente de energía permite alcanzar y mantener estándares mundiales en lo referente a la eficiencia energética. La fortaleza de este proyecto es la factibilidad, pues los recursos que se estima invertir son moderados y técnicamente viables en el entorno donde se aplicaría.

Basado en los lineamientos y recomendaciones de la norma internacional ISO 50001, radica en el interés de la empresa de administrar adecuadamente los recursos energéticos y alcanzar una mayor eficiencia energética, demostrando de esta manera con el cuidado del medio ambiente y el desarrollo sostenible dentro del ambiente académico. La propuesta Sistema de Gestión Energética, tiene como sustento las oportunidades de ahorro y eficiencia energética obtenidas como resultado del diagnóstico energético realizado en esta investigación.

5.3- Objetivo de la Propuesta

Proponer alternativas de mejoras de la eficiencia energética, en el uso de la energía eléctrica y térmica, a partir de los problemas detectados en el proceso del

diagnóstico energético. Así como realizar la valoración económica de las mejoras de las propuestas.

5.4.- Estructura de la propuesta

El Sistema de Gestión Energética o de administración de energía que se propone en la Fábrica, se lo identifica con dos etapas fundamentales:

1. Formulación de un programa de ahorro y uso racional de la energía (Planes de Acción).
2. Establecimiento de un sistema de monitoreo y control energético.

La estructura del plan operativo de gestión energética (POGE), está basada en la elaboración de un manual de técnicas de ahorro energético con y sin inversión.

La actual propuesta de medidas de ahorro estará centrado en el punto número uno relacionado con las medidas para el programa de ahorro y uso racional de la energía.

En la figura 4.1 tenemos la estructura de las alternativas de la propuesta basada en mejoras para la eficiencia energética, el uso de la energía eléctrica y térmica, a partir de los problemas detectados en el proceso del diagnóstico energético. Así como también se cuantifica la valoración económica de las mejoras.

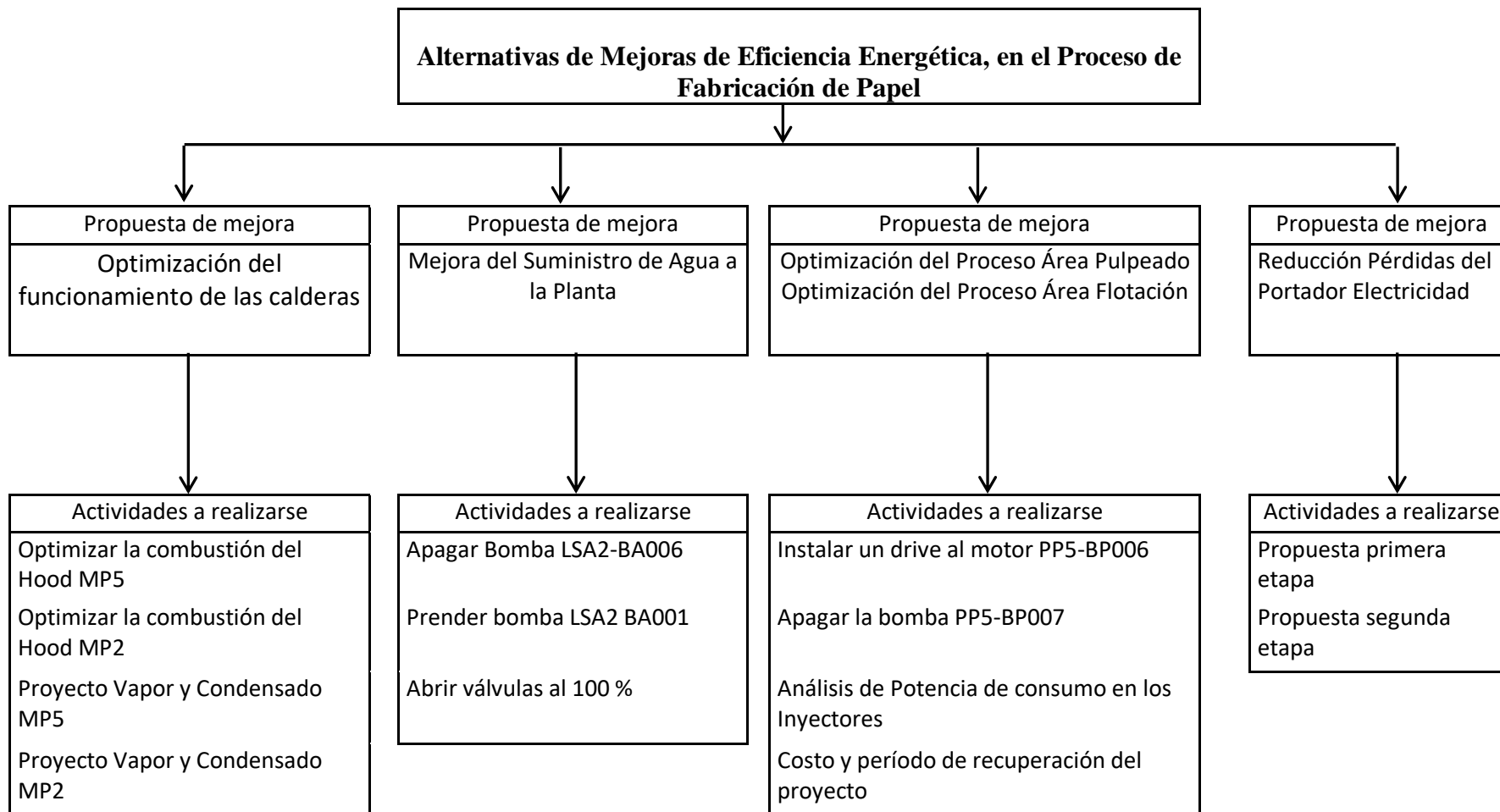


Figura No 5.1: Alternativas de Mejoras de Eficiencia Energética

5.5. Desarrollo de la propuesta

Como se mencionó en el segundo capítulo la empresa está regida por políticas energéticas emitidas por el Grupo FAMILIA a nivel mundial, estas van dirigida a:

- Mantener el máximo de eficiencia en el almacenamiento, distribución, consumo y utilización de la energía y sus residuales, con el propósito de seguir la disminución sistemática del índice de consumo e influir de forma decisiva en la reducción de los costos de producción.
- Mantener una adecuada organización y control de la confiabilidad de los portadores energéticos.

5.6 Alternativas de Ahorro de Energía y Evaluación económica

La alternativa de mejora de la eficiencia energética tiene como objetivo ahorrar energía eléctrica en MANUFACTURA MOLINOS, es así que conociendo los patrones de consumo es necesario plantear alternativas que lleven al cumplimiento de ese objetivo y también proporcionar un ahorro económico.

5.7- Propuestas de medidas para el programa de Ahorro

5.7.1- Optimización del funcionamiento de las calderas

En la operación y funcionamiento de las calderas existen algunos métodos de una fuente probable de proyectos de optimización técnicos, tanto en el diseño de nuevas instalaciones como en la mejora de las existentes. Las consideraciones técnicas para calibrar y tomar acciones que ayudan al ahorro

En el área existe 2 calderas de similares características, en la tabla № 5.2 se muestra la placa nominal de la Caldera 4. La explicación de cada uno de estos pasos está en el Anexo 6.

Tabla № 5.1 Placa Características Caldera 4

CALDEARA 4			
CLEAVER - BROOKS			
CB PACKAGED BOILER			
MODEL	CB-600-700	SERIAL N	L-92365
MAX. PRESSURE	200 PSI	DATE	9/29/93
INPUT	29,291,000	195,5 GPH OIL	
ELECTRICAL REQUIREMENTS			
MAIN POWER SUPPLY 220 VOLS 3 PH 60HZ 145 AMP			
MINIMUM CIRCUIT AMPACITY 171 AMP			
MAX. RATING OF CIRCUIT PROTECTION 580 AMP			
BLOWER MOTOR 40 HP			
AIR COMPRESSOR 7.5 HP			
OIL HEATER 7.5 KW			
CONTROL CIRCUIT 120V 1HP 60HZ 7AMP			
OIL PUMP MOTOR 220V 3PH 60HZ 3AMP			

Fuente: Servicios Energéticos

En la tabla № 5.2 se observa los resultados de las pruebas realizadas y ejecutadas:

Tabla № 5.2: Resumen de mejoras de Energía Térmica realizadas

Nº	SECCIÓN	DESCRIPCIÓN	INVERSIÓN N (dólares)	AHORRO (dólares / año)	TIEMPO DE RETORNO (meses)	OBSERVACIONES
1	MP5	Optimización en la combustión de Hood	6000	3060	24	Calibración de relación aire - combustible y medición de consumo de combustible. El ahorro de diesel que se propone en un año es 3600GPH/año
2	MP2	Optimización en la combustión de Hood	3000	3060	12	Calibración de relación aire - combustible y medición de consumo de combustible. El ahorro de diesel que se propone en un año es 3600GPH/año
3	SERVICIOS ENERGÉTICOS	Optimización del proceso de generación de vapor	6000	9331	8	Calibración de relación aire - combustible y calentamiento de agua de suministro a Calderos. Se propone ahorrar el 1% en el consumo de combustible por mejora de agua temperada para suministro a los Calderos.
4	MP5	Proyecto Vapor y Condensado	168922	89424	23	Reforma para el control y balanceo de sistema de vapor y condensado en la optimización de consumo de vapor vivo y recuperación de vapor flash suministrados por Calderas. El ahorro propuesto es del 16% del consumo de vapor equivalente a 345GPH de bunker en el día.
5	MP2	Proyecto Vapor y Condensado	134804	59616	27	Reforma para el control y balanceo de sistema de vapor y condensado en la optimización de consumo de vapor vivo y recuperación de vapor flash suministrados por Calderas. El ahorro propuesto es del 16% del consumo de vapor equivalente a 230GPH de bunker en el día.

Elaborado: Investigador

5.7.2- Proyecto de Vapor y Condensado

El proyecto se basa en la revisión de las tuberías, instalación de un nuevo sistema de vapor y condensado. Este consta de:

- Instalar potes de selaje o tees en las piernas de tomas de presión, nivel y flujo.
- Instalar drenos de 1.1/2” en la salida de condensado del tanque.
- Orientación para procedimientos de barrido en las cañerías y coordinación junto a personal de montaje y producción.

Este nuevo sistema de vapor se coloca en la visualización de la pantalla (SCADA de la máquina), unidades de operación. Estos cambios se muestran en la figura 5.3, donde consta el LAY-OUT del sistema de vapor, zona Calderas.

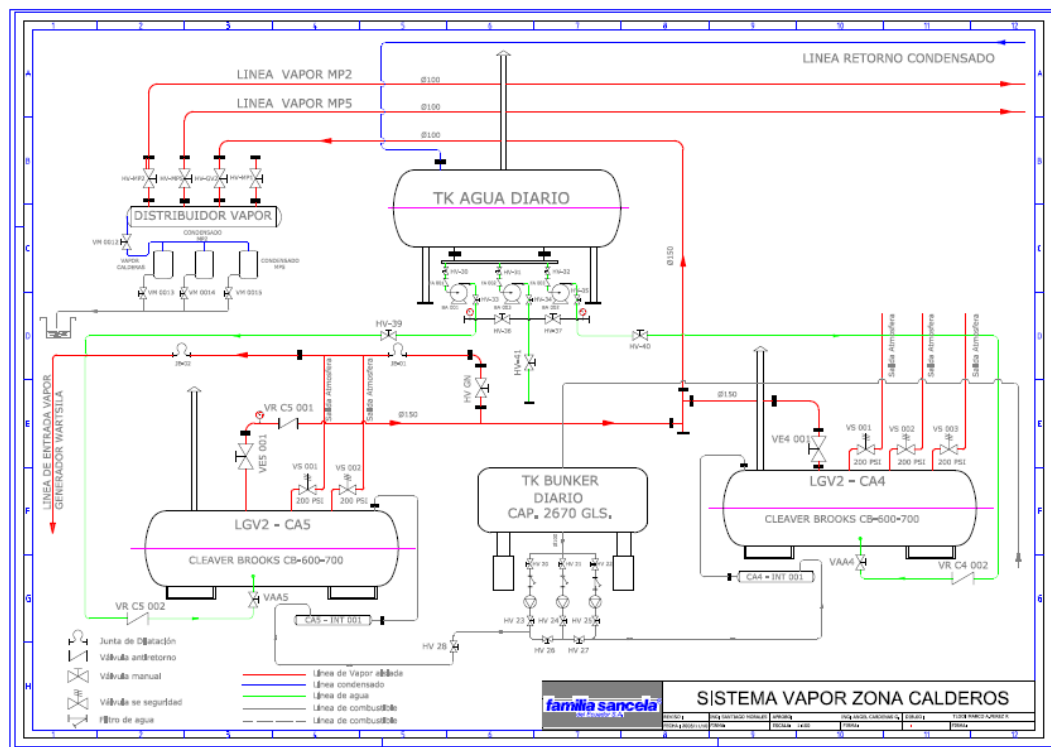


Figura № 5.2: Sistema de Vapor, Zona Calderas

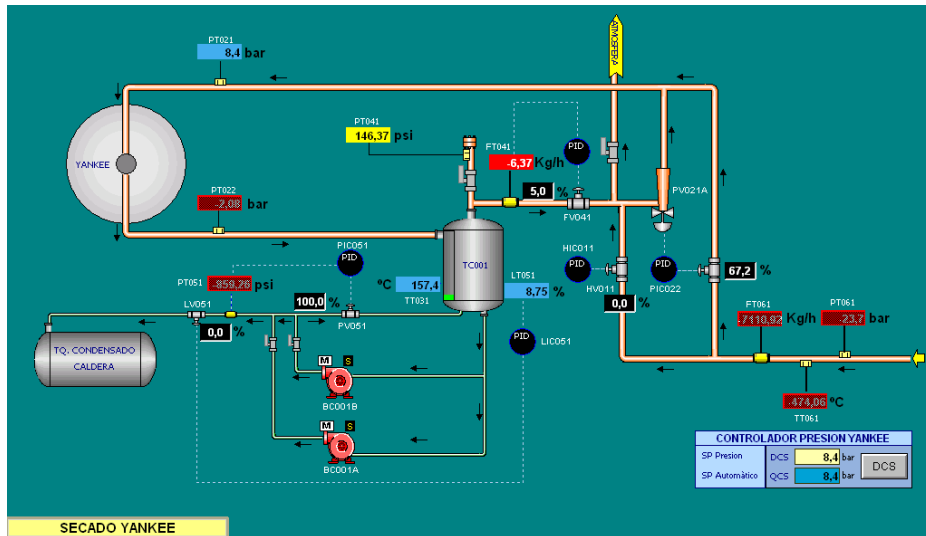


Figura № 5.3: Secado Yankee, Fuente: Molino 2

Como se mencionó la empresa está regida por políticas energéticas emitidas a generar el mayor ahorro energético, es así que esta idea se realizó y se tubo los siguientes resultados

Arranque.- Luego de 12 horas de paro programado, la Máquina Papelera 2 (MP2) arranco aproximadamente a las 01:00h, con los siguientes pendientes en el sistema de vapor:

- Calibración de los transmisores de flujo.
- Calibración del transmisor de nivel del tanque.
- Start-up de la bomba de condensado.
- Calibración de la válvula de control para atmosfera.

Dados de la producción después del arranque:

- Gramaje: 16,9 g/m².
- Producción instantánea: 26,7 TPD.
- Ancho de la hoja: 2,27 m.
- Velocidad en Yankee: 558 mpm.
- Velocidad en Reel: 472 mpm.
- Crepado: 15,4%.
- Presión Yankee: 6,8 bar.
- Diferencial de presión: 14 psi.

- Termocompresor: 52% abertura.
- Válvula make-up: 77% abertura.
- Consumo de vapor (pantalla): 2280 kg/h.
- Consumo específico: 2,04 kgv/kgp.
- Temperatura Campana: 352 °C.
- Motor Yankee: 302 A.

Instrucción de operación para el sistema de vapor y condensado:

- Mantener el set-point de control de diferencial de presión en 14 PSI (mínimo 12 PSI) para todas las producciones en la MP-2.
- Mantener el set-point de control de nivel en 40%.
- Mantener el set-point de quiebra de hoja arriba de 1,0 bar.
- Mantener la temperatura de precalentamiento mínimo de 90°C.

Consumo de vapor y capacidad de secado:

Se observó que el consumo de vapor real para la MP2 está arriba de los valores considerados en los cálculos de condensación en el Yankee. Para producción de 25,5 TPD (1062 kg /h) fue considerado máximo 1500 kg/h de vapor, o sea, consumo específico de 1,4 kgv/kgp.

En los cálculos la campana debería participar cerca del 47% en el secado, sin embargo, su participación es cerca del 25%. El funcionamiento de los elementos del sistema de vapor no sufrió con estas consideraciones de cálculo, debido a que fueron diseñados con un buen factor de seguridad.

El consumo real está en 2280 kg/h de vapor para 26,7 TPD, con un consumo específico de 2,04 kgv/kgp. Por información del personal de producción e instrumentación antes la máquina consumía 2400 kg de vapor para producir 21 TPD (875kg/h), o sea consumo específico de 2,74 kgv/kgp.

Se concluye que con la alta participación del Yankee se obtiene ahorro de vapor por la disminución del consumo específico de vapor.

Dos días después del arranque, producción indica que la capacidad de secado del Yankee mejoró. Entre antes y después del arranque, la producción fue de 21/22 TPD para 26 TPD en operación constante.

Por lo que, esta mejora en la producción de la máquina se debe al buen drenaje del Yankee por el nuevo sistema de vapor y condensado instalado.

5.7.2.1. Sugerencias para mejoras:

- Campana.- Con el fabricante, evaluar la campana para identificar oportunidades de mejoras en la eficiencia de este equipo, por presentar baja participación en el secado de la máquina 2.
- Sifón.- Verificar el sifón del Yankee y sacar las distancias entre los tubitos (soda straws) del sifón y la superficie interna del Yankee. Determinar la mínima distancia permisible y ajustar por la mínima dimensión posible. Cuanto menos película de condensado hay internamente, menos vapor se consume en el Yankee.
- Aislamiento.- Instalar aislamiento en todas las cañerías, válvulas y tanque de condensado para evitar pérdidas de energía por radiación.
- Termocompresor.- Fue observado que las placas de identificación de los termocompresores de la maquina 2 y 5 están instaladas inversas, pero las indicaciones están correctas. Se recomienda sacar las placas e instalarlas en sus respectivos termocompresores.
- Calibración de los instrumentos.- Instalar tapones en las piernas de sello de los instrumentos para evitar perdida de líquido de celaje, debido a la abertura de las válvulas de bloqueo.

5.8- Mejora del suministro de agua a la planta

Para suministrar agua a las máquinas se tiene prendido un motor de 75 kW y la válvula de salida estrangulada para mantener el flujo y presión requeridos, por tal razón se realizó las siguientes acciones:

El 9 de agosto, se apaga el motor *LSA2-BA006* de 75 kW y se prende la bomba *LSA2-BA001* de 22 kW, 38 A, 1760 RPM. Con estos datos, en la tabla № 5.3 se

indica el resumen de energía, lo que consumirá y costará tener prendida durante el año las 24 horas del día este motor:

Tabla Nº 5.3 Resumen de Energía Consumida y costo causado

Motor	Corriente (A)	Potencia W	Energía	Energía	Energía	Energía	Energía
	Consumo	Consumo	kWh	kWh *día	kWh *mes	kWh *año	Mwh*año
LSA2_BA001	23.5	16993.79	16.99	407.85	12235.53	146826.35	146.83
			Dólares	Dólares	Dólares	Dólares	
			Hora	Día	Mes	Año	
			1.02	24.47	734.13	8809.58	

Elaborado: Investigador

Con los datos anteriores, en el cuadro Nº 5.4 se realiza la comparación del ahorro energético que se tiene con el cambio realizado:

Tabla Nº 5.4 Resumen de Ahorro de Energía y dinero en sistema de agua

Ahorro Energía hora kW	Ahorro Energía día kW	Ahorro Energía mes kW	Ahorro Energía año kW	Ahorro Energía año MW	Ahorro Diario \$	Ahorro Mensual \$	Ahorro Anual \$
40.86	980.58	29417.34	353008.0	353.01	58.83	1765.04	21180.48

Elaborado: Investigador

Se observó que sin utilizar ningún recurso económico, sino aprovechando la bomba instalada de respaldo, realiza el mismo trabajo que la anterior, teniendo un ahorro de 353 MW al año que significan \$ 21180, dinero que se puede utilizar en algún proyecto nuevo. Entonces lo que falta es crear conciencia, que los recursos deben ser optimizados, de esta forma la empresa será más competitiva y por ende crecerá más, creando incluso nuevas fuentes de empleo.

Con el cambio realizado el abastecimiento de agua en la MP2 y PP2 es normal, lo mismo que en el caldero con una entrada de agua de 25 galones al tanque de agua diaria, con ese caudal trabajan siempre a plena carga.

5.9- Optimización de las variables del proceso de PULPEADO

Luego de revisar el proceso de pulpeado y sus variables que lo involucran, conjuntamente con personal de Producción se realiza pruebas en el sistema, disminuyendo el tiempo de funcionamiento, incrementado la consistencia de la

pasta (con seguimiento de blancura y PPM en el semi-elaborado para verificar que no afecte en la producción los cambios). En la prueba realizada se mantiene la dosificación de químicos y sus parámetros de operación, como potencia del kneader, y la temperatura del sistema de dispersión en caliente. En la tabla № 5.5 muestra las variables que estuvieron antes y las que se dejó después del cambio.

Tabla№ 5.5 Variables de Proceso de PULPING

OPERACIÓN	Antes	Actual
VOLUMEN DE PULPER 15 m3	15	15
POTENCIA INSTALADA kW		
TIEMPO DE ALIMENTACIÓN DEL PULPER (MIN)	5	5
TIEMPO DE PULPEADO (MIN)	25	10
TIEMPO DESCARGA (MIN)	6	12
TIEMPO TOTAL CICLO (MIN)	36	27
CONSISTENCIA	15	17,3
CARGA PULPER BDT	2,25	2,595
CICLO DE TIEMPO (MIN)	36	27
CICLO EN CICLO/H	1,667	2,222

Elaborado: Investigador

Igualmente, como se muestra en la Figura № 5.5 se modificó los tiempos de pulpeado en el programa, ya que el valor mínimo era 10min y hoy es de 8 min

PARAMETROS.. Pulpig

TIEMPOS

Tiempo de Despulpado	<input type="text" value="8.0"/>	8 - 40 Min	<input type="text" value="6.6"/>
Tiempo de espera de Condiciones en TP110	<input type="text" value="1.0"/>	1 - 5 Min	<input type="text" value="0.0"/>
Tiempo de Llenado de la Pera	<input type="text" value="30.0"/>	30 - 90 Seg	<input type="text" value="0.0"/>
Tiempo de descarga de la Pera	<input type="text" value="13.0"/>	2 - 15 Min	<input type="text" value="0.0"/>
Tiempo de lavado en el Pulper	<input type="text" value="30.0"/>	0 - 30 Seg	<input type="text" value="0.0"/>
Tiempo de Alivio en el Pulper	<input type="text" value="30.0"/>	0 - 30 Seg	<input type="text" value="0.0"/>
Tiempo de Lavado en la Pera	<input type="text" value="90.0"/>	30 - 90 Seg	<input type="text" value="0.0"/>
Tiempo de Alivio en la Pera	<input type="text" value="90.0"/>	30 - 90 Seg	<input type="text" value="0.0"/>
Tiempo de descarga de desechos	<input type="text" value="40.0"/>	1- 45 Seg	<input type="text" value="0.0"/>

Variables de proceso

Nivel de Vaciado del Tk de Agua Caliente al despulpar	<input type="text" value="35.0"/>	%
Nivel de Llenado del Tk de Agua Caliente	<input type="text" value="45.0"/>	%
Nivel Max de Llenado del Tk antes de despulpar	<input type="text" value="65.0"/>	%

Figura № 5.4 Parámetros de Proceso PULPING, Elaborado: Investigador

En la tabla 5.6 se observa el ahorro de energía.

Tabla N° 5.6 Ahorro de energía por ciclos

	Antes	Después
POTENCIA POR CICLO EN kWh	257,5	193,3
POTENCIA ESPECÍFICA ABSORBIDA kWh/BDT	68,67	33,53

Elaborado: Investigador

EL ahorro será de 60 kW por ciclo, si se realiza esto por 32 ciclos promedio durante el día, se tiene 1920 kW-día ahorrados. En la tabla N° 5.7, se muestra el ahorro energético obtenido, ya que este proyecto no necesitó de ninguna inversión, por tal razón es viable su implementación.

Tabla N° 5.7 Ahorro producido en el Proceso de Pulpeado

Unidades	Ahorro Diario	Ahorro Mensual	Ahorro Anual
kW	1920	57600	691200
Dólares	115,2	3456	41472

Elaborado: Investigador

5.10- Optimización del proceso en el área de FLOTATION

Con Producción, se verifico el funcionamiento del área de Flotation, encontrando los posibles puntos de mejora. Se incorporó al sistema a manera de prueba un drive al motor (PPP5-BP006), para lo cual se realizó las siguientes actividades.

Cableado de alimentación del drive, motor y control; programación del drive con los respectivos parámetros de control y datos del motor. Se comprueba funcionamiento con un motor de reemplazo para estas bombas de los inyectores.

Se realiza el cambio en línea (sin parar producción), simulando en el programa el encendido de la bomba. Mientras se procede al cambio, producción nota que al desconectar un inyector la celda comienza a trabajar de mejor manera, sin que los parámetros de calidad sean afectados.

Se pone en marcha el drive, se abre la válvula al 100% y se baja la velocidad de 60 a 46 Hz, logrando así los 20 PSI que requiere producción a la salida de la bomba. En la Figura N° 5.6 se muestra la operación del área FLOTATION

Luego se apaga el motor de la bomba de pasta PPP5-BP007, por la explicación anteriormente descrita, quedando el sistema a prueba de la siguiente manera.

- BP006 Con drive y con un consumo de 35A.
- BP007 Apagada.

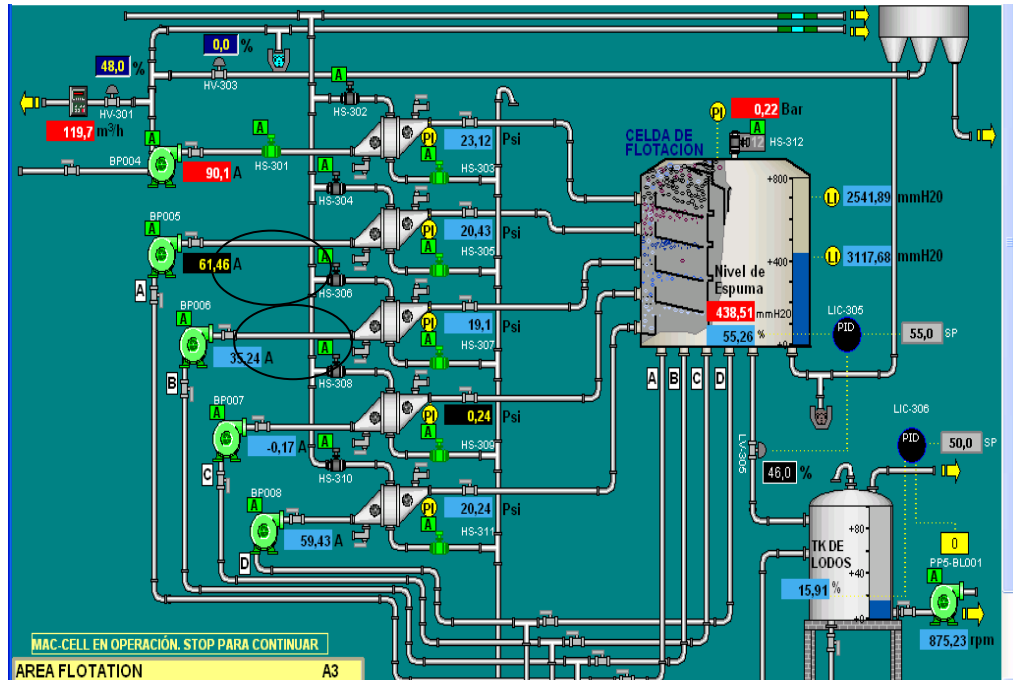


Figura № 5.5 Visualización de operación área FLOTATION,

De lo descrito, al apagar una bomba se deja de consumir 60A y se suma 25A por la instalación del drive, entonces se tiene un ahorro de 85A., con estos datos y con un promedio de 23 horas de trabajo diario se aplica en la fórmula:

$$kW = ((I \times E \times F.P \times 1.73) / 1000)$$

, Tabla № 5.8 Datos de Ahorro producido en el Proceso de FLOTATION

Voltaje	440	V
Corriente	85	A
Tiempo sin Operar	23	H
Eficiencia Motor	0,87	
Precio Energía	0,062	\$ por kW
Consumo hora	56,29	kW
Consumo día	2701,96	kW
Consumo mes	38840,61	kW
Ahorro en una hora	3,5	Dólares
Ahorro en un día	80,27	Dólares
Ahorro en un mes	2408,12	Dólares
Ahorro en un año	28897,41	Dólares

Elaborado: Investigador

En la tabla 5.8 se observa el ahorro producido en el Proceso de FLOTATION, Más ejemplos de Proyectos de Mejora se lo encuentran en el Anexo 7.

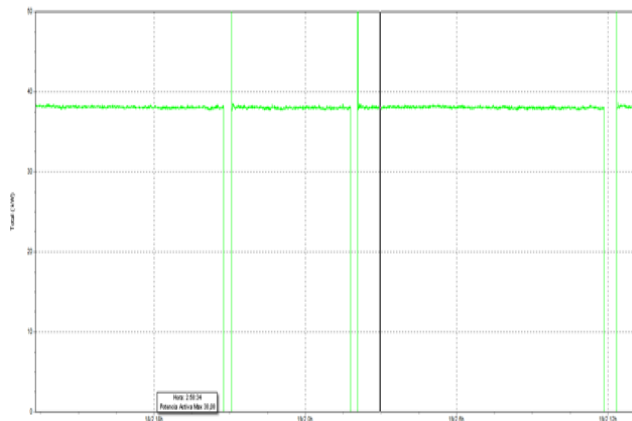
5.10.1- Análisis de la potencia de consumo de los inyectores PP5-BP008

En la tabla Nº 5.9 se observa las lecturas del INYECTOR 5, y en la Figura Nº 5.7 el valor de máxima potencia consumida sin variador

Tabla Nº 5.9 Lectura de potencias inyector 5 PP5-BP008 sin variador

MARCA	SERIE	VOL	AMP	RPM	POT kW	FREC.	FRAME	FORM. C.	FP	IP
SIEMENS	1LA6 253 6AA60 Z	440V	72	1180	44.5	60HZ	250M	IMB3	0.84	55

Fuente: Manufactura Molinos, Elaborado: Investigador



Fecha de medición: 20/02/2012 al 18/02/2013
 Potencia placa motor: 44.5Kw
 Potencia máxima medida: 40Kw
 Presión de salida del inyector 20.3psi
 Válvula salida de la bomba cerrada 60%

Figura Nº 5.6 Valor de máxima potencia consumida sin variador, Fuente: Manufactura Molinos

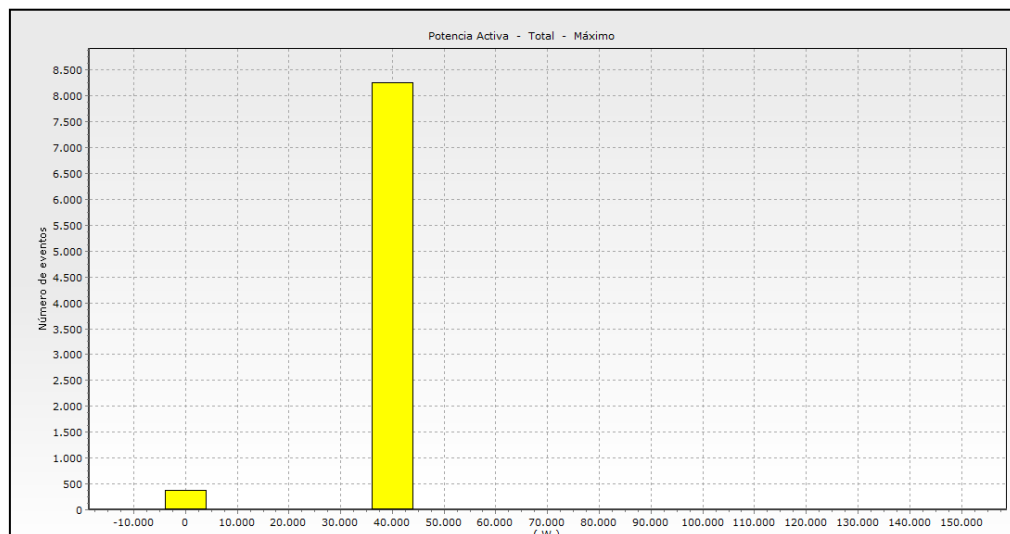


Figura Nº 5.7 Estadística de potencia consumida

En la figura № 5.8 se muestra la Estadística de potencia consumida en el motor, y en la figura № 5.9 se observa el Monitoreo de presión del inyector 5.

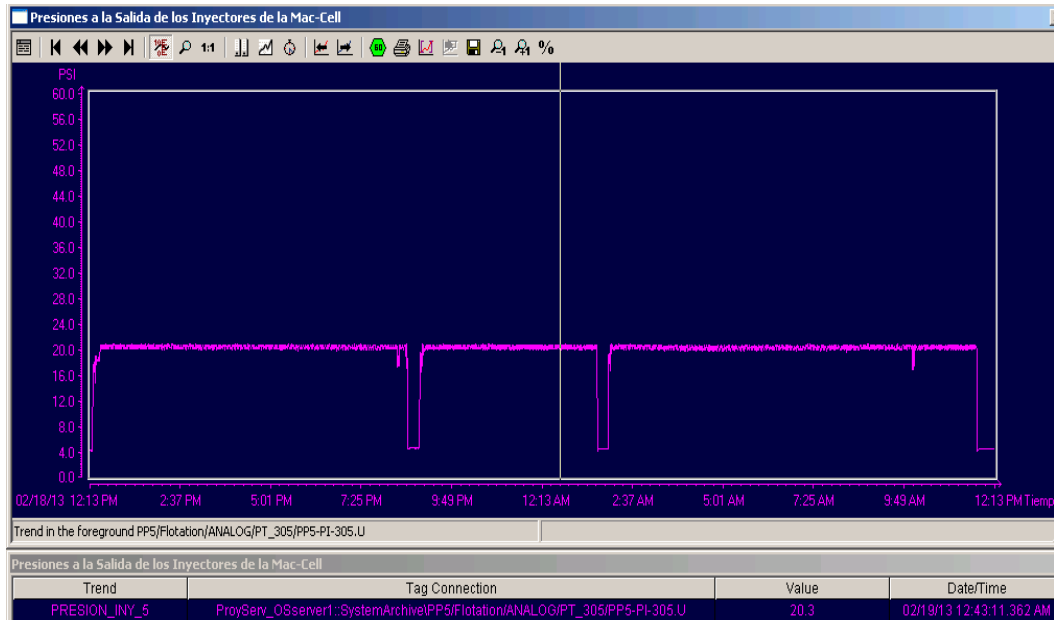


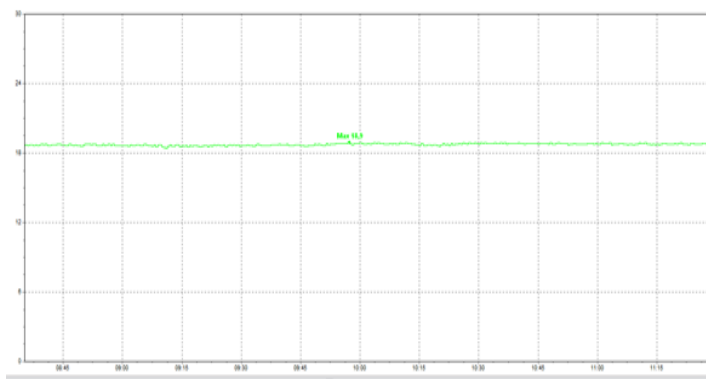
Figura № 5.8 Monitoreo de presión del inyector 5

Ahora el INYECTOR 5 PP5-BP018 con variador,

Tabla № 5.10 Lectura de potencias inyector 5 PP5-BP008 con variador

MARCA	SERIE	VOL.	AMP.	RPM	POT. kW	FREC.	FRAME	FORM. C.	FP	IP
SIEMENS	1 LA6 253 6AA60 Z	440V	72	1180	44.5	60HZ	250M	IMB3	0.84	55

Elaborado: Investigador



- Fecha de medición 02/02/2013 al 04/02/2013 Potencia placa motor: 44.5Kw
- Potencia máxima medida: 20Kw
- Presión de salida del inyector 20.3psi

Figura № 5.9 Valor de máxima potencia consumida con variador

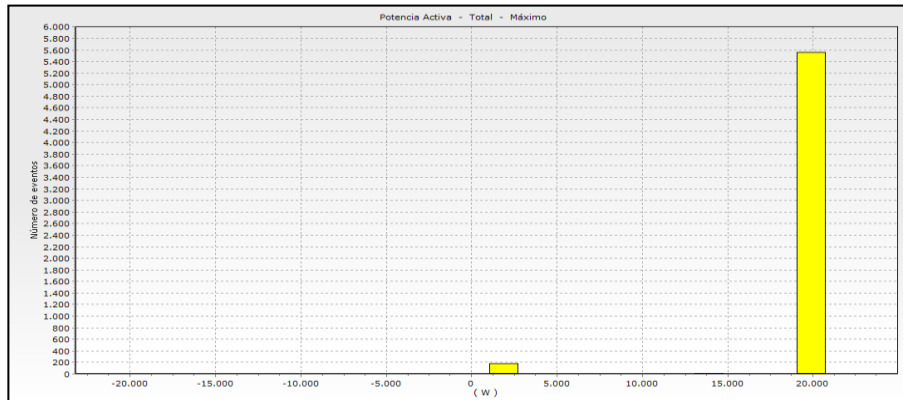


Figura Nº 5.10 Estadística de potencia consumida

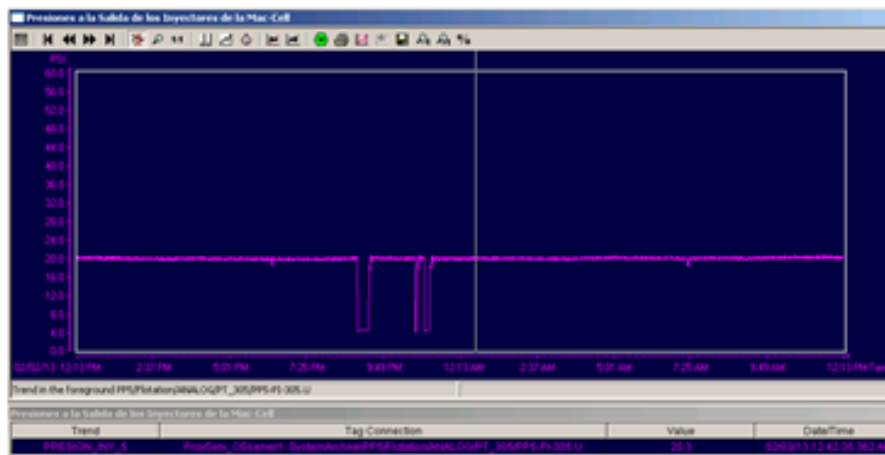


Figura Nº 5.11 Monitoreo de presión del inyector 5,

5.10.2- Costo de Implementación del proyecto

En la Tabla Nº 5.11 se observa el costo que tiene el proyecto por concepto de materiales para los tableros de los Inyectores

Tabla № 5.11 Materiales para los tableros del proyecto ahorro Inyectores

ITEM	DESCRIPCIÓN	UNID	CANT	V UNIT	VTOTAL
1	TABLERO MODULAR 2200X400X450 ARMADO	U	1	1864,00	1864,00
2	TABLERO MODULAR 2200X600X450 ARMADO	U	2	2165,00	4330,00
3	BASE METALICA SEGÚN DISEÑO PARA FIJACIÓN DE TABLERO	U	1	150,00	150,00
4	BREAKER PRINCIPAL REGULABLE 160-400AMP	U	1	588,00	588,00
5	CABLE PROFIBUS	MTS	20	3,80	76,00
6	CABLE CONCENTRICO 3X14	MTS	20	2,52	50,40
7	BARRA DE COBRE ACOMETIDA PRINCIPAL 400AMP+TIERRA	MTS	1	550,00	550,00
8	BARRA DE COBRE DISTRIBUCION	U	4	250,00	1000,00
9	BORNERAS DOBLES	U	35	2,95	103,25
10	BORNERAS CON FUSIBLE	U	15	5,05	75,75
11	BORNERAS	U	20	1,30	26,00
12	LAMPARA PARA TABLERO	U	4	16,22	64,88
13	CONTROL DE TEMPERATURA TABLERO	U	4	250,00	1000,00
14	TOMA DOBLE POLARIZADO 110V 15AMP	U	4	5,00	20,00
15	VENTILADOR PARA TABLERO	U	4	60,00	240,00
16	LUZ PILOTO VERDE 22MM	U	4	16,00	64,00
17	LUZ PILOTO ROJO 22MM	U	4	16,00	64,00
18	SELECTOR 3 POSICIONES, MAN, AUTO	U	4	16	64,00
19	ACCIONAMIENTO MECANICO EN PUERTA PARA PRENDER Y APAGAR+BREAKERS MOTORES 44.5KW 100- 125AMP+ CONTACTOS DE ESTADO + BOBINA DE DISPARO	U	4	235,75	943,00
20	AISLADOR TIPO SANDUCHE, BARRAS PRINCIPALES	U	6	12,3	73,80
21	BREAKER SIEMENS RIEL 2POLOS 2A	U	3	20,76	62,28
22	CANALETA RANURADA 40X40	U	2	6,03	12,06
23	TC'S 400AMP	U	3	16,89	50,67
24	MEDIDOR PARAMETROS SENTRON PAC 3200	U	1	653,40	653,40
25	MODULO PROFIBUS PARA SENTRON PAC3200	U	1	206,06	206,06
26	CONECTOR PROFIBUS	U	5	68,00	340,00
27	TRANSFORMADOR 200VA 440-220V	U	1	100,00	100,00
28	MATERIAL MENUDO	U	1	150,00	150,00
29	MANO DE OBRA Y TRANSPORTE	U	1	1600,00	1600,00
30	DOCUMENTACIÓN FABRICANTES ELEMENTOS	U	1	30	30,00
31	PLANOS ELECTRICOS	U	1	30	30,00
32	MEMORIA TÉCNICA	U	1	30	30,00
				V NETO	14611,55

Elaborado: Investigador

VARIADOR:

En la Tabla № 5.12, se observa una descripción detallada de los materiales a utilizarse para los variadores del proyecto ahorro Inyectores

Tabla № 5.12 Materiales para los variadores del proyecto ahorro Inyectores

ITEM	DESCRIPCIÓN	UNID	CANT	V UNIT	VTOTAL
1	TABLERO MODULAR 2200X400X450 ARMADO	U	1	1864,00	1864,00
2	TABLERO MODULAR 2200X600X450 ARMADO	U	2	2165,00	4330,00
3	BASE METALICA SEGÚN DISEÑO PARA FIJACIÓN DE TABLERO	U	1	150,00	150,00
4	CABLE PROFIBUS	MTS	20	3,80	76,00
5	CABLE CONCENTRICO 3X14	MTS	20	2,52	50,40
6	BARRA DE COBRE ACOMETIDA PRINCIPAL 400AMP+TIERRA	MTS	1	550,00	550,00
7	BARRA DE COBRE DISTRIBUCION	U	4	250,00	1000,00
8	BORNERAS DOBLES	U	35	2,95	103,25
9	BORNERAS CON FUSIBLE	U	15	5,05	75,75
10	BORNERAS	U	20	1,30	26,00
11	LAMPARA PARA TABLERO	U	4	16,22	64,88
12	CONTROL DE TEMPERATURA TABLERO	U	4	250,00	1000,00
13	TOMA DOBLE POLARIZADO 110V 15AMP	U	4	5,00	20,00
14	VENTILADOR PARA TABLERO	U	4	60,00	240,00
15	LUZ PILOTO VERDE 22MM	U	4	16,00	64,00
16	LUZ PILOTO ROJO 22MM	U	4	16,00	64,00
17	SELECTOR 3 POSICIONES, MAN, AUTO	U	4	16	64,00
18	ACCIONAMIENTO MECANICO EN PUERTA PARA PRENDER Y APAGAR+BREAKERS MOTORES 44.5KW 100- 125AMP+ CONTACTOS DE ESTADO + BOBINA DE DISPARO	U	4	235,75	943,00
19	AISLADOR TIPO SANDUCHE, BARRAS PRINCIPALES	U	6	12,3	73,80
20	BREAKER SIEMENS RIEL 2POLOS 2A	U	3	20,76	62,28
21	CANALETA RANURADA 40X40	U	2	6,03	12,06
22	TC'S 400AMP	U	3	16,89	50,67
23	MEDIDOR PARAMETROS SENTRON PAC 3200	U	1	653,40	653,40
24	MODULO PROFIBUS PARA SENTRON PAC3200	U	1	206,06	206,06
25	CONECTOR PROFIBUS	U	5	68,00	340,00
26	TRANSFORMADOR 200VA 440-220V	U	1	100,00	100,00
27	REACTANCIA 60HP SINAMICS G120 6SE6400-3CC11-2FD0	U	1	525,00	525,00
28	VARIADOR SINAMICS G120 60HP CUADRATICO 6SL3224-0BE33-7UA0	U	1	4770,00	4770,00
29	MATERIAL MENUDO	U	1	150,00	150,00
30	MANO DE OBRA Y TRANSPORTE	U	1	1600,00	1600,00
31	DOCUMENTACIÓN FABRICANTES ELEMENTOS	U	1	30	30,00
32	PLANOS ELECTRICOS	U	1	30	30,00
33	MEMORIA TÉCNICA	U	1	30	30,00
				V NETO	19318,55

Elaborado: Investigador

CABLEADO

En la Tabla № 5.13 se observa los materiales para el cableado del proyecto ahorro Inyectores, con sus respectivos costos.

Tabla № 5.13 Materiales para el cableado del proyecto ahorro Inyectores

ITEM	DESCRIPCIÓN	UNID	CANT	V UNIT	VTOTAL
1	CABLE SUPERFLEX 2 AWG PARA PP5-BP005	MTS	200	8,94	1788,00
2	CABLE SUPERFLEX 2 AWG PARA PP5-BP006	MTS	200	8,94	1788,00
3	CABLE SUPERFLEX 2 AWG PARA PP5-BP007	MTS	200	8,94	1788,00
4	CABLE SUPERFLEX 2 AWG PARA PP5-BP008	MTS	200	8,94	1788,00
5	CABLE 1/0 (ACOMETIDA PRICIPAL DOBLE 1/0) 400AMP	MTS	120	13,88	1665,60
6	CABLE 4X18 AWG PARA EMPALMAR 4 SELECTORES	MTS	50	1,92	96,00
7	CANALETA ESCALERILLA 30X10 SIN TAPA	U	3	50,05	150,15
8	MANGUERA BX PVC 1 1/2	MTS	5	11,66	58,30
9	TERMINAL PONCHAR CABLE 2	U	32	0,64	20,48
10	CONECTOR BX 1 1/2	U	8	6,02	48,16
11	TERMINAL DE PONCHAR CABLE 1/0	U	12	1,11	13,32
12	AMARRAS PLASTICAS 20CM (FUNDAS 100)	U	8	6,00	48,00
13	TACOS MULETIADOS 3/8	U	16	0,18	2,88
14	PERNOS 3/8X1	U	10	0,10	1,00
15	CHANNEL	U	1	18,00	18,00
16	ESPARRAGOS 3/8	U	1	18,00	18,00
17	MATERIAL MENUDO	U	1	150,00	150,00
18	MANO DE OBRA Y TRANSPORTE	U	1	2800	2800,00
				V NETO	12241,89

Fuente: Manufactura Molinos, Elaborado: Juan Tacan

Tabla № 5.14 Resumen de costos del proyecto ahorro Inyectores

ítem	Cantidad	costo unitario en planta USD	Costo total USD
Drive SINAMICS G120	1	19318,55	19318,55
CCM	1	14611,55	14611,55
Cableado	1	12241,89	12241,89
Montaje y programación	1	4500	4500
	SUBTOTAL	50671,99	50671,99
		IVA 12%	6080,6388
		TOTAL	56752,6288

Elaborado: Investigador

5.10.3 Periodo de recuperación de la inversión

La recuperación es en 19 meses, está calculada con la tasa referencial bancaria actual. En la tabla № 5.15 se observa el periodo de recuperación de la inversión

Tabla № 5.15 Periodo de recuperación de la inversión

Periodo de recuperación de la inversión	PR(meses)=	15,2	El proyecto conviene hacerlo.
	VAN= \$	4.821	
	TIR=	2,31%	

Elaborado: Investigador

5.11. Reducción de pérdidas en el portador electricidad

De los valores calculados por el software, en la situación actual mostrada en el capítulo 4 se procedió a realizar mejoras en el régimen de carga del transformador principal al considerar la demanda máxima, algunas de ellas no representaron inversiones por ser estas de carácter organizativas, como es el caso de la redistribución de carga, cambio en el régimen de operación, balance de las fases menos cargadas. Estas medidas incidieron en la reducción de las pérdidas de energía en la empresa en un 1 %, obtenidas en la simulación y mostradas en la tabla 5.16.

Tabla № 5.16 Resumen del reporte del sistema

System Summary Report				
Total	MW	MVAR	MVA	PF
System	1.220	0.450	1.245	0.980
Load in System	1.323	784	1.392	0.950
Shunt Load in System	0.000	-0.492		
Losses in System	0.009	0.044		

Elaborado: Investigador

5.12. Valoración económica de la propuesta.

A través del ahorro de energía, se adjuntan las propuestas de proyectos para las siguientes áreas de Manufactura Molinos de la planta Ecuador:

Esta propuesta tiene dos etapas, una para el año 2013 (Tabla 5.17) y otra para el 2014 (Tabla 5.18), donde se consideran los siguientes aspectos: Descripción del proyecto, Inversión, ahorro anual, Tiempo de retorno, Observaciones.

Tabla № 5.17 Valoración económica de la propuesta primera etapa

Segundo Semestre 2013						
N°	SECCIÓN	DESCRIPCIÓN	INVERSIÓN (dólares)	AHORRO (dólares / año)	TIEMPO DE RETORNO (meses)	OBSERVACIONES
1	MP5	Proyecto Air Solvers PP5	31861	33337	11	El Air Solver es un sistema de efecto Venturi que sustituye al sistema de bombas de recirculación BA003 y BA010 para la clarificación de aguas en los clarificadores de planta y máquina. Proyecto ejecutado, pero se requiere una bomba de 5HP para el clarificador de máquina.
2	PTE	Proyecto Air Solvers PTE	16522	15552	13	El Air Solver es un sistema de efecto Venturi que sustituye al sistema de bombas de recirculación BA002 para la clarificación de aguas en los clarificadores de la planta PTE. Actualmente el equipo se encuentra en planta.
5	MP5 - MP2	Calidad en Mallas y filtros en relación al consumo de vapor (Calderas)	40000	38880	12	Calidad de las propiedades y características de retención de agua de las mallas y filtros para la optimización de energía en las bombas de vacío de máquina y consumo de Vapor. En referencia una malla el consumo normal es 3750G-3600PH y una diferente en propiedades de 3900GPH de Bunker. Proceso a cargo de Producción
6	SERVICIOS ENERGÉTICOS	Optimización de consumo de aire comprimido	-	3110	-	Mantenimiento e inspección de los sistema neumáticos de máquinas e instalación de acumuladores de aire en máquina para evitar variaciones de presión y corrección fugas de aire de los procesos. Una fuga de aire de 1mm equivale a 0.3kW por 25 fugas de aire. Proceso de Mantenimiento Preventivo
7	MP5	Optimización en la combustión de Hood	6000	3060	24	Calibración de relación aire - combustible y medición de consumo de combustible. El ahorro de diesel que se propone en un año es 3600GPH/año
8	MP2	Optimización en la combustión de Hood	3000	3060	12	Calibración de relación aire - combustible y medición de consumo de combustible. El ahorro de diesel que se propone en un año es 3600GPH/año
9	SERVICIOS ENERGÉTICOS	Optimización del proceso de generación de vapor	6000	9331	8	Calibración de relación aire - combustible y calentamiento de agua de suministro a Calderas. Se propone ahorrar el 1% en el consumo de combustible por mejora de agua temperada para suministro a los Calderas.
10	MP5	Proyecto Vapor y Condensado	168922	89424	23	Reforma para el control y balanceo de sistema de vapor y condensado en la optimización de consumo de vapor vivo y recuperación de vapor flash suministrados por Calderas. El ahorro propuesto es del 16% del consumo de vapor equivalente a 345GPH de bunker en el día.
11	MP2	Proyecto Vapor y Condensado	134804	59616	27	Reforma para el control y balanceo de sistema de vapor y condensado en la optimización de consumo de vapor vivo y recuperación de vapor flash suministrados por Calderas. El ahorro propuesto es del 16% del consumo de vapor equivalente a 230GPH de bunker en el día.
13	MP5	Instalación de tapas del Yankee	61470	34891	21	Instalación de tapas metálicas en los laterales del rodillo yankee para la hermetización del calor generado por el yankee. Proyecto Ejecutado y representa el 6% de ahorro en vapor
15	MP5	Deshabilitar un tanque de mezcla y realizar mezcla en tanque de máquina en ciertos productos	9000	15650	7	Reforma de tuberías para la implementación de un bypass para el paso directo al tanque de máquina. Se deja de utilizar un agitador y bomba.
16	PP5	Control de agitadores por variadores de velocidad con el nivel de tanques	44242	12873	41	Control de los agitadores de pasta por variadores de frecuencia en función del nivel de los tanques de pasta. Adicional del ahorro de energía, se reduce los costos de mantenimiento por el deterioro prematuro de partes mecánicas.
TOTAL			840906	318784,13	16,53	

Elaborado: Investigador

Tabla № 5.18 Valoración económica de la propuesta segunda etapa

Primer Semestre 2014						
N°	SECCIÓN	DESCRIPCIÓN	INVERSIÓN (dólares)	AHORRO (dólares / año)	TIEMPO DE RETORNO (meses)	OBSERVACIONES
1	MP5 - MP2	Optimización en la iluminación de Planta con tipo LED	371800	23363	191	Cambio de lámparas de iluminación de planta por lámparas de tipo LED para la optimización de energía eléctrica. Cambio de 338 lámparas de 400W de planta por lámparas tipo LED
2	MP2	Bomba Stock pum con variador de frecuencia por	34100	16070	25	Reemplazo de la caja de nivel por el control de un variador de velocidad en la bomba Stock Pump.
3	MP2	Control en lazo cerrado en ventilador de aire de extracción con sensor de	20867	6120	41	Control del aire del ventilador de extracción para la optimización y consumo de diesel en el Hood de acuerdo a la humedad del flujo de aire del Hood. Se propone el ahorro de 20GPH al día por la implementación del control de humedad
4	MP5	Control en lazo cerrado en ventilador de aire de extracción con sensor de	20867	6120	41	Control del aire del ventilador de extracción para la optimización y consumo de diesel en el Hood de acuerdo a la humedad del flujo de aire del Hood. Se propone el ahorro de 20GPH al día por la implementación del control de humedad
5	PP5	Control de Pulper Pulpa Reciclada con variador de velocidad	44472,96	23797,87	22	Control del pulper por variador de velocidad y secuencia de ciclos de pulpeos.
6	MP5	Control de presión de bombas de pasta y agua con variadores de velocidad	104680	134850	9	Control de las cinco bombas de pasta de los inyectores de PP5 con variadores de velocidad.
7	MP5 - MP2	Cambio de motores por motores de alta eficiencia	108560	17872	73	Reemplazo de motores de bajo factor de potencia y baja eficiencia por motores de alta eficiencia IE2, IE3 en planta. Se propone motores de alta eficiencia que representa un ahorro de energía del 6% en cada motor y reducción de carga inductiva por bajo factor de potencia. De 25 motores de carga promedio de 22Kw a 44Kw.
TOTAL			705347	228192	34	

Elaborado: Investigador

En la tabla 5.19 se puede ver los ahorros que se pueden dar al implementar las alternativas de ahorro energético propuestas en este estudio.

Tabla № 5.19 Resumen del ahorro de potencia de la propuesta

DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO DE AHORRO		Ahorro en kW al mes	Ahorro en MW al mes
Proyecto Air Solvers PP5		2000,22	2,0
Proyecto Air Solvers PTE		933,12	0,9
Calidad en Mallas y fieltros en relación al consumo de vapor (Calderas)		2332,80	2,3
Optimización de consumo de aire comprimido		186,60	0,2
Proyecto Vapor y Condensado		5365,44	5,4
Proyecto Vapor y Condensado		3576,96	3,6
Instalación de tapas del Yankee		2093,46	2,1
Automatización en Pulper en ciclos de pulpeo, No se justifica si se ejecuta Upgrade de la PPP2		894,24	0,9
Deshabilitar tanque de mezcla y realizar mezcla en tanque de máquina en ciertos productos		939,01	0,9
Control de agitadores por variadores de velocidad por nivel		772,37	0,8
Optimización iluminación con tipo LED		1401,75	1,4
Bomba Stock pum con variador de frecuencia por caja de nivel		964,20	1,0
Control en lazo cerrado en ventilador de aire de extracción con sensor de humedad		367,20	0,4
Control en lazo cerrado en ventilador de aire de extracción con sensor de humedad		367,20	0,4
Control de Pulper Pulpa Reciclada con variador		1427,87	1,4
Control de presión bombas pasta y agua con variadores de velocidad		8091,00	8,1
Cambio de motores por motores de alta eficiencia		1072,32	1,1
Total		32785,77	32,79

Portador	Mejora Propuesta	Ahorro mensual kW	Ahorro mensual MW	Inversión en Dólares	Ahorro Dólares (año)	Tiempo de Retorno (en meses)	% que se reduce de cada portador	% Índice Ecuador que se baja
Bunker y diesel	Optimización Mejoras Energía Térmica	302355,50	302,36	318726,00	164491,00	27,00	4,46	0,11
Electricidad	Mejora del Suministro de Agua a la Planta	29417,34	29,42	0,00	21180,00	0,00	0,91	0,02
Electricidad	Optimización del Proceso Área Pulpeado	57600,00	57,60	0,00	41472,00	0,00	1,77	0,03
Electricidad	Optimización del Proceso Área Flotación	105065,05	105,07	56752,62	3612,18	15,20	3,23	0,05
Electricidad	Reducción Pérdidas	32875,77	32,79	876040,00	338548,13	41,00	1,0089	0,02
	Total	527313,66	527,31	1251518,62	569303,31			0,23
							Ahorro	4,76

CONCLUSIONES GENERALES

Al término de nuestro trabajo se obtiene las siguientes conclusiones:

1. Partiendo de la evaluación del consumo de los portadores energéticos en el proceso productivo mediante un diagnóstico, se pudo establecer medidas de ahorro y uso racional de la energía con propuestas de alternativas de mejoras de la eficiencia energética y uso racional de la energía en la empresa "Familia Sancela del Ecuador". Las alternativas que mayor impacto causaron fueron:
 - Optimización del Proceso Área Flotación con un ahorro de 105065 kW mensuales.
 - Optimización del funcionamiento de las calderas, con una reducción de 25196 kW mensuales.
 - Optimización del Proceso Área Pulpeado, con una reducción de 57600 kW mensuales.
 - Mejora del Suministro de Agua a la Planta, con una reducción de 29417 kW mensuales.
 - Reducción Pérdidas varias del Portador Electricidad, con una reducción de 32875 kW mensuales.
2. El análisis del estado del arte relacionado con la eficiencia energética en las industrias de fabricación de papel develaron las principales tendencias que rigen la eficiencia energética en este ámbito, está sirvió de base teórica para la investigación.
3. El diagnóstico realizado al proceso productivo en la Empresa Familia Sancela del Ecuador mostró que los consumos y las pérdidas energéticas estuvieron centrados en el área de molinos a un 50% de usos significativo en el portador Bunker, el 34% del portador electricidad y el 16% del portador diesel, para un consumo total de 9151.219 kWh/mes.

4. Se mejora la eficiencia energética a partir de la implementación de los proyectos de mejora analizados en la investigación, ayudando a que el sistema obtenga una reducción de energía de 220 MW mensuales, el Índice energético bajo del 4.83% a 4.61%, obteniendo una reducción del 4.5 % de este indicador energético.
5. Se determinaron como oportunidades de ahorro las áreas de Flotation, Pulping, inyectores, suministro de agua a la planta y calderas de vapor, permitiendo con ello establecer una propuesta de mejoras estructurada por dos etapas, una para el año 2013 y otra para el 2014 logrando un ahorro total de 566740,13 USD.
6. A partir del estudio realizado, se propone un conjunto de alternativas de mejoras de la eficiencia energética y uso racional de la energía a través de proyecto de vapor y condensado, suministro de agua y reducción de pérdidas en el portador electricidad, para un ahorro total en la implementación de 272625,88USD/año

RECOMENDACIONES GENERALES

Del trabajo realizado se desprenden las siguientes recomendaciones

1. Con la experiencia obtenida, es recomendable realizar una evaluación del consumo energético en las demás áreas, como son Manufactura Conversión y Manufactura FLUFF. De modo que se establezca medidas de ahorro y uso racional de energía.
2. Se recomienda realizar los proyectos de mejora divididas en dos etapas, ya que como se observó ayudaran a mejorar el Índice Energético, a través del ahorro de energía.
3. En la instalación industrial o de servicio, se lleve a cabo un estudio preliminar que le permita clasificar los motores existentes (tomando en cuenta los aspectos técnicos y económicos) para ser sustituidos por motores de alta eficiencia en las siguientes variantes:
 - a. Sustitución inmediata
 - b. Sustituir cuando falle
 - c. Mantener la situación actual
4. De acuerdo con la instrumentación existente, explique cual o cuales métodos de evaluación de la eficiencia en planta usted pudiera utilizar, para poder precisar con más exactitud lo realizado en el punto anterior.
5. De entre esos motores principales, escoja uno que usted estime que está mal seleccionado en cuanto a potencia y haga la selección adecuada, considerando la característica de la carga.
6. En una instalación industrial o de servicio, localice sistemas de control de flujo de agua o de aire que empleen métodos de estrangulamiento o algún método de control mecánico y haga una evaluación preliminar de la conveniencia de aplicar variadores de frecuencia.
7. En la investigación no se topó el tema de iluminación, en una instalación industrial es de vital importancia en el tema de ahorro de energía, por tal

motivo se plantea que se tome las medidas necesarias y se aplique el mejoramiento del sistema de iluminación.

8. Realice una evaluación económica preliminar de las medidas que impliquen inversión.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilar, P. F. (2003). Mantenimiento mayor y automatización del sistema de control del caldero en la Empresa “Molinos Poulter”.
- Aldrich, R., Llauro, X., Mutjé, P., & Pèlach, À. (2008). Los sistemas de gestión de emisiones y energía como primer punto de prevención para la reducción de emisiones de CO₂. V CONGRESO IBEROAMERICANO DE INVESTIGACION EN CELULOSA Y PAPEL 2008.
- Bastidas, G. (2000). Centrales Hidráulicas, Calderos, Turbinas, Hornos Industriales. Monografía de Grado.
- Brooks, C. (1990). Manual de Operación, Servicio y Repuestos Calderas unitarias.
- CAEEM. (2006). Guía de Ahorro Energético en Instalaciones Industriales. Madrid: Gráficas Arias Montano SA.
- CAEEM. (2007). Guía de Ahorro y Eficiencia Energética en Oficinas y Despachos. Madrid: Gráficas Arias Montano SA.
- Cuenca, S. E. (2013). Factibilidad de la norma ISO 50 001 en la central hidroeléctrica “CARLOS MORA CARRIÓN”. Cuenca: Universidad de Cuenca: Maestría en Planificación y Gestión Energética.
- García, A. M. (2013). Estudio de la informática verde y su impacto en el ahorro energético, mediante el diseño y construcción de una computadora ecológica implementada en la carrera de ingeniería en sistemas computacionales. Guayaquil: Universidad de Guayaquil.
- Josse, V. S. (2013). Ecoeficiencia Industrial: producción más ecológica. País Productivo, 4-5.
- Josse, V. S. (2013). El desarrollo industrial y la integración con las Industrias Básicas. País Productivo, 6-7.
- MAPFRE, F. (2011). Guía práctica para la implantación de sistemas de gestión energética. Madrid: Asociación de Empresarios del HENARES.

- Muñoz, E., & Vergara, E. (2011). Desarrollo y Aplicación de una Guía Para Realizar Auditorías Energéticas En El Sector Industrial. Quito.
- Oliver Pujol, R., & Estrany Coda, F. (2005). La eficiencia energética en la industria papelera. Técnica Industrial, 1-5.
- Pérez, D. (2012). Los Sistemas de Gestión Energética impulsarán la competitividad de la industria colombiana. Mundo Eléctrico, 32-36.
- PROTISA. (2007). Declaración Ambiental 2007. Santa Cruz de Tenerife: APPLUS.
- Quinga, T. (2011). Análisis de eficiencia energética para optimizar recursos en la fábrica "Textiles la Escala S.A.". Quito: Escuela Politécnica Nacional.
- SAICA, G. (2011). Memoria Ambiental SAICA 2008-2011. Zaragoza: SAICA.
- UPME&COLCIENCIAS. (2010). Ahorro de Energía en la Industria del Papel. Medellín: Colciencia.
- Vega, C. (1983). Ingeniería Económica.
- Villanueva, E. D. (2001). La productividad en el mantenimiento industrial. México: Tercera reimpresión.
- Villanueva, E. D. (2001). La Productividad en el Mantenimiento Industrial, Tercera reimpresión México. México.
- Vintimilla, E. V., & Paladines, P. I. (2012). Auditoria Eléctrica a la Fabrica de Cartones Nacionales Cartopel. Cuenca: Universidad Politécnica Salesiana: Ingeniería Eléctrica.

ANEXO 1. Entrevistas realizadas y resultados

Entrevista para dirigentes y técnicos

Dirigente ___ Técnico___ Edad_____ Sexo ___ Área: _____

1. Sobre la situación energética de su área de trabajo usted se considera informado.

___ampliamente ___suficiente ___ escasamente ___ no informado ___

2. Considera usted que de aplicar medidas de eficiencia energética sin recurso o con pocos recursos su empresa pudiera ahorrar energía.

No ___ 1-3% ___ 4-6% ___ 7-10% ___ No tengo criterios _____

3. Cómo valora la capacitación en su empresa en aspectos energéticos.

Mucha ___ Suficiente ___ Poca ___ Nada ___ No se ___

4. Considera que la actividad energética de su empresa afecta al medio ambiente.

Sí ___ No ___ No se _____.

5. Como usted valora la Gestión Energético Ambiental de su empresa.

Excelente ___ Buena ___ Regular ___ Mala ___

6. Mencione tres áreas que tienen más consumo energético en su empresa.

.....
.....
.....

7. Qué porcentaje del personal a su cargo se encuentra calificado para enfrentar la eficiencia energética.

Alto ___ Medio ___ Bajo _____

8. Usted ha recibido cursos relacionados con la actividad de eficiencia energética

_____ Nunca
_____ Últimos 5 años
_____ Ultimo año
_____ Más de 5 años

_____ No se

Entrevista a operadores.

Edad _____ Sexo _____ Años de Experiencia laboral _____ Área _____

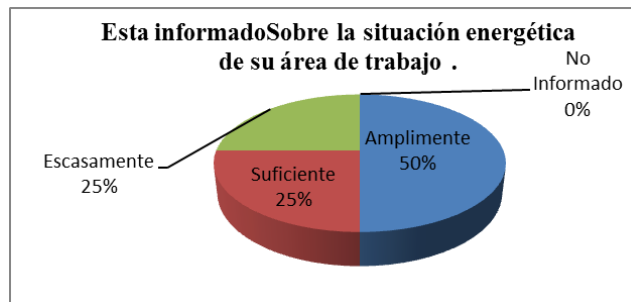
1. Considera que usted puede ahorrar energía en su puesto de trabajo
() Si () No
2. Que portadores energéticos se utilizan en su área de trabajo.
() Electricidad () Vapor () Petróleo () Bagazo ()
Condensado caliente.
3. Recibe usted algún estímulo por la mejora de la Eficiencia Energética.
Moral _____ Material _____
4. Dispone de instrucciones de operación y mantenimiento de su equipo o área de trabajo.
Sí _____ No _____
5. Sabe usted que contaminación provoca su área de trabajo.
() Si () No () No se
6. Según su opinión la actividad de uso de energía provoca contaminación ambiental.
() Si () No () No se
7. Sobre las afectaciones al medio ambiente provocadas por su centro de trabajo. Se considera informado:
() Ampliamente () Escasamente () No informado
8. La empresa cuenta con un plan de medidas para la protección del medio ambiente.
() Si () No () No se Diga algunas medidas.
9. La empresa ha sido objeto de auditorías ambientales.
() Si () No.

Resultados de las entrevistas realizadas.

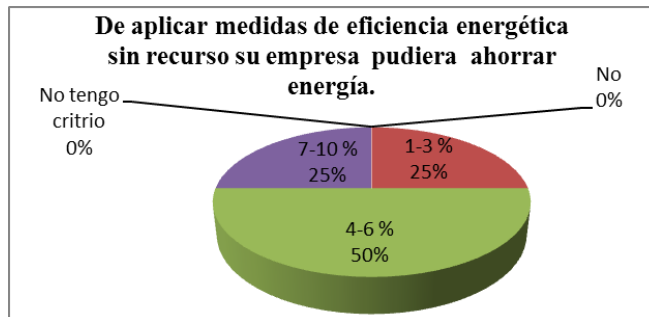
Encuesta Para Dirigentes y Técnicos

La mayor parte de los encuestados tiene más de 40 años de edad y sobrepasan los 10 años de trabajo en la Empresa, a continuación tenemos

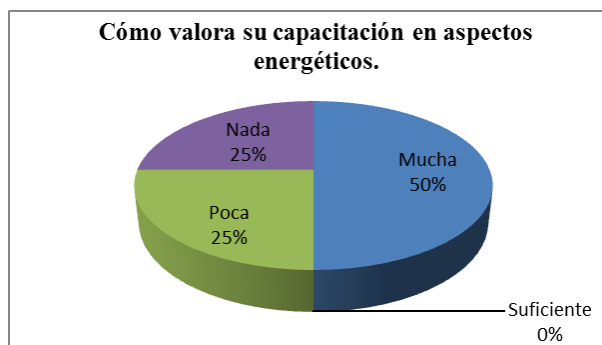
1. Sobre la situación energética de su área de trabajo usted se considera informado.



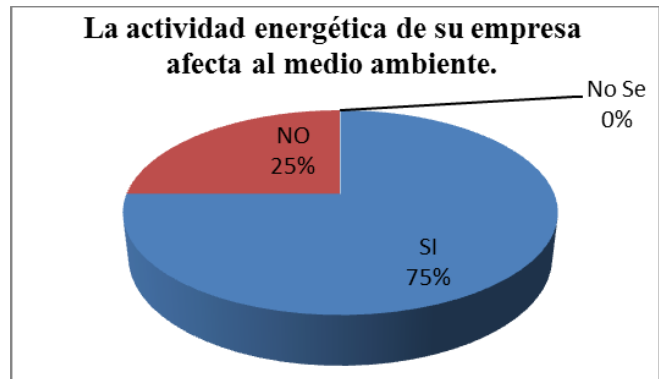
2. Considera usted que de aplicar medidas de eficiencia energética sin recurso o con pocos recursos su empresa pudiera ahorrar energía.



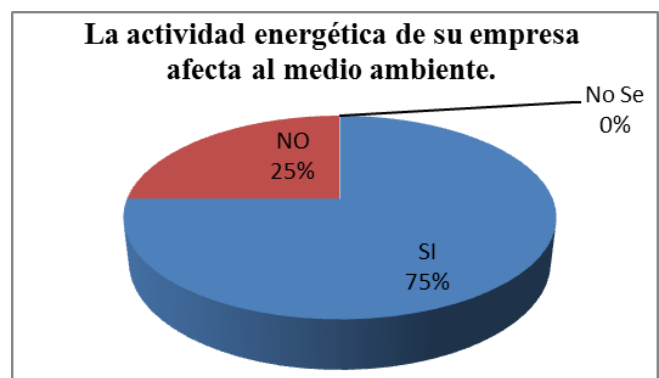
1. Cómo valora la capacitación en su empresa en aspectos energéticos.



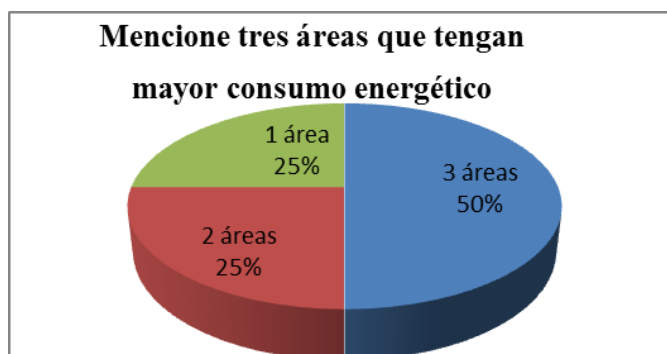
2. Considera que la actividad energética de su empresa afecta al medio ambiente.



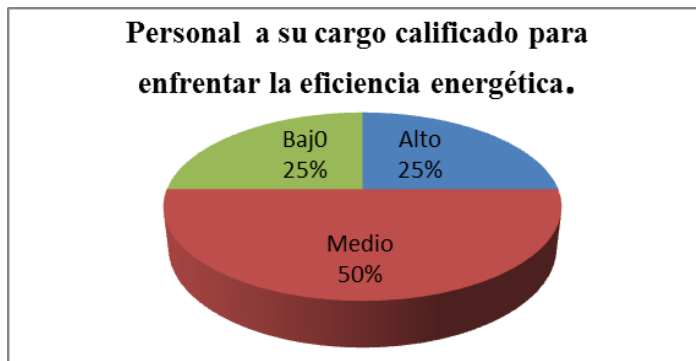
5. Como usted valora la Gestión Energético Ambiental de su empresa.



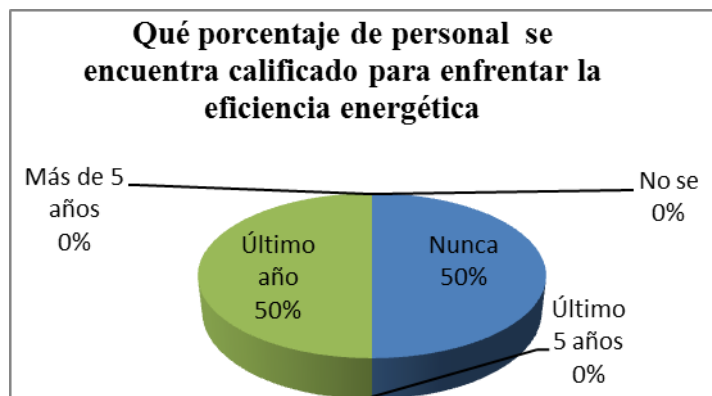
3. Mencione tres áreas que tienen más consumo energético en su empresa.



4. Qué porcentaje del personal a su cargo se encuentra calificado para enfrentar la eficiencia energética.



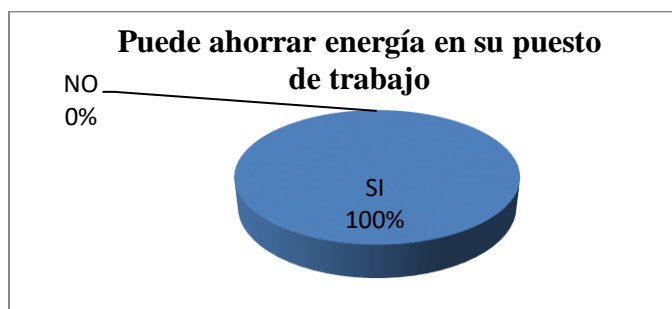
7. Usted ha recibido cursos relacionados con la actividad de eficiencia energética



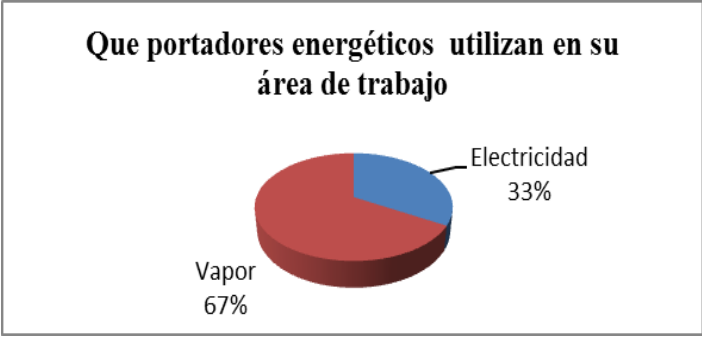
RESULTADOS DE LAS ENTREVISTAS A OPERADORES.

La mayor parte de los encuestados tiene más de 40 años de edad y sobrepasan los 10 años de trabajo en la Empresa, a continuación tenemos

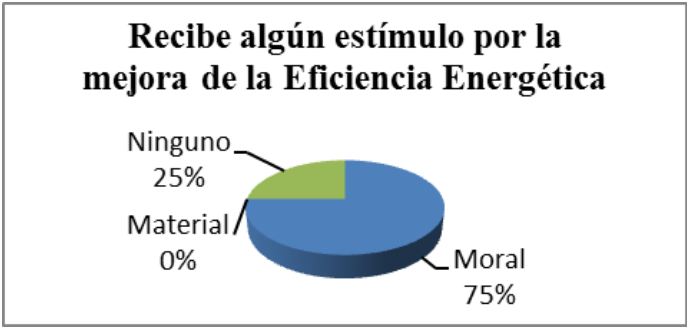
1. Considera que usted puede ahorrar energía en su puesto de trabajo



2. Que portadores energéticos se utilizan en su área de trabajo.



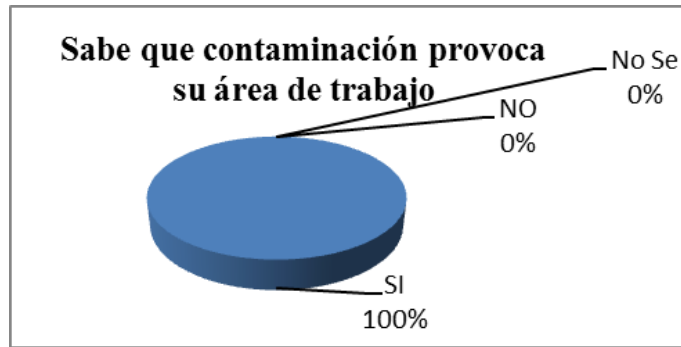
3. Recibe usted algún estímulo por la mejora de la Eficiencia Energética.



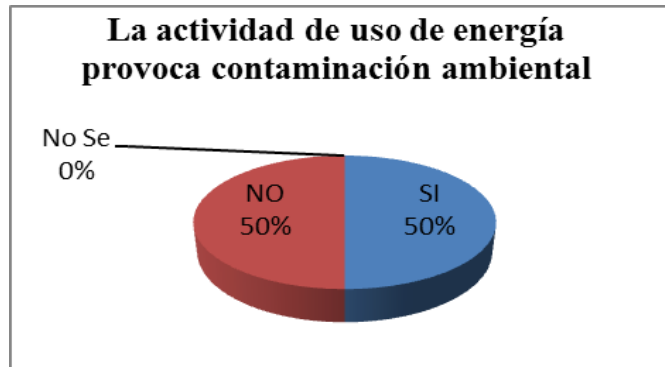
4. Dispone de instrucciones de operación y mantenimiento de su equipo o área de trabajo.



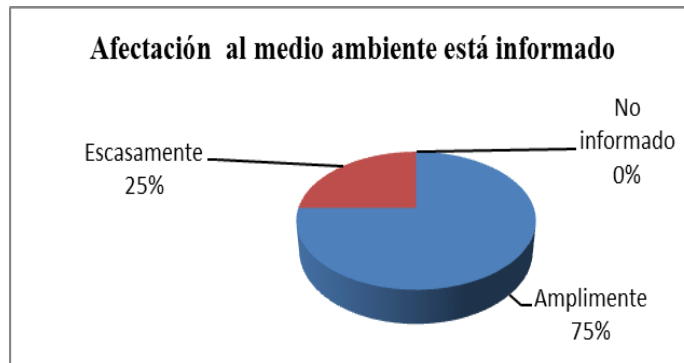
5. Sabe usted que contaminación provoca su área de trabajo.



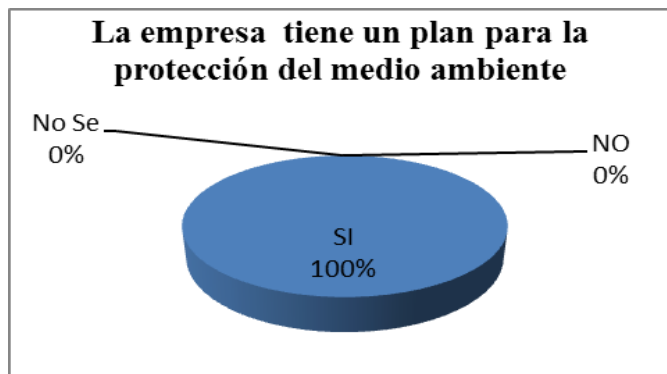
6. Según su opinión la actividad de uso de energía provoca contaminación ambiental.



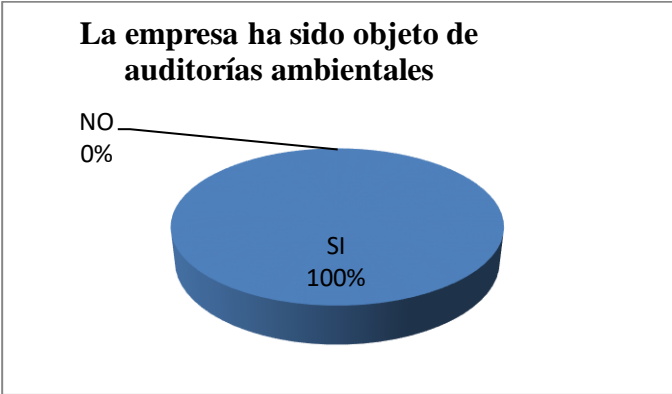
7. Sobre las afectaciones al medio ambiente provocadas por su centro de trabajo. Se considera informado:



8. La empresa cuenta con un plan de medidas para la protección del medio ambiente.



9. La empresa ha sido objeto de auditorías ambientales.



ANEXO 2 PASOS PARA LA CONVERSIÓN DE GALONES DE COMBUSTIBLE A kW

1. Tabla de Valores para las conversiones

CONVERSIONES	
1 litro=	0,2642 gal
1kcal=	3,968 btu
1btu=	0,0002931kWh

2. Tablas de Excel con los cálculos para pasar de galones de Bunker a kW

Paso 1	DATO ACTUAL
	MJ/Kg
PODER CALORIFICO BRUTO	43,40
PODER CALORIFICO NETO	41,93
Paso 2	Kcal/kg
PODER CALORIFICO BRUTO	10366,09
PODER CALORIFICO NETO	10014,98
Paso 3	kg/litro
DENSIDAD	0,954
	Kcal/litro
PODER CALORIFICO BRUTO	9889,24986
PODER CALORIFICO NETO	9554,291397
Paso 5	Kcal/gal
PODER CALORIFICO BRUTO	37430,92301
PODER CALORIFICO NETO	36163,10143
Paso 6	BTU/gal
PODER CALORIFICO BRUTO	148525,9025
PODER CALORIFICO NETO	143495,1865
Paso 7	kWh/gal
ENERGIA EN 1 GAL BUNKER BRUTO	43,5
ENERGIA EN 1 GAL BUNKER NETO	42,1

Por lo tanto, para las condiciones de combustible que llega a la planta nos quedaría así: 1 kWh= 3413 BTU

	Bunker	Diesel
Poder calorífico	151857,17 BTU/galón	131200 BTU/galón
Grado API	13 a 15	50
Punto de Inflamación	109 a 130 °C	74,6 °C
Densidad	0,96 kg/lb	0,85 kg/lb
Combustible	10000 a 10400 Kcal/kg	10874 Kcal/kg
Energía de 1 galón	44,5 kWh/galón	38,44 kWh/galón

ANEXO 3. Rendimiento de Calderas

El rendimiento de una caldera puede calcularse por dos métodos:

Método directo

Dónde:
$$\eta = \frac{P_v (H_v - h_{fe})}{b \times PCI}$$

PV = Producción de vapor [kg/h]

HV = Entalpía del vapor [kcal/kg]

hfe = Entalpía del fluido de entrada [kcal/kg]

b = Consumo de combustible [Ud. de combustible/h]

PCI = Poder Calorífico Inferior del combustible [kcal/Ud. de combustible]

Se observa que para poder calcular el rendimiento de la caldera por este método será necesario conocer la producción horaria del vapor así como el consumo de combustible.

Ejemplo: Cálculo del rendimiento en una caldera (método directo)

Tenemos una caldera de vapor de gas natural que trabaja 7.600 h/año, produce 6 t/h de vapor saturado a 7 kg/cm². El consumo anual de gas natural es de 3.850.000 Nm³. El agua de alimentación está a temperatura ambiente, 20°C.

De la Tabla 16 se obtiene la entalpía del vapor saturado a 7 kg/cm² → 659,5 kcal/kg

$$\eta = \frac{6.000 \text{ kg/h} \cdot 7.600 \text{ h/año} (659,5 - 20) \text{ kcal/kg}}{3.850.000 \text{ Nm}^3 / \text{año} \cdot 9.000 \text{ kcal/Nm}^3} \cdot 100 = 84,1\%$$

PRES. ABS. Kg/cm ²	SATURACION						
	TEMP (°C)	LIQUIDO	VAPOR	150	160	170	
1	99,0	99,1	638,4	H	663,3	668,0	672,7
		0,0010	1,691	V	1,932	1,980	2,027
2	119,5	119,8	645,6	H	661,5	666,6	671,5
		0,0011	0,883	V	0,956	0,980	1,003
3	132,9	133,4	650,1	H	659,4	664,7	669,9
		0,0011	0,604	V	0,632	0,647	0,663
4	143,0	143,7	653,4	H	657,4	662,9	668,2
		0,0011	0,461	V	0,470	0,482	0,494
5	151,2	152,1	655,9	H	-	661,0	666,5
		0,0011	0,374	V	-	0,383	0,392
6	158,1	159,3	657,8	H	-	659,0	664,7
		0,0011	0,315	V	-	0,317	0,325
7	164,1	165,5	659,5	H	-	-	663,0
		0,0011	0,272	V	-	-	0,276

Método indirecto

Si se desconoce la producción de vapor o el consumo de combustible se aplica este método, también conocido como método de las pérdidas separadas. De la Tabla 16 se obtiene la entalpía del vapor saturado a 7 kg/cm² □ 659,5 kcal/kg

$$\eta = \frac{Q_{UTIL}}{Q_{APORTADO}}$$

Como: $Q_{UTIL} = Q_{APORTADO} - Q_{PERDIDAS}$

$$\eta = \frac{Q_{APORTADO} - Q_{PERDIDAS}}{Q_{APORTADO}} = 1 - \frac{Q_{PERDIDAS}}{Q_{APORTADO}}$$

Siendo:

$Q_{PERDIDAS} = Q_{HUMOS} + Q_{INQUEMADOS} + Q_{PURGAS} + Q_{RADIACION}$ [kcal/Ud. de combustible]

$Q_{APORTADO} = PCI$ [kcal/ unidad de combustible]

Ejemplo: Cálculo del rendimiento en una caldera (método indirecto)

En una caldera de vapor de gas natural que trabaja 7.600 h/año se obtiene vapor a 7 kg/cm². El análisis de la combustión revela los siguientes datos:

$O_2 = 3\%$

$CO_2 = 10\%$

$CO = 0 \text{ ppm}$

$THUMOS = 185 \text{ }^\circ C$

Aplicando la fórmula [3] vista en el balance de una caldera y según tabla 12, se puede calcular:

$Q_{humos} = 16,3 \text{ kg/Nm}^3 \cdot 48,037 \text{ kcal/kg} = 783 \text{ kcal/Nm}^3$

Tabla 12
Entalpías de gases (Kcal/kg de gases) para combustibles gaseosos (Gas Natural)

Combustión	0,0	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0	9,0	10,0
O ₂ (%)	12,0	11,4	10,8	10,3	9,7	9,1	8,5	8,0	7,4	6,8	6,2
CO ₂ (%)	1,00	1,05	1,10	1,15	1,21	1,28	1,36	1,46	1,56	1,68	1,83
Exceso de aire Gases (Kg/Nm ³)	14,2	14,8	15,5	16,3	17,1	18,0	19,1	20,3	21,7	23,4	25,3
Temp. Gases (°C)											
25	6,6	6,6	6,6	6,6	6,5	6,5	6,5	6,5	6,4	6,4	6,4
50	13,3	13,3	13,2	13,2	13,1	13,1	13,0	13,0	12,9	12,8	12,8
75	20,0	19,9	19,9	19,8	19,7	19,6	19,6	19,5	19,4	19,3	19,2
100	26,8	26,7	26,6	26,5	26,4	26,3	26,1	26,0	25,9	25,8	25,7
125	33,5	33,4	33,3	33,2	33,0	32,9	32,8	32,6	32,5	32,3	32,2
150	40,4	40,2	40,1	39,9	39,7	39,6	39,4	39,3	39,1	38,9	38,7
175	47,2	47,0	46,9	46,7	46,5	46,3	46,1	45,9	45,7	45,5	45,3
200	54,1	53,9	53,7	53,5	53,3	53,1	52,8	52,6	52,4	52,1	51,9
225	61,0	60,8	60,6	60,3	60,1	59,8	59,6	59,3	59,1	58,8	58,5
250	68,0	67,7	67,5	67,2	66,9	66,7	66,4	66,1	65,8	65,5	65,2

Se estiman unas pérdidas por purgas y por radiación del 5% por lo que se tendrá:

$$Q_{\text{purgas}} + Q_{\text{radiación}} = 0,05 \cdot 9.000 = 450 \text{ kcal/Nm}^3$$

Tabla 1
Propiedades del vapor de agua

PRES. ABS.	SATURACION			
	TEMP (°C)	LIQUIDO		VAPOR
1	99,0	99,1	638,4	H
		0,0010	1,691	V
2	119,5	119,8	645,6	H
		0,0011	0,883	V
3	132,9	133,4	650,1	H
		0,0011	0,604	V
4	143,0	143,7	653,4	H
		0,0011	0,461	V
5	151,2	152,1	655,9	H
		0,0011	0,374	V
6	158,1	159,3	657,8	H
		0,0011	0,315	V
7	164,1	165,5	659,5	H
		0,0011	0,272	V
8	169,6	171,3	660,9	H
		0,0011	0,240	V
9	174,5	176,4	662,1	H
		0,0011	0,215	V
10	179,0	181,1	663,2	H
		0,0011	0,194	V
11	183,1	185,5	664,1	H
		0,0011	0,177	V
12	187,1	189,7	664,9	H

$$\eta = \left(1 - \frac{783 + 450}{9.000} \right) \cdot 100 = 86,3\%$$

Propiedades del agua saturada (líquido-vapor): Tabla de presiones

Presión bar	Temp, °C	Volumen específico m ³ /kg		Energía interna kJ/kg		Entalpía kJ/kg			Entropía kJ/kg, K	
		Líquido sat,	Vapor sat,	Líquido sat,	Vapor sat,	Líquido sat,	Vapor vaporiz,	Vapor sat,	Líquido sat,	Vapor sat,
		$v_f \times 10^3$	v_g	u_f	u_g	h_f	h_{fg}	h_g	s_f	s_g
0,04	28,96	1,0040	34,800	121,45	2415,2	121,46	2432,9	2554,4	0,4226	8,4746
0,06	36,16	1,0064	23,739	151,53	2425,0	151,53	2415,9	2567,4	0,5210	8,3304
0,08	41,51	1,0084	18,103	173,87	2432,2	173,88	2403,1	2577,0	0,5926	8,2287
0,10	45,81	1,0102	14,674	191,82	2437,9	191,83	2392,8	2584,7	0,6493	8,1502
0,20	60,06	1,0172	7,649	251,38	2456,7	251,40	2358,3	2609,7	0,8320	7,9085
0,30	69,10	1,0223	5,229	289,20	2468,4	289,23	2336,1	2625,3	0,9439	7,7686
0,40	75,87	1,0265	3,993	317,53	2477,0	317,58	2319,2	2636,8	1,0259	7,6700
0,50	81,33	1,0300	3,240	340,44	2483,9	340,49	2305,4	2645,9	1,0910	7,5939
0,60	85,94	1,0331	2,732	359,79	2489,6	359,86	2293,6	2653,5	1,1453	7,5320
0,70	89,95	1,0360	2,365	376,63	2494,5	376,70	2283,3	2660,0	1,1919	7,4797
0,80	93,50	1,0380	2,087	391,58	2498,8	391,66	2274,1	2665,8	1,2329	7,4346
0,90	96,71	1,0410	1,869	405,06	2502,6	405,15	2265,7	2670,9	1,2695	7,3949
1,00	99,63	1,0432	1,694	417,36	2506,1	417,46	2258,0	2675,5	1,3026	7,3594
1,50	111,4	1,0528	1,159	466,94	2519,7	467,11	2226,5	2693,6	1,4336	7,2233
2,00	120,2	1,0605	0,8857	504,49	2529,5	504,70	2201,9	2706,7	1,5301	7,1271
2,50	127,4	1,0672	0,7187	535,10	2537,2	535,37	2181,5	2716,9	1,6072	7,0527
3,00	133,6	1,0732	0,6058	561,15	2543,6	561,47	2163,8	2725,3	1,6718	6,9919
3,50	138,9	1,0786	0,5243	583,95	2546,9	584,33	2148,1	2732,4	1,7275	6,9405

ANEXO 4. Eficiencia de un Motor Eléctrico. Datos de placa y mediciones

Mediciones	Unidades
$V_{STD1} = 445.1$	Volts
$V_{STD2} = 446.9$	Volts
$V_{STD3} = 445.1$	Volts
$I_{STDp} = 63.2$	Amps
$FP_{STDp} = 0.67$	1
Datos del Motor (placa)	
$V_{placa} = 440$	Volts
$hp_{placa} = 100$	Hp
$\eta = 0.9184^1$	1
Datos de Facturación	
Tiempo de operación al año=7,200	hrs
$Costo_D = 68.970$	\$/kW
$Costo_{ponderado} = 0.808$	\$/kWh

VARIABLE		UNIDADES
A	Ahorro	
FA	Factor de ajuste	1
FC	Factor de carga	1
FP	Factor de Potencia	1
hp	Potencia nominales de un motor	Hp
I	Corriente	Amperes
Pot	Potencia de demanda	kW
V	Tensión	Volts
η	Eficiencia	1

SUBÍNDICES	
AE	Referente al motor de alta eficiencia
Ajustada	Se refiere a un ajuste
C	Consumo
D	Demanda
Dv	Referente a desbalance o de tensión
E	Económico
Ele	Electrónica
Max	Valor máximo de una serie
Mec	Mecánica
Min	Valor mínimo de una serie
P	Promedio
Placa	Datos de placa

Ponderado	Se refiere a una ponderación
Re	Relativo a rebobinado
STD	Relativo al motor de eficiencia estándar
Vv	Referente a diferencia de tensión

Algunas Mediciones y Datos de los Motores

Cargas Transformador MP5DC

DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO ELECTRICO ELECTRONICO E INSTRUMENTACION						
LISTADO DE MOTORES PM5						
N° ACT MOTOR	MARCA	POTENCIA KW / HP / CV	VELOCIDAD RPM	VOLTAJE V	AMPERAJE A	USOS
1K1						
MP5 - BA011	SIEMENS	18,7	1755	220/440	64/32	BOMBA DE AGUA SELLOS PARA VACIOS
MP5 - BA012		11,2	1750	220/440	43/21,5	MOTOR BOMBA DE AGUA DUCHAS RODILLO
MP5 - BA010	SIEMENS	18,6	3530	220/440	73/36,5	BOMBA DE AGUA PARA EL REPULPER
MP5 - AG009	SIEMENS	22,4	1175	220/440	79/39,5	AGITADOR TANQUE DE MÁQUINA
MP5 - BA009	SIEMENS	37,3	3535	220/440	124/62	ALTA PRESION
MP5 - BC001A		4	3510	220/460	15,4/6,9	MOTOR BOMBA DE CONDENSADO
MP5 - BC002B						
MP5 - P003		30	1470	380	68	MOTOR REPULPER
MP5 - BA008	SIEMENS	22,4	1755	220/440	76/39	BOMBA DE AGUA POSEIDON
MP5 - BA015		11	1755	220/440	43/21,5	BOMBA DE AGUA SELLOS
MP5 - AG008	SIEMENS	22,4	1175	220/440	79/39,5	AGITADOR TANQUE DE MEZCLA
MP5 - BA013	SIEMENS	4,9	1740	220/440	19,6/9,8	BOMBA DE AGUA RIO
MP5 - BA014	SIEMENS	3,7	1740	220/440		BOMBA DE AGUA AL TANQUE # 2
MP5 - BP019	WEG	11	1755	220/380/440	38/22/19	STOCK PUM
MP5 - Z001	SIEMENS	7,5	1150	220/440	25/13	ZARANDA
MP5 - BA017	SIEMENS	56	3540	220/440	188/94	LUBRICACION PARA DUCHAS
MP5 - BP018	WEG	11	1755	220/380/440	38/22/19	BOMBA DE TRANSFERENCIA AL TK MÁQUINA
MP5 - BAH001A	ASEA	11	1450	380	22	BOMBA ACEITE HIDRAULICO REEL
MP5 - BAH001B	ASEA	11	1450	380	22	BOMBA ACEITE HIDRAULICO REEL
MP5 - BAH003				380		BOMBA ACEITE HIDRA. REFRIGERACIÓN REEL
MP5 - BLU002A	MT MOTOR	1.5	1420	380	3	BOMBA LUBRICACIÓN YANKEE
MP5 - BLU002B		1.5	1420	380	3,4	BOMBA LUBRICACIÓN YANKEE
MP5 - BLU001A	SIEMENS	1.5	1700	220/440	7/3,5	BOMBA LUBRICACIÓN YANKEE
MP5 - BLU001B	SIEMENS	1.5	1700	220/440	7/3,5	BOMBA LUBRICACIÓN YANKEE
MP5 - OS003				220/440	1,4/0,7	OSCILADOR CUCHILLA

MASTE RDR VE

MP5 - BP020	SIEMENS	230	1188	440	360	FAM PUM
2K2						
MP5 - BV001	SIEMENS	288	1188	460	435	BOMBA DE VACIO 1
MP5 - BV002		90	1750	380	147	BOMBA DE VACIO 2
MP5 - REF001	ASEA	200	980	660 Y / 380 V	212/368	REFINADOR 1
MP5 - REF002	ASEA	200	980	660 Y / 380 V	212/368	REFINADOR 2
3K8						
MP5 - VEN001	ASEA	30	2940	380/660	57 /33	VENTILADOR AIRE DE COMBUSTION
MP5 - VEN002	ABB	18,8	1765	440/380	34/39,3	VENTILADOR EXTRACTOR
MP5 - VEN005	ASEA	5,5	1425	380	12,5	SUMINISTRO AIRE E CONOMISADOR
MP5 - VEN006	LAPERT	1,1	2800	440	2,8	MOTOR VENTILADOR MOTOR DC VEN004
MP5 - VEN007		1,1	2850	383	2,89	MOTOR VENTILADOR MOTOR DC VEN003
MP5 - VEN008	SIEMENS	5,6	1740	220/440	23,2/11,6	MOTOR VENTILADOR MOTORORES DE DC

MASTERDRIVE						
MP5 - BP020	SIEMENS	230	1188	440	360	FAM PUM
2K2						
MP5 - BV001	SIEMENS	288	1189	460	435	BOMBA DE VACIO 1
MP5 - BV002		90	1750	380	147	BOMBA DE VACIO 2
MP5 - REF001	ASEA	200	980	660 Y / 380 V	212/368	REFINADOR 1
MP5 - REF002	ASEA	200	980	660 Y / 380 V	212/368	REFINADOR 2
3K8						
MP5 - VEN001	ASEA	30	2940	380/660	57 /33	VENTILADOR AIRE DE COMBUSTIÓN
MP5 - VEN002	ABB	18,8	1765	440/380	34/39,3	VENTILADOR EXTRACTOR
MP5 - VEN005	ASEA	5,5	1425	380	12,5	SUMINISTRO AIRE ECONOMISADOR
MP5 - VEN006	LAPERT	1,1	2800	440	2,8	MOTOR VENTILADOR MOTOR DC VEN004
MP5 - VEN007		1,1	2850	383	2,89	MOTOR VENTILADOR MOTOR DC VEN003
MP5 - VEN008	SIEMENS	5,6	1740	220/440	23,2/11,6	MOTOR VENTILADOR MOTORORES DE DC
CCM5						
MP5 - AL001						
MP5 - TM001						TENSOR MALLA
MP5 - BRC001	BALDOR	0,37	1725	230/460	2/1	BOMBA RAPISEL POSEIDON PLANTA
MP5 - BA018A	BALDOR	0,37	3450	230/460	18/9,0	BOMBA DE AGUA QUIMICOS
MP5 - BA018B	BALDOR	0,37	3450	230/460	18/9,0	BOMBA DE AGUA QUIMICOS
MP5 - SV003	SIEMENS	44,5	1180	460	87	SCREEN VERTICAL
MP5 - BRE001A	BALDOR	0,37	1725	220/440	2,1/1	BOMBA DE RELEASE
MP5 - BRE001B	BALDOR	0,37	1725	220/440	2,1/1	BOMBA DE RELEASE
MP5 - BAH002		0,55	1400	230/415	2/1,5	
MP5 - BLM001	BALDOR	0,37	1725	220/440	2/1	DARASPRAY MALLA
MP5 - BRC002		0,37	1725	220/440	2/1	BOMBA RAPISEL POSEIDON MAQUINA
MP5 - BCO001A	BALDOR	0,37	1725	220/440	2/1	BOMBA DE COATING
MP5 - BCO001B	BALDOR	0,37	1725	220/440	2/1	BOMBA DE COATING
MP5 - BLF001	PLUSATRON	4,73LPH		115V	0,6	BOMBA ELECTRONICA DARASPRAY FIELTRO
MP5 - BCB001A	BALDOR	0,246	1725	230/460	1,6/0,8	
MP5 - BCB001B	BALDOR	0,246	1725	230/460	1,6/0,8	
3K2						
MP5 - BAE001	PLUSATRON	4,73LPH		115V	0,6	BOMBA ELECTRONICA ANTIESPUMANTE
MP5 - BRH001				115V	0,8	BOMBA ELECTRONICA
MP5 - BCC001	PLUSATRON	4,73LPH		115V	0,6	BOMBA ELECTRONICA BLANQUEADOR OPTICO
MP5 - BBC001	PLUSATRON	4,73LPH		115V	0,6	BOMBA ELECTRONICA BACTERICIDA
MP5 - AG004	SEW	2,2	299	220/440	8,9/4,4	AGITADOR TK,S QUIMICOS
MP5 - RC003	DEZURIK	0,5	1725	460	0,86	
MP5 - RC004	DEZURIK	0,5	1725	460	0,86	
MP5 - BCC002	PRESICION	4,73LPH		115V	0,6	BLANQUEADOR OPTICO
MP5 - BLN001	SIEMENS	0,45	1680	220/460	2,2/1,1	BOMBA DE PRESSTIGE
MP5 - FCV101	DEZURIK		72	115	0,3	
MP5 - FCV091	DEZURIK		72	115	0,3	

Fuente: Departamento eléctrico de la empresa

Cargas Transformador MP5DC

DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO ELECTRICO ELECTRONICO E INSTRUMENTACION						
LISTADO DE MOTORES PM5						
N° ACT MOTOR	MARCA	POTENCIA KW / HP / CV	VELOCIDAD RPM	VOLTAJE V	AMPERAJE A	USOS
1K1						
MP5 - BA011	SIEMENS	18,7	1755	220/440	64/32	BOMBA DE AGUA SELLOS PARA VACIOS
MP5 - BA012		11,2	1750	220/440	43/21,5	MOTOR BOMBA DE AGUA DUCHAS RODILLO
MP5 - BA010	SIEMENS	18,6	3530	220/440	73/36,5	BOMBA DE AGUA PARA EL REPULPER
MP5 - AG009	SIEMENS	22,4	1175	220/440	79/39,5	AGITADOR TANQUE DE MÁQUINA
MP5 - BA009	SIEMENS	37,3	3535	220/440	124/62	ALTA PRESION
MP5 - BC001A		4	3510	220/460	15,4/6,9	MOTOR BOMBA DE CONDENSADO
MP5 - BC002B						
MP5 - P003		30	1470	380	68	MOTOR REPULPER
MP5 - BA008	SIEMENS	22,4	1755	220/440	76/39	BOMBA DE AGUA POSEIDON
MP5 - BA015		11	1755	220/440	43/21,5	BOMBA DE AGUA SELLOS
MP5 - AG008	SIEMENS	22,4	1175	220/440	79/39,5	AGITADOR TANQUE DE MEZCLA
MP5 - BA013	SIEMENS	4,9	1740	220/440	19,6/9,8	BOMBA DE AGUA RIO
MP5 - BA014	SIEMENS	3,7	1740	220/440		BOMBA DE AGUA AL TANQUE # 2
MP5 - BP019	WEG	11	1755	220/380/440	38/22/19	STOCK PUM
MP5 - Z001	SIEMENS	7,5	1150	220/440	25/13	ZARANDA
MP5 - BA017	SIEMENS	56	3540	220/440	188/94	LUBRICACION PARA DUCHAS
MP5 - BP018	WEG	11	1755	220/380/440	38/22/19	BOMBA DE TRANSFERENCIA AL TK MÁQUINA
MP5 - BAH001A	ASEA	11	1450	380	22	BOMBA ACEITE HIDRAULICO REEL
MP5 - BAH001B	ASEA	11	1450	380	22	BOMBA ACEITE HIDRAULICO REEL
MP5 - BAH003				380		BOMBA ACEITE HIDRA. REFRIGERACIÓN REEL
MP5 - BLU002A	MT MOTOR	1.5	1420	380	3	BOMBA LUBRICACIÓN YANKEE
MP5 - BLU002B		1.5	1420	380	3,4	BOMBA LUBRICACIÓN YANKEE
MP5 - BLU001A	SIEMENS	1.5	1700	220/440	7/3,5	BOMBA LUBRICACIÓN YANKEE
MP5 - BLU001B	SIEMENS	1.5	1700	220/440	7/3,5	BOMBA LUBRICACIÓN YANKEE
MP5 - OS003				220/440	1,4/0,7	OSCILADOR CUCHILLA

MASTERDRIVE						
MP5 - BP020	SIEMENS	230	1188	440	360	FAM PUM
2K2						
MP5 - BV001	SIEMENS	288	1189	460	435	BOMBA DE VACIO 1
MP5 - BV002		90	1750	380	147	BOMBA DE VACIO 2
MP5 - REF001	ASEA	200	980	660 Y / 380 V	212/368	REFINADOR 1
MP5 - REF002	ASEA	200	980	660 Y / 380 V	212/368	REFINADOR 2
3K8						
MP5 - VEN001	ASEA	30	2940	380/660	57 /33	VENTILADOR AIRE DE COMBUSTIÓN
MP5 - VEN002	ABB	18,8	1765	440/380	34/39,3	VENTILADOR EXTRACTOR
MP5 - VEN005	ASEA	5,5	1425	380	12,5	SUMINISTRO AIRE ECONOMISADOR
MP5 - VEN006	LAPERT	1,1	2800	440	2,8	MOTOR VENTILADOR MOTOR DC VEN004
MP5 - VEN007		1,1	2850	383	2,89	MOTOR VENTILADOR MOTOR DC VEN003
MP5 - VEN008	SIEMENS	5,6	1740	220/440	23,2/11,6	MOTOR VENTILADOR MOTORORES DE DC
CCM5						
MP5 - AL001						
MP5 - TM001						SENSOR MALLA
MP5 - BRC001	BALDOR	0,37	1725	230/460	2/1	BOMBA RAPISSEL POSEIDON PLANTA
MP5 - BA018A	BALDOR	0,37	3450	230/460	18/9,0	BOMBA DE AGUA QUIMICOS
MP5 - BA018B	BALDOR	0,37	3450	230/460	18/9,0	BOMBA DE AGUA QUIMICOS
MP5 - SV003	SIEMENS	44,5	1180	460	87	SCREEN VERTICAL
MP5 - BRE001A	BALDOR	0,37	1725	220/440	2,1/1	BOMBA DE RELEASE
MP5 - BRE001B	BALDOR	0,37	1725	220/440	2,1/1	BOMBA DE RELEASE
MP5 - BAH002		0,55	1400	230/415	2/1,5	
MP5 - BLM001	BALDOR	0,37	1725	220/440	2/1	DARASPRAY MALLA
MP5 - BRC002		0,37	1725	220/440	2/1	BOMBA RAPISSEL POSEIDON MAQUINA
MP5 - BCO001A	BALDOR	0,37	1725	220/440	2/1	BOMBA DE COATING
MP5 - BCO001B	BALDOR	0,37	1725	220/440	2/1	BOMBA DE COATING
MP5 - BLF001	PLUSATRON	4,73LPH		115V	0,6	BOMBA ELECTRONICA DARASPRAY FIELTRO
MP5 - BCB001A	BALDOR	0,246	1725	230/460	1,6/0,8	
MP5 - BCB001B	BALDOR	0,246	1725	230/460	1,6/0,8	
3K2						
MP5 - BAE001	PLUSATRON	4,73LPH		115V	0,6	BOMBA ELECTRONICA ANTIESPUMANTE
MP5 - BRH001				115V	0,8	BOMBA ELECTRONICA
MP5 - BCC001	PLUSATRON	4,73LPH		115V	0,6	BOMBA ELECTRONICA BLANQUEADOR OPTICO
MP5 - BBC001	PLUSATRON	4,73LPH		115V	0,6	BOMBA ELECTRONICA BACTERICIDA
MP5 - AG004	SEW	2,2	299	220/440	8,9/4,4	AGITADOR TK,S QUIMICOS
MP5 - RC003	DEZURIK	0,5	1725	460	0,86	
MP5 - RC004	DEZURIK	0,5	1725	460	0,86	
MP5 - BCC002	PRECISION	4,73LPH		115V	0,6	BLANQUEADOR OPTICO
MP5 - BLN001	SIEMENS	0,45	1680	220/460	2,2/1,1	BOMBA DE PRESSTIGE
MP5 - FCV101	DEZURIK		72	115	0,3	
MP5 - FCV091	DEZURIK		72	115	0,3	

Fuente: Departamento Eléctrico FAMILIA

ANEXO 5 - Mediciones realizadas en el área de molinos

Se utilizaron dos analizadores de redes tipo AEMC 3495, estos monitorean en tiempo sincronizado. En la figura 4.10 se muestran las mediciones realizadas en el tablero Q1 y transformador MP5DC.

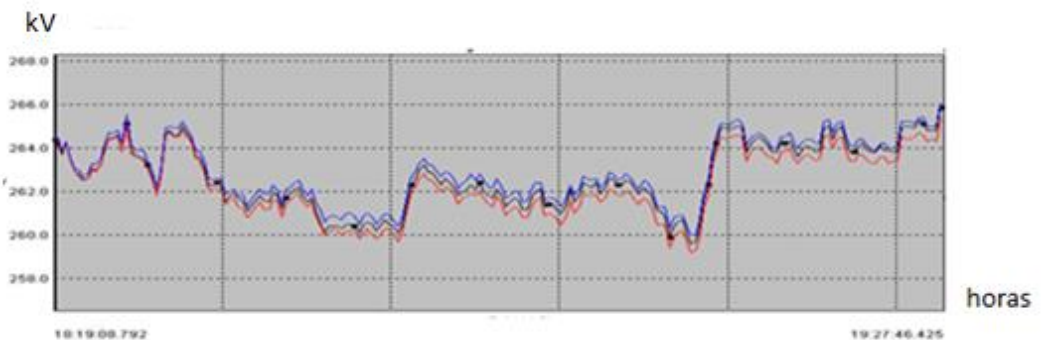


Tablero Q1 y Transformador MP5DC

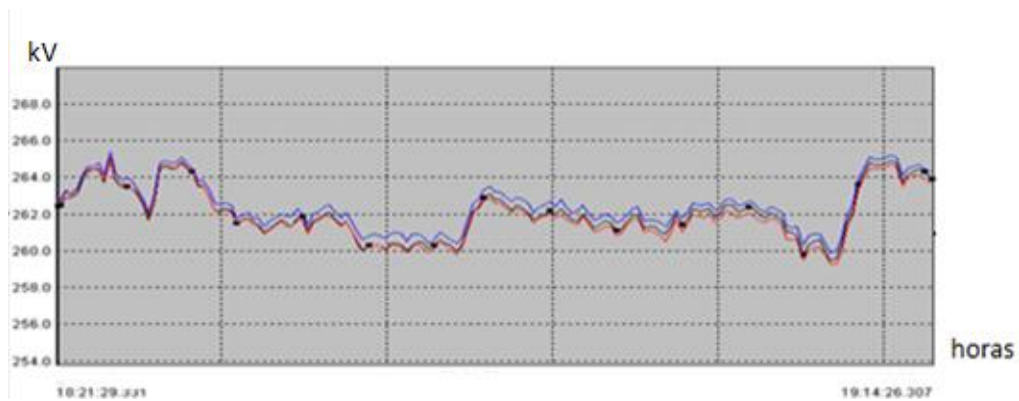
Los puntos de monitoreo la Entrada a tablero de distribución Q1 (CCM5) y el devanado de baja del transformador de una capacidad 1.5 MVA con tensión de 440V. Entre las principales magnitudes medidas se tiene el voltaje, la corriente, p potencias activa, reactiva y aparente, total de distorsión armónica (THD), factor de potencia.

A continuación en la figura , se muestran algunas de las mediciones para la tensión:

a) para el punto de distribución Q1



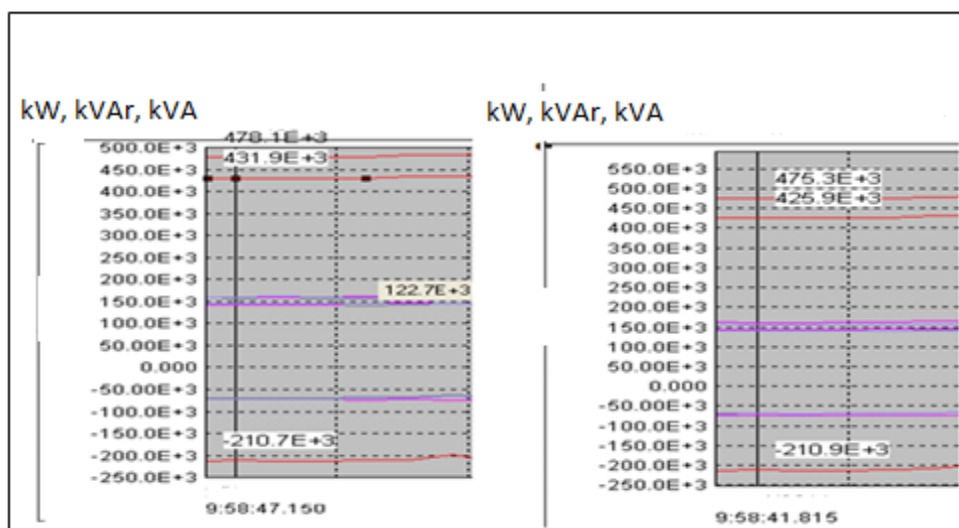
b) para el transformador MP5DC



Medición de tensión en los dos puntos seleccionados

Como se puede observar el instante más crítico, es a las 9H58 del día 27 de marzo.

Medición de potencias



Medición de potencia activa en W, reactiva en Var y aparente en VA.

Las tres curvas de color rojo corresponden de arriba hacia abajo a: S [VA], P [W] y Q[VAr].

Consumo en kWh de los principales centros de carga

En la Tabla 4.8 se muestran los principales consumos de energía para los principales centros de cargas en la empresa de fabricación del papel.

Consumo de Energía Eléctrica FAMIPRODUCT

Año:2012	MP5	PPP5	MP2	PP2	CONV.	FLUFF	S. ENE.	ADMIN.	PTE	Total
Mes	KWh	KWh	KWh	KWh	KWh	KWh	KWh	Kwh	KWh	KWh
Enero	881232	659466	514300	289730	191792	105140	331127	37075	99219	3109081
Febrero	824998	643454	493829	294329	186229	95726	331949	36258	93516	3000288
Marzo	849870	636124	486833	287093	189362	114481	338547	34221	94656	3031187
Abril	1055540	807114	616695	345124	222053	145272	430835	42239	124020	3788892
Mayo	840454	630311	508020	277221	184581	104994	298583	33239	103791	2981194
Junio	855648	653943	527428	264442	177540	106863	260967	33470	107075	2987376
Julio	1125286	844423	672025	339548	244429	131739	321668	42591	137586	3859295
Agosto	834976	615910	498176	237593	168222	109179	250588	32350	119861	2866855
Septbre	868505	651983	523630	228389	187529	122834	262262	33930	125469	3004531
Octubre	1134130	795289	554605	292740	258826	204319	290740	41770	165861	3738280
Novbre	886387	641593	438386	218744	209020	151429	224816	32677	129369	2932421
Dicbre	1184311	817239	568874	263066	255005	176994	229620	41842	164529	3701480
Promedio	945111	699737	533567	278168	206216	130748	297642	36805	122079	3250073
Total año	11341337	8396849	6402801	3338019	2474588	1568970	3571702	441662	1464952	39000880

ANEXO 6. Optimización del funcionamiento de las calderas

Para optimizar la operación y funcionamiento de las calderas existen algunos métodos, es por lo tanto una fuente probable de proyectos técnicos tanto en el diseño de nuevas instalaciones como en la mejora de las existentes. Las consideraciones técnicas más interesantes son las siguientes:

Seguridad de los sistemas de control: La seguridad de los sistemas de control son las consideraciones a tener en cuenta para minimizar, si es practicable, la probabilidad de que falle uno de los componentes o dispositivos en la circuitería de control que puedan causar la operación insegura o control inadecuado. Cada sistema de control debe haberse sometido a un análisis de riesgos.

Características lógicas del circuito: Cuando se utilicen circuitos lógicos para el arranque secuencial o para la operación de componentes individuales, se proporcionarán indicadores en la consola de control para mostrar la finalización con éxito de la secuencia de operaciones por el circuito lógico y el arranque y operación del componente. Si no se llevan a cabo algunos pasos particulares durante la secuencia, la secuencia es parar en ese punto. La neutralización del sistema y su operación manual se permite en funciones vitales para permitir el control en caso de fallo de un circuito lógico. Para sistemas con control lógico, se someterán a revisión los siguientes documentos:

- a. Sistema de clasificación de zonas
- b. Impresión de la pantalla operacional para verificar el contenido operacional y de seguridad.
- c. Planificación de la integración del sistema.
- d. Planificación de redundancia y teoría de operación.
- e. Sistema de gestión del software.
- f. Certificaciones de componentes computarizados.

Control electrónico de la caldera: El control electrónico de calderas mediante sistemas electrónicos programables es una de las líneas fundamentales de un proyecto de eficiencia electrónica de calderas de vapor.

Estos sistemas proporcionan aplicaciones muy sofisticadas permitiendo cierre automático, control remoto y sistemas para indicar fallos por personal situado a distancia. Estas tecnologías deben ser contempladas en el proyecto del sistema de calderas industriales y para ello se ha aprobado la norma EN 61508, que cubre estas tecnologías. Es destacable considerar que el fabricante de las calderas no tendrá en cuenta esta norma, siendo la empresa instaladora la responsable de aplicarla. Otra cuestión a tener en cuenta sobre los sistemas de calderas automatizados es que si se someten a regímenes de mantenimiento sistemáticos, los periodos de inspección y sustitución de elementos pueden penalizar al usuario que implante tales sistemas. En el Reino Unido se realizó recientemente un estudio en el que se analizaron sistemas de calderas automatizados, y se encontraron los siguientes problemas comunes que deben ser controlados introduciendo mejoras de diseño en el proyecto del sistema de calderas:

.a. Válvulas de seguridad: Aunque hay disponibles datos genéricos en los que se da información sobre las probabilidades de fallo aparente de las válvulas de seguridad y las válvulas de alivio de presión, debido a la predominancia de fallos sistemáticos de tales válvulas, es aún necesario obtener más datos de válvulas de seguridad usadas bajo regímenes estrictos de mantenimiento.

b. Componentes específicos: Se encuentran dificultades para obtener datos de probabilidad de fallo para numerosos componentes por lo que deben hacerse asunciones. Para aplicar los aspectos de fiabilidad de EN 61508, es necesario que tales datos estén disponibles.

c. Sensores: Es común para varios tipos de sensores e interruptores de presión de una caldera que se conecten a la carcasa por medio de una simple tubería de pequeño diámetro. Esto origina que los sistemas de protección y control de la presión queden susceptibles a fallos comunes previsibles que puedan originar una demanda en las válvulas de seguridad.

d. Un análisis cuantificado determina la dependencia del riesgo total en la probabilidad de fallo de los componentes individuales y la arquitectura del

sistema a su alrededor. Aplicando variaciones en el análisis, es posible determinar los medios más efectivos en costes para disminuir el riesgo.

e. Para analizar una instalación de calderas, se requiere un conocimiento detallado del sistema completo; sus modos (y secuencia) de operación, y las condiciones ambientales. Además, el análisis de la estructura de control completa de una instalación de caldera es compleja y a menudo es necesario realizar asunciones basadas en criterios de ingeniería.

Definición de Combustión: Secuencia de reacciones químicas entre combustible y oxidante, generalmente aire, por las cuales se libera energía calórica y luminosa en un ambiente confinado.

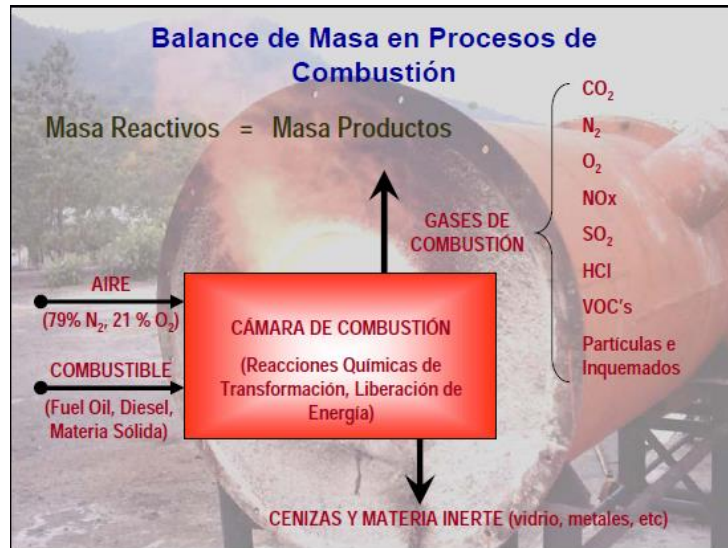
La zona donde tiene efecto se denomina cámara, hogar, u horno de combustión, que permite el ingreso de combustible, mezcla íntima de los reactantes, redistribución y almacenamiento de calor.

Combustión Completa: Cuando el combustible se oxida completamente, generando el CO₂, agua y demás productos de combustión.

Quemador: Componente donde se combina el combustible con aire, preparándolos para la combustión.

Combustibles: Son de origen fósil, los principales son FUEL OIL № 2 (liviano) Y FUEL OIL № 6 (PESADO). Las sustancias más utilizadas como combustible, poseen carbono e hidrógeno en su composición química; se clasifican en:

- **Sólidos:** Carbón, madera, desechos
- **Líquidos:** Petróleo, gasolina
- **Gaseoso:** Gas natural, LGP



Balance de Masa en Procesos de Combustión

Poder calorífico: Es la energía que la masa de combustible puede liberar, debido a una reacción química de oxidación. El poder calorífico típico de los combustibles es:

PC comb. Fósiles= 19500 Btu/lb= 10000Kcal/Kg

Exceso de Aire (EA): La combustión típica se da con exceso de aire. El aire en exceso se introduce a la cámara para asegurar que las moléculas de combustibles estén rodeadas por suficiente aire de combustión. La combustión EA genera oxígeno sin reaccionar.

Relación Aire – Combustible: Relación de masa existente entre el aire utilizado en el proceso de combustión respecto al combustible

$$ma/c = \text{masa de aire} / \text{masa de combustible}$$

La relación aire/combustible se puede encontrar también a partir de los moles (n) y peso molecular (M) del aire de combustible

$$ma/c = n_{\text{aire}} \cdot M_{\text{aire}} / n_{\text{combustible}} \cdot M_{\text{combustible}}$$

La relación estequiométrica para combustibles fósiles líquidos es aproximadamente 15

Desarrollo de la Optimización

Para la optimización del sistema de vapor necesitamos realizar algunas correcciones, para esto vamos a describir cada una de ellas:

Anexo 7. INSPECCIÓN Y REPARACIÓN DE PURGADORES DE VAPOR:

Los purgadores de vapor deben probarse si están funcionando apropiadamente y no están obturados o fallan en posición abierta y permiten que el vapor escape al sistema de retorno del condensado. Hay cuatro formas de probar los purgadores de vapor: temperatura, sonido, visual, y electrónico.

En nuestro caso lo hacemos por temperatura, sonido y visual. La purga tanto del Caldero 4 como el 5 lo estamos enviando a la piscina, desperdiciando su calor, lo óptimo es que esa purga se la envíe al tanque diario de agua, para aprovechar esa energía calorífica.

AISLAMIENTO DE LA DISTRIBUCIÓN DE VAPOR Y LÍNEAS DE RETORNO DEL CONDENSADO:

Las líneas de distribución de vapor y retorno del condensado no aisladas son una fuente constante de derroche de energía. El aislamiento puede típicamente reducir las pérdidas de energía en un 90% y ayudar a asegurar una presión de vapor apropiada en el equipo de planta. Cualquier superficie a temperatura superior a 48,8 °C debe estar aislada, incluyendo las superficies de las calderas, tuberías de retorno del condensado y vapor, y accesorios. En la reparación del sistema de vapor el aislamiento frecuentemente se daña o se retira y nunca se reemplaza. El aislamiento dañado o mojado debe repararse o sustituido inmediatamente para evitar comprometer el valor del aislamiento. Deben eliminarse las fuentes de humedad antes de la sustitución del aislamiento. Las causas de un aislamiento húmedo incluyen válvulas con pérdidas, pérdidas en tuberías externas, pérdidas en tubos, o pérdidas en equipos adyacentes. Después de aislar las líneas de vapor, los cambios en el caudal de calor pueden influir en otras partes del sistema de vapor.

ECONOMIZADORES DE AGUA DE ALIMENTACIÓN PARA RECUPERACIÓN DEL EXCEDENTE DE CALOR:

El economizador de agua de alimentación reduce los requerimientos de combustible de la caldera transfiriendo calor desde el gas de los humos al agua de alimentación. Los gases de los humos de la caldera se rechazan a menudo a la chimenea a temperaturas que superan en más de 37,7°C-65,55°C la temperatura del vapor generado. Generalmente, la eficiencia de la caldera puede incrementarse en un 1% cada reducción de 4,44 °C en la temperatura del gas de los humos.

Recuperando el calor excedente, un economizador puede a menudo reducir los requerimientos de combustible entre un 5-10% y quedar amortizado en menos de 2 años.

MEJORA DE LA EFICIENCIA EN LA COMBUSTIÓN DE LA CALDERA:

La operación de la caldera con una cantidad mínima de exceso de aire minimizará la pérdida de calor en la chimenea y mejorará la eficiencia de la combustión. La eficiencia de la combustión es una medida de cómo efectivamente el contenido de calor del combustible se transfiere a calor utilizable. La temperatura en la chimenea y las concentraciones de oxígeno (o dióxido de carbono) son los principales indicadores de la eficiencia de la combustión. Dada una mezcla completa, se requiere una cantidad precisa o estequiométrica de aire para reaccionar completamente con una cantidad dada de combustible. En la práctica, las condiciones de la combustión nunca son ideales, y debe suministrarse una cantidad de aire adicional para quemar completamente el combustible. La cantidad correcta de exceso de aire se determina analizando el oxígeno del gas de los humos o las concentraciones de dióxido de carbono. Una cantidad de aire excedente inadecuada origina en combustibles no quemados (combustible, hollín, humo, y monóxido de carbono) mientras que demasiado origina una pérdida de calor debida al caudal de gas de humos incrementado – disminuyendo de esta forma la eficiencia total de la caldera de humo a vapor. En un sistema de gas natural bien diseñado, es alcanzable un nivel de aire del 10 %. A menudo se asume que la eficiencia de la caldera puede incrementarse un 1% cada 15% de reducción del exceso de aire o reducción de 3,44 °C en la temperatura del gas de la chimenea.

Para el análisis de los gases vamos a utilizar el Diagrama de Ostwald, que consiste en graficar las concentraciones volumétricas de los varios componentes de los gases de combustión: CO₂ O₂ CO. Se incluye además el exceso de aire.

En la práctica, los quemadores industriales operan entre el 5 y 35% de EA. La mayoría produce muy poco CO (menos del 0,2%). En tal caso puede asumirse la línea de combustión completa.

A continuación con los datos de CO₂ O₂ tomadas de los protocolos realizados por CORPLAB en marzo del 2012, vamos a construir el Diagrama Ostwald:

Caldera 4: oxígeno 2,80% Dióxido de Carbono: 13.80
 Caldera 5: oxígeno 9,80% Dióxido de Carbono: 8.30

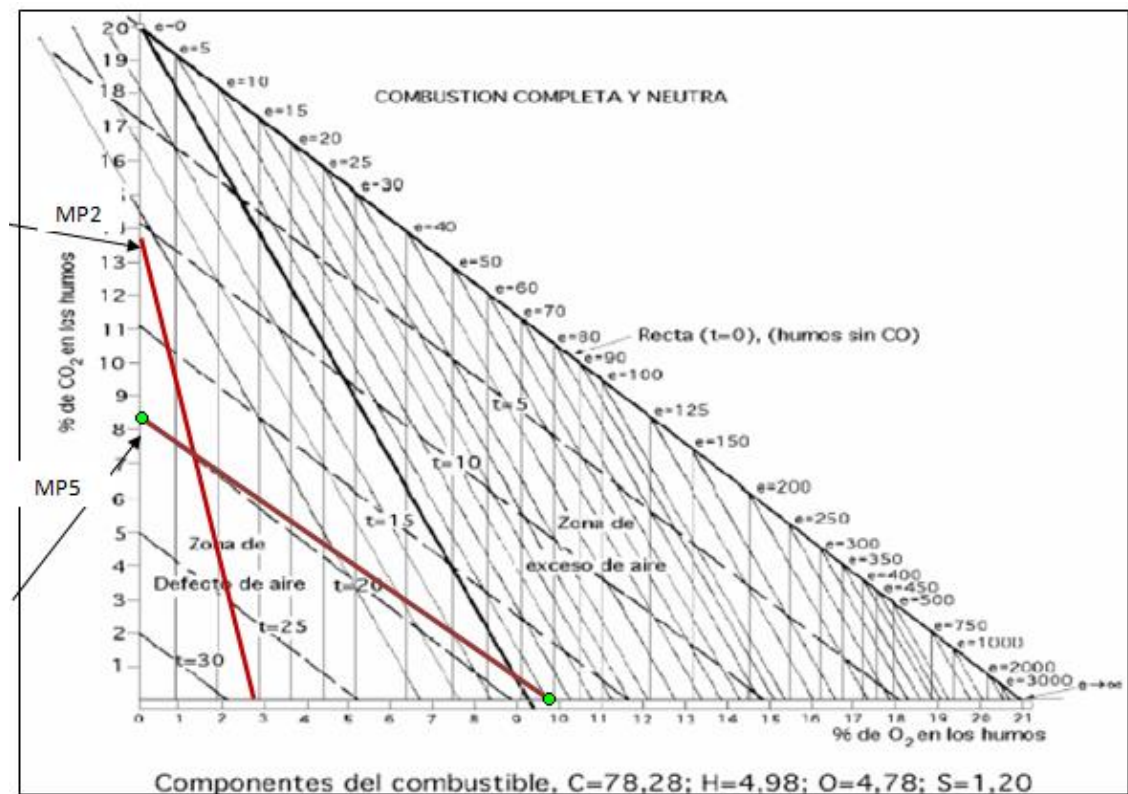


Diagrama de Ostwald, Calderas 4 y 5

En el Diagrama observamos que ambas calderas se ubican en la zona con defecto en el aire de combustión, por lo que se necesita realizar ajustes de corrección para mejorar la eficiencia y reducir el consumo de combustible

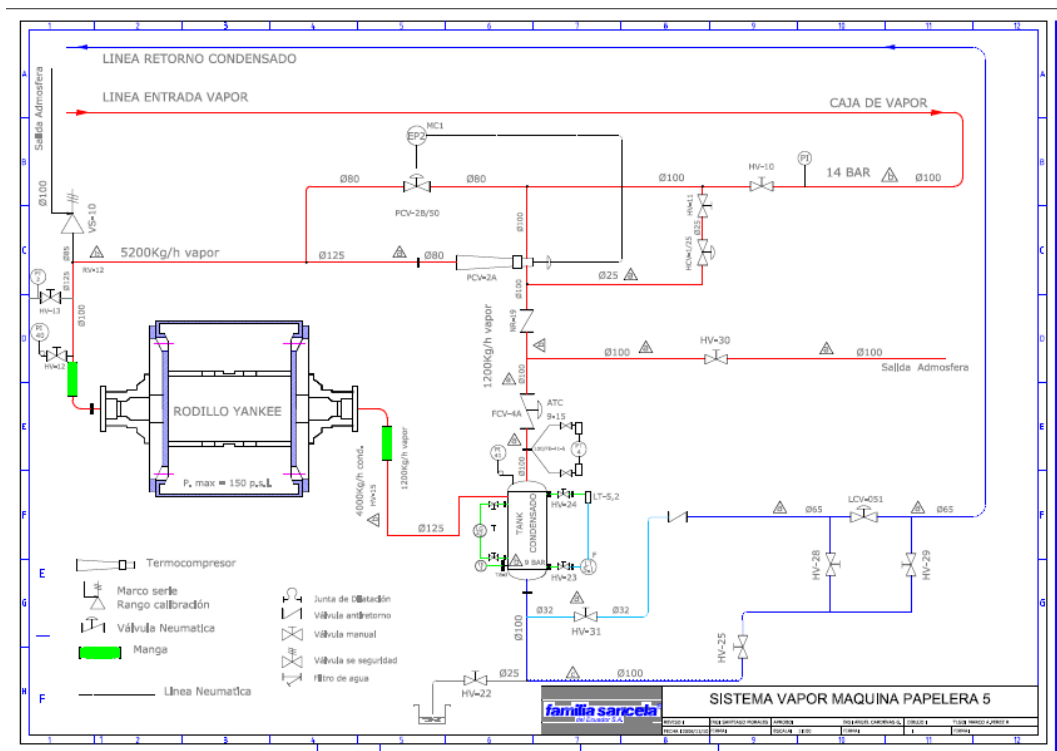
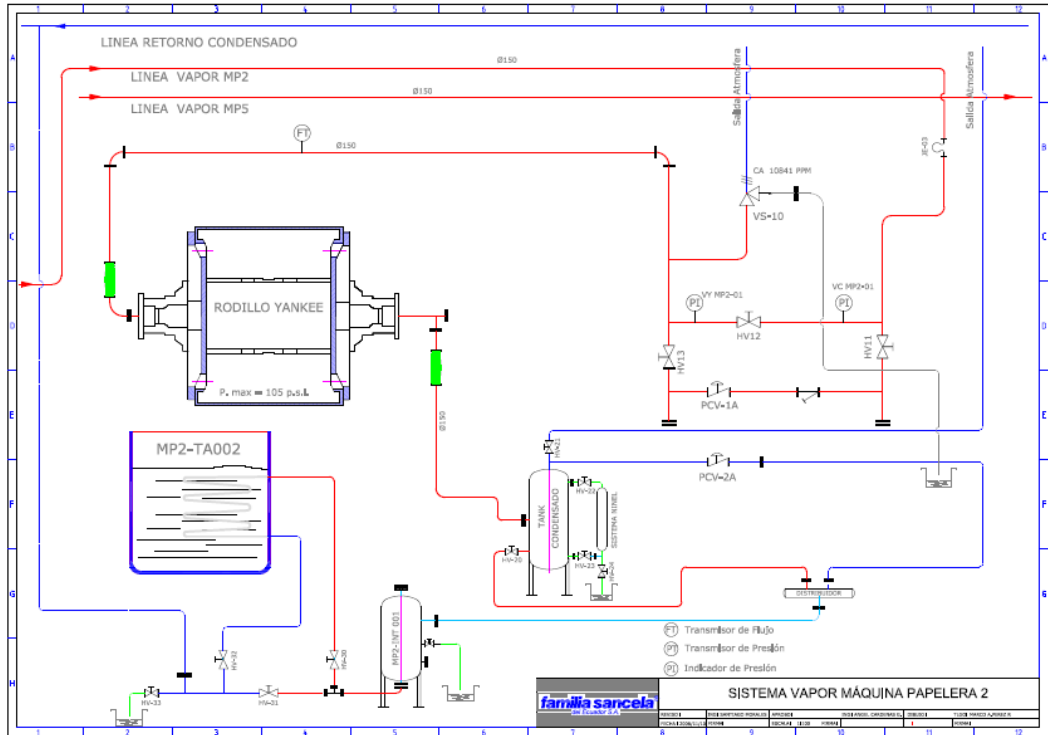
LIMPIEZA DE LAS SUPERFICIES DE TRANSFERENCIA DE CALOR DE LA CALDERA:

La prevención de formación de depósitos puede producir un ahorro de energía. Los depósitos ocurren cuando el calcio, magnesio, y silicatos, comúnmente encontrados en la mayor parte de los suministros de agua, reaccionan para formar una capa de material en el lado del agua de los tubos de intercambio de calor de la caldera. Los depósitos originan problemas porque típicamente poseen una conductividad térmica un orden de magnitud menor que el valor correspondiente para el acero desnudo. Incluso las capas de depósitos sirven como un aislamiento efectivo y retardan la transferencia de calor. El resultado es el sobrecalentamiento del metal del tubo de la caldera, fallos en los tubos, y pérdida de eficiencia energética. El exceso de consumo de combustible debido a los depósitos de la caldera puede ser de hasta el 5% en Calderas Piro-tubulares. En el caso de nuestras calderas, está controlando..

RETORNO DEL CONDENSADO A LA CALDERA:

Cuando el vapor transfiere su calor en un proceso de fabricación, en los intercambiadores de calor, o serpentín de calentamiento, se vuelve a una fase líquida llamada condensado. Un método atractivo de mejorar la eficiencia de energía de la planta es incrementar el retorno de condensado a la caldera. Cuando más condensado retorna, se requiere menos aporte de agua, se ahorra combustible, agua, productos químicos, y coste de tratamiento. Ahorros de costes significativos por retorno de condensado a alta temperaturas (54,44 °C a 107,22 °C), reduce la cantidad de agua fría de aporte (10 a 15,55 °C) que debe ser calentada. Un cálculo simple indica que la energía en el condensado puede ser más del 10 % del contenido de energía del vapor total de un sistema típico.

A continuación se observa el sistema de evacuación de condensado instalado en las dos máquinas papeleras:



MINIMIZAR LA PURGA DE LA CALDERA:

La minimización del nivel de purga puede sustancialmente reducir las pérdidas de energía, ya que la temperatura del líquido de purga es la misma que la del vapor

generado en la caldera. Minimizando la purga también puede reducirse el agua de purgado y los costes de tratamiento químico. Ya que el agua se evapora en el colector de vapor de la caldera, los sólidos presentes en el agua de alimentación se quedan atrás. Los sólidos suspendidos forman lodo o sedimentos en la caldera, que degrada la transferencia de vapor. Los sólidos disueltos promueven la formación de espumas y la transformación del agua sobrante en vapor. Para reducir los niveles de sólidos suspendidos y disueltos totales a unos límites aceptables, el agua se descarga o purga periódicamente de la caldera. La purga del fondo o lodos es usualmente un procedimiento manual hecho en unos pocos segundos en intervalos de varias horas. Está diseñado para quitar sólidos suspendidos que se asientan el agua de la caldera y forman un lodo pesado. La purga de superficie o espuma está diseñada para quitar los sólidos que se concentran cerca de la superficie del líquido. La purga de superficie es a menudo un proceso continuo. Un purgado insuficiente puede llevar a un excedente de agua de la caldera en el vapor, o la formación de depósitos. Una purga excesiva derrochará energía, agua, y productos químicos. El nivel de purgado óptimo está determinado por varios factores incluyendo el tipo de caldera, presión de operación, tratamiento de agua, y agua de calidad o aporte. Los niveles de purgado van de 4% a 8% del nivel de caudal del agua de alimentación de la caldera, pero puede ser tan alto como el 10% cuando el agua de la caldera tiene un alto contenido de sólidos.

USO DE RECOMPRESIÓN DE VAPOR PARA RECOBRAR VAPOR DE RESIDUOS DE BAJA PRESIÓN:

El vapor a baja presión descargado de operaciones industriales tales como evaporadores o hervidores usualmente se ventean a la atmósfera o son condensados en las torres de refrigeración. Simultáneamente, otras operaciones de planta pueden requerir vapor de presión intermedia a 20-50 psi. En vez de bajar el vapor de alta presión a través de un estrangulador para cumplir estas necesidades, el vapor a baja presión puede comprimirse mecánicamente o sobre presionado a una presión mayor de forma que pueda ser reutilizado. La recompresión del vapor depende de un compresor mecánico o eyector de chorro de vapor para incrementar

la temperatura del calor latente en el vapor para volverla utilizable para las necesidades del proceso. La recompresión típicamente requiere solamente un 5-10 % de la energía requerida para elevar una cantidad equivalente de vapor en la caldera.

En la Mp5, si se cuenta con un termocompresor para este fin, faltaría que se ejecute la idea de instalar en la MP2

CONDENSADO DE ALTA PRESIÓN DE VAPORIZACIÓN INSTANTÁNEA PARA REGENERAR VAPOR DE BAJA PRESIÓN.

Los requerimientos de vapor de procesos de baja presión se consiguen usualmente regulando vapor de alta presión, pero una parte de los requerimientos del proceso pueden alcanzarse a bajo coste mediante la vaporización instantánea de condensado de alta presión. La vaporización instantánea es particularmente atractiva cuando no es económicamente factible hacer volver el condensado de alta presión a la caldera

USO DEL CONDENSADOR DE VENTEO PARA RECOBRAR ENERGÍA DEL VAPOR DE VAPORIZACIÓN INSTANTÁNEA.

Cuando se reduce la presión de condensado saturado, una parte del líquido se vaporiza instantáneamente a vapor a baja presión. Dependiendo de la presión implicada, el vapor vaporizado contiene aproximadamente entre un 10 y un 40 % del contenido de energía del condensado original. En la mayor parte de los casos, incluyendo depósitos de condensado y desaireadores el vapor vaporizado es venteado y se pierde el contenido de energía. Sin embargo, pueden colocarse un intercambiador de calor en el venteo para recuperar esta energía.

REFERENCIAR EL COSTE DE COMBUSTIBLE DE GENERACIÓN DE VAPOR:

Referenciar el coste de combustible de generación de vapor (€/1000 kg de vapor) es una forma efectiva de valorar la eficiencia del sistema de vapor. Este coste es dependiente del tipo de combustible, coste del combustible de la unidad, eficiencia de la caldera, temperatura del agua de alimentación, y presión de vapor.

Este cálculo proporciona una buena primera aproximación del coste de generación del vapor y sirve para controlar el rendimiento de la caldera..

MINIMIZAR PÉRDIDAS POR CICLOS CORTOS DE LA CALDERA: El “ciclo corto” de la caldera ocurre cuando una caldera sobredimensionada satisface rápidamente la demanda de calentamiento del proceso o espacio, y luego se para hasta que se requiere nuevamente. Las demandas del calentamiento del proceso pueden cambiar en el tiempo. Las calderas pueden estar sobredimensionadas por adiciones o expansiones que nunca ocurren. Instalando medidas de conservación de energía y recuperación de calor puede reducirse la demanda de calor. Como resultado, una planta industrial puede tener múltiples calderas, cada una prevista para varias veces la máxima carga esperada. Las calderas usadas para cargas de calentamiento del espacio están a menudo sobredimensionadas, con su capacidad elegida para cumplir las pérdidas de calor totales del edificio más el calentamiento de ventilación y aire de infiltración bajo condiciones de temperatura extremas o sobre la base del diseño. No debe tenerse en cuenta la contribución térmica de la iluminación, equipos o personas. El excedente de capacidad también se añade para llevar rápidamente la planta a la posición requerida después de la parada nocturna

ANEXO 7. PROYECTOS DE MEJORA

- **INFORMACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DEL ÁREA DE FLOTATION**
- **PROYECTO DISPERSIÓN, LECTURA DE POTENCIAS AGITADORES PLANTA PP5 Y NIVEL DE TANQUES.**
- **ADQUISICIÓN DE VARIADORES DE VELOCIDAD PARA LOS AGITADORES DE LA PP5**
- **BOMBA DE TRANSFERENCIA A MP2 Y AGITADOR DEL TANQUE DE PASTA DEL ESPESADOR ANTIGUO APAGADOS.**
- **ADQUISICIÓN DE UN VARIADOR DE VELOCIDAD PARA EL PULPER PPP5**

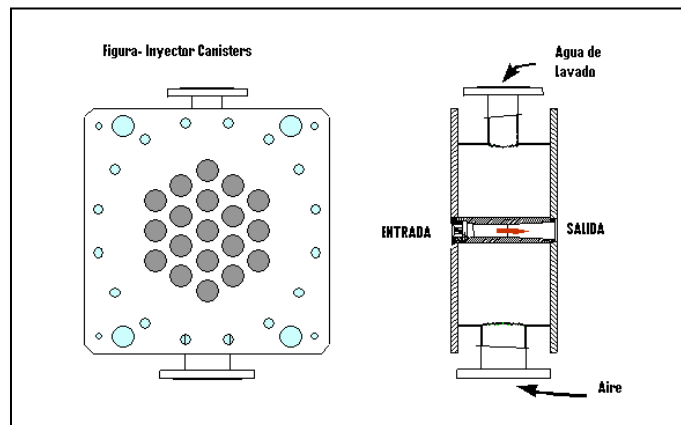
FUNCIONAMIENTO DEL ÁREA DE FLOTATION

Una fase de aireación, durante la cual el aire es introducido por succión según el principio de un Venturi con una consistencia entre el 1.0 al -1,3% de la pasta.

Aireación, se refiere a la introducción del aire en cantidad y forma correcta, dependiendo en la distribución de la medida de las burbujas y la consistencia de la pulpa hay un límite en la cantidad de aire el cual puede ser introducido en una suspensión de pulpa en el orden de guardar un movimiento suficientemente libre de las burbujas y la fibra.

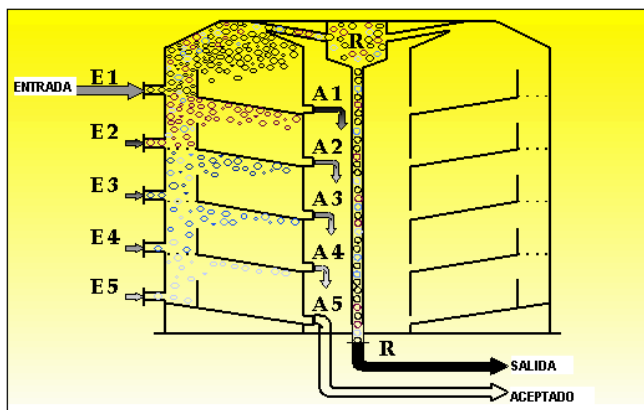
Una fase de colección, durante la cual la tinta o partículas a ser removidas son recolectadas por las burbujas de aire que se elevan a través de la pasta.

Una fase de separación, durante la cual las burbujas de aire con las partículas recolectadas son separadas de la pasta.



Fase de aireación

Proceso de destintado por flotación



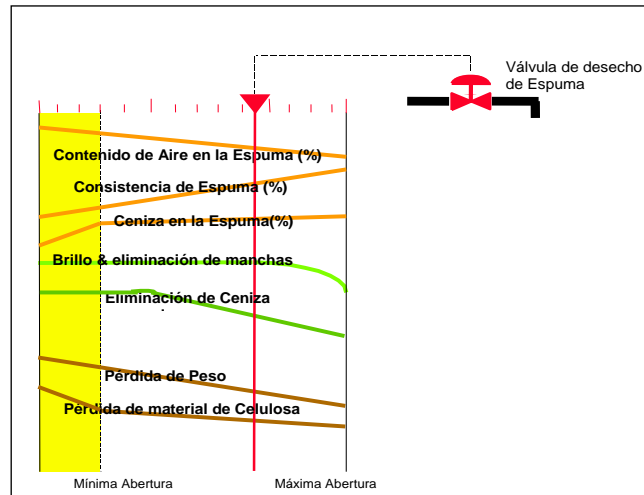
La pasta es bombeada a través del primer inyector de aeración a la primera celda, dispuesta en la parte alta de la celda MAC. La pasta aceptada de la primera celda es bombeada a través del segundo inyector de aireación, hasta que la última celda recibe los aceptados para una caja de nivel constante.

La caja de nivel constante mantiene la celda presurizada ligeramente.

La espuma de flotación (burbujas de aire separadas con partículas recolectadas) es eliminada vía una válvula de control bajo la acción de la celda presurizada

La válvula de control de espuma es usada para controlar el nivel de espuma en la celda, es el control principal en las condiciones operativas de la celda:

consistencia de la espuma, contenido de cenizas en la espuma, blancura & eliminación de puntos, control en la pérdida de sólidos totales y fibra.



Área de FLOTATION

La Pasta que viene desde la caja de nivel constante PP5-CN210 es enviada a la celda de flotación MAC por la alimentación de la Primera bomba de aeración PP5-BP301. El flujo es ajustado por PP-HIC301 y medido por el medidor de flujo PP5-FI302 que es el lazo que arregla la proporción de la producción de la planta.

Esta bomba alimenta al inyector de los canisters PP5-INY302 de la primera fase de la celda, a la presión requerida para asegurar la succión de aire y la mezcla de las burbujas en la pasta.

Descargar la válvula manual de la bomba significa ajustar la presión de entrada y en consecuencia el flujo de operación de la celda.

La pasta aireada de esta forma fluye en la primera fase en la parte de arriba de la celda dónde se separan las burbujas de aire, desde el lugar de las tomas de pasta.

La pasta es entonces transportada por una cañería en el barril central para flotar en la parte más baja de la celda para alimentar la segunda aireación.

La alimentación de la segunda bomba de aireación PP5-BP303 por la alimentación del inyector de los canisters es idéntica a la anterior. La válvula manual de descarga de la bomba permite ajustar la presión de entrada del segundo inyector de aireación de los canisters. Los flujos de pasta en la celda bajan un nivel como en la fase anterior.

La pasta circulará de la misma manera para los pasos de aireación subsecuentes:

- 3er bomba de aireación PP5-BP305.
- 4er bomba de aireación PP5-BP307.
- 5er bomba de aireación PP5-BP309

Luego en la última etapa de aireación en la parte más baja de la celda, la pasta va hacia una caja de nivel constante PP-CN312 a un nivel más alto que la parte superior de la celda.

Así la celda es estáticamente y firmemente presurizada y el flujo de pasta flota libremente hacia afuera.

Desde la caja de nivel constante, la pasta es enviada por la gravedad a una fase de proceso más avanzada.

El flujo a través de los inyectores es puesto por la presión de entrada requerida para su funcionamiento apropiado, el flujo a través de la celda es estable.

Debido a su principio y la construcción interna, la producción de la celda MAC es sólo fija por la bomba de alimentación. Las otras bombas de aireación pueden estar trabajando o pueden estar paradas sin afectar la producción que fluye a través de la celda. Ello sólo afectaría la calidad de pasta por cuanto su función se limita simplemente a airear la pasta vía inyectores.

La espuma de la flotación en cada fase de aireación fluye junta en la parte superior de la celda para llenarlo completamente.

El nivel de la celda significa el nivel de pasta en la celda. La posición entre la interface de la pasta (la parte más baja) y la espuma (la parte de arriba). La espuma

se descarga a través de un sistema de tuberías a la parte más baja de la celda. Este conducto es adecuado con la válvula de control PP5-LV305, asegurando los dos el nivel de control en la celda y relajando la espuma que es así descargada como líquido para bombear el tanque PP5TL313.

Cada inyector de los Canisters tiene lo siguiente:

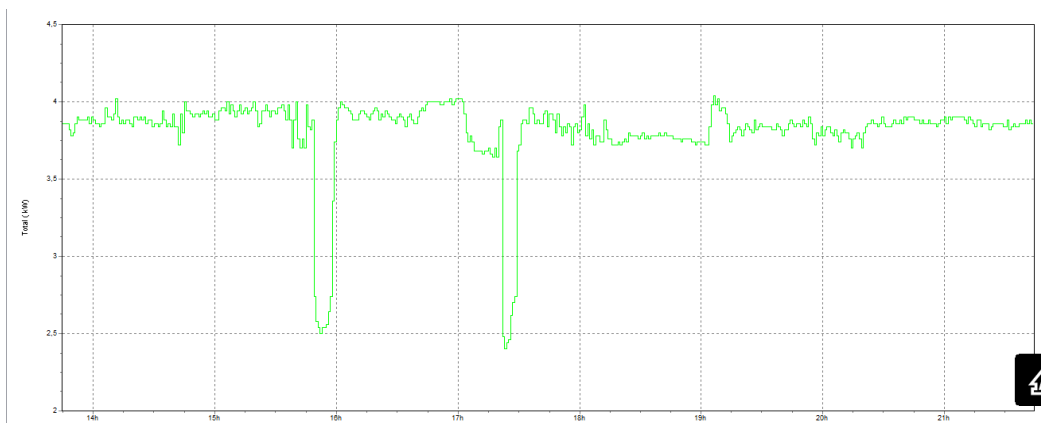
- Una entrada de Pasta.
- Una salida para mezclar el aire con Pasta.
- Una entrada de agua de lavado.
- Una entrada para inyectar aire en la pasta y también usado para descargar el agua de lavado en la alcantarilla.
- Una entrada de agua de lavado para llenar los inyectores de canisters durante la salida, el cierre o lavando.
- El aire de los canisters y las boquillas de conexión del agua de lavado tienen válvulas aislantes automáticas usadas durante la operación de varias secuencias.

Proyecto Dispersión

Para el proyecto se escogió 3 MOTORES, el PP5-AG008, el PP5-AG009, el PP5-AG010; Se detalla para cada agitador su medición respectiva de carga y nivel de tanques de monitoreo de ocho respectivamente.

AGITADOR PP5-AG008

MARCA	SERIE	VOL.	AMP.	RPM	POT. kW	FREC.	FRAME	FORM. C.	FP	IP
SIEMENS	1LE10011CC390AA4Z	440V	11.8A	1170	6.3	60HZ	132M	IMB3	0.78	55



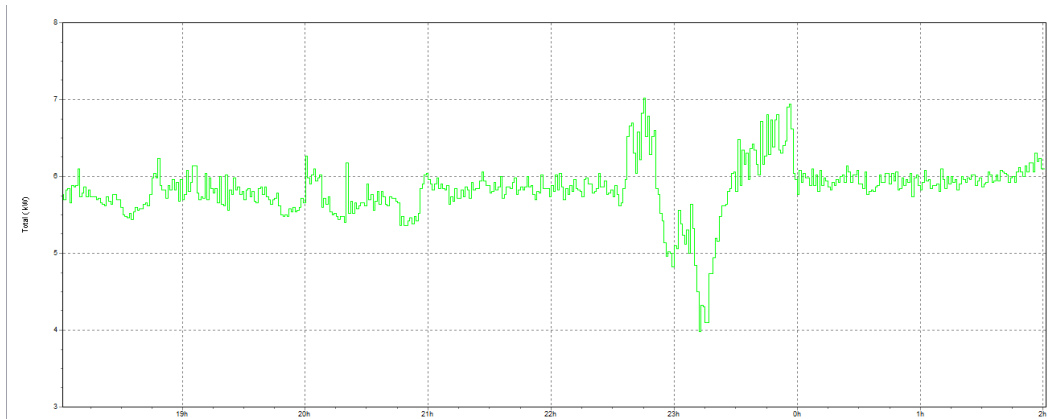
- Potencia placa motor: 6.3 kW
- Esta medición se realizó cuando el nivel del tanque se encontraba el proceso entre el 28% al 84%, registro de ocho horas.
- Potencia máxima medida: 4.1 kW
- Potencia media medida: 3.9 kW
- Potencia mínima medida: 3.7 kW
- Dimensionado para una carga de trabajo de 4 kW.



El nivel del tanque es variable en función del tiempo desde 28% al 84% del proceso, no es constante línea verde TBL001 PV, registro de ocho horas.

AGITADOR PP5-AG009

MARCA	SERIE	VOL.	AMP.	RPM	POT. kW	FREC.	FRAME	FORM. C.	FP	IP
SIEMENS	1LA7 135 6YA70	440V	16.5A	1150	7.5	60HZ	132S/M	IMB3	0.75	55



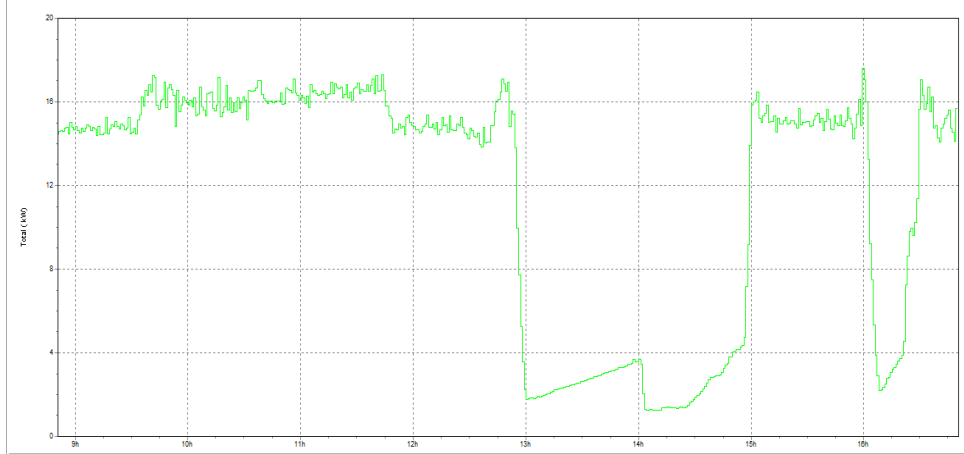
- Potencia placa motor: 7.5 kW
- Esta medición se realizó cuando el nivel del tanque se encontraba el proceso entre el 28% al 77%, registro de ocho horas.
- Potencia máxima medida: 7.0 kW
- Potencia media medida: 6.0 kW
- Potencia mínima medida: 5.2 kW
- Dimensionado para una carga de trabajo de 5.5 kW



El nivel del tanque es variable en función del tiempo desde 28% al 77% del proceso, no es constante línea roja TP006 PV, registro de ocho horas.

AGITADOR PP5-AG010

MARCA	SERIE	VOL.	AMP.	RPM	POT. kW	FREC.	FRAME	FORM. C.	FP	IP
SIEMENS	1LG6186 6AA90-Z	440V	31.5A	1175	18	60HZ	180L	IMB3	0.81	55



- Potencia placa motor: 18 kW
- Esta medición es realizada con el nivel del proceso del 14% al 95%, registro de ocho horas.
- Potencia máxima medida: 18 kW
- Potencia media medida: 16 kW
- Potencia mínima medida: 4 kW
- Dimensionado para una carga de trabajo de 15Kw



El nivel del tanque es variable en función del tiempo desde 14% al 95% del proceso, no es constante línea verde PV. Registro de ocho horas.

AGITADORES PP5 AG001, AG002, AG003, AG004, AG005, AG006

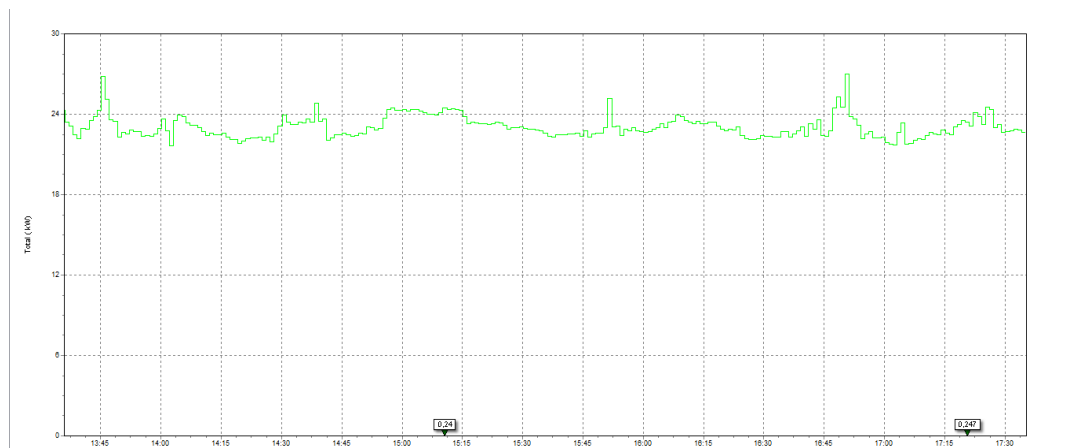
DATOS DE PLACA DE MOTORES PPP5:

DATOS DE MOTORES AGITADORES PPP5						
PLACA	AG001	AG002	AG003	AG004	AG005	AG006
MARCA	SIEMENS	SIEMENS	SIEMENS	SIEMENS	SIEMENS	SIEMENS
SERIE	1LA6 280- 6AA60-Z	1LA7 135 6YA70	1LA4 206- 6YA80	1LA7 135 6YA70	1LA7 167 6YA70	1LA7 135- 6YA70
VOLTAJE	460V	220/440V	220/440V	220/440V	220/440V	220/440V
AMPERAJE	85A	33/16.5A	79/39.5A	33/16.5A	66/33A	33/16.5A
RPM	1182 RPM	1150	1175 RPM	1150	1160	1150 RPM
FRECUENCIA	60 HZ	60 HZ	60 HZ	60 HZ	60 HZ	60 HZ
POTENCIA	54 kW	10HP / 7.5kW	30 HP/22.4 kW	10HP / 7.5kW	20HP	10 HP
FRAME	280S	132S/M	200L	132S/M	160M/L	132S/M
FORM. CONS	IMB3	IMB3	IMB3	IMB3	IMB3	IMB3
FP	0.86	0.75	0.82	0.75	0.72	0.75
IP	55	55	55	55	55	55

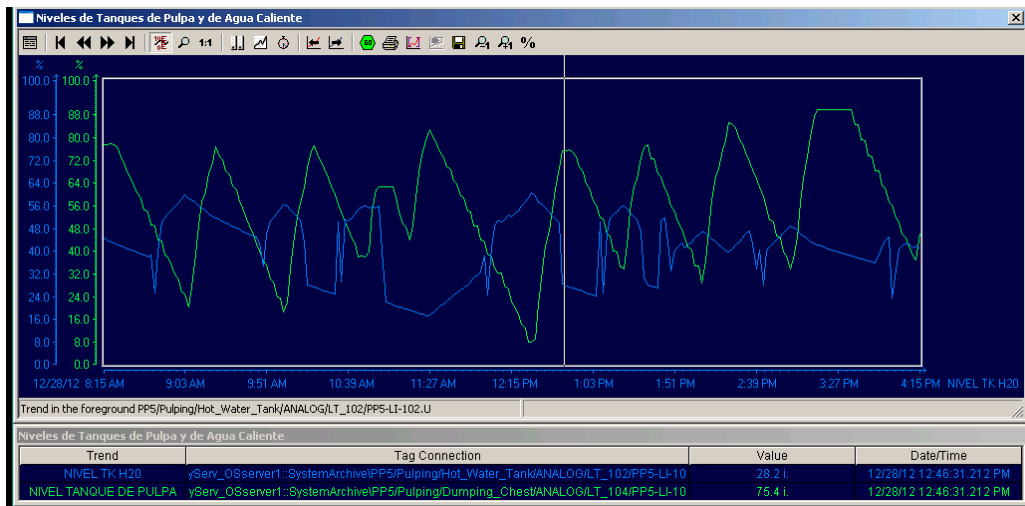
Se detalla para cada agitador su medición respectiva de carga y nivel de tanques.

El agitador AG003 y AG005 se realizó la medición con variadores de frecuencia, teniendo una menor curva de trabajo de acuerdo al nivel del tanque.

AGITADOR PP5-AG001

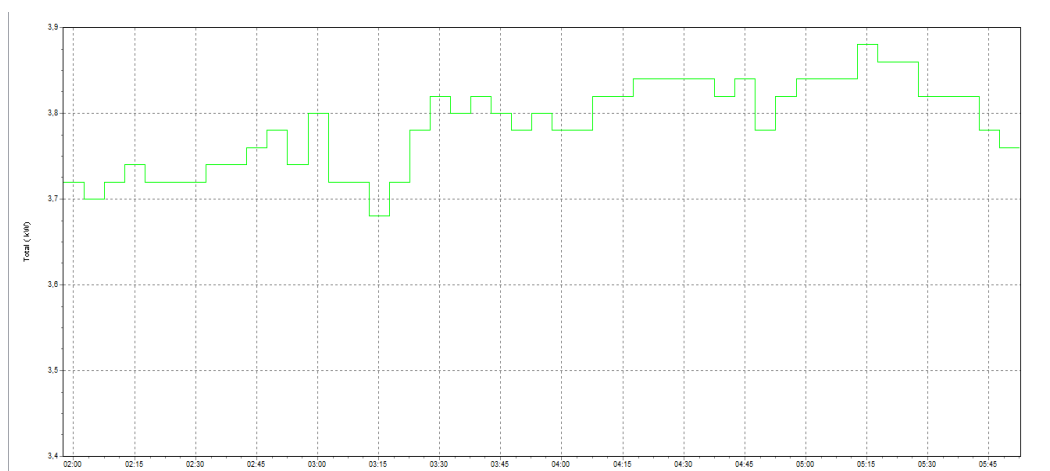


- Potencia placa motor: 54 kW
- Esta medición se realizó cuando el nivel del tanque se encontraba el *proceso entre el 40% al 88%, registro de cuatros horas.*
- Potencia máxima medida: 28 kW
- Potencia media medida: 25 kW
- Potencia mínima medida: 23 kW

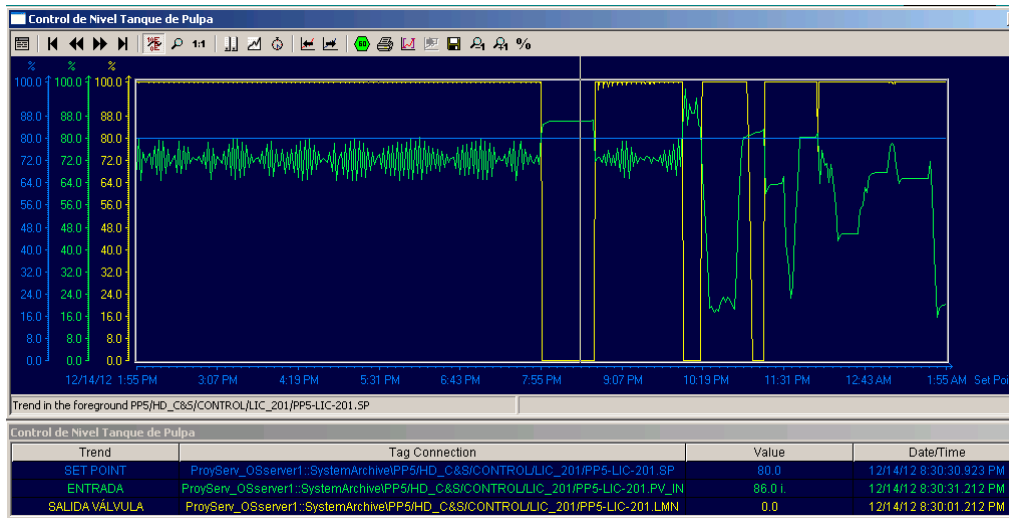


El nivel del tanque es variable en función del tiempo desde 8% al 90% del proceso, no es constante línea verde PV, registro de ocho horas.

AGITADOR PP5-AG002

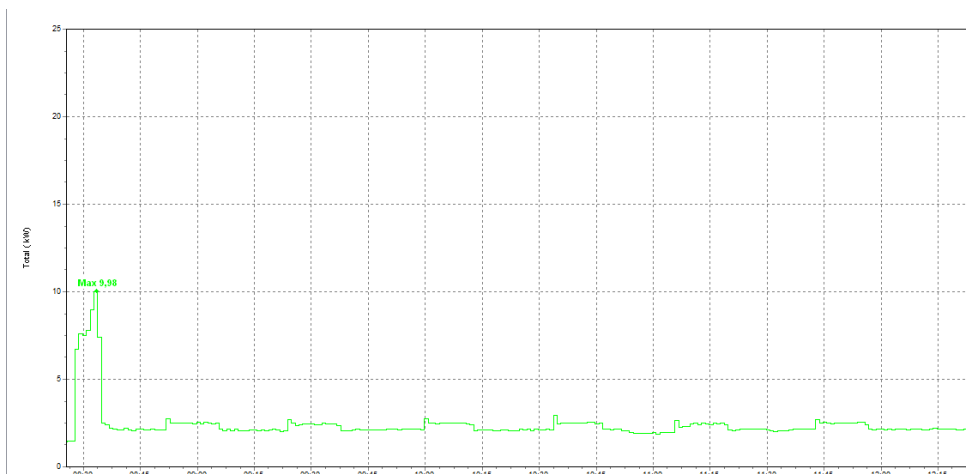


- Potencia placa motor: 7.5 kW
- Esta medición se realizó cuando el nivel del tanque se encontraba el proceso entre el 64% al 75%, registro de cuatros horas.
- Potencia máxima medida: 3.88 kW
- Potencia media medida: 3.74 kW
- Potencia mínima medida: 3.68 kW



El nivel del tanque es variable en función del tiempo desde 24% al 90% del proceso, no es constante línea verde PV, registro de doce horas.

AGITADOR PP5-AG003

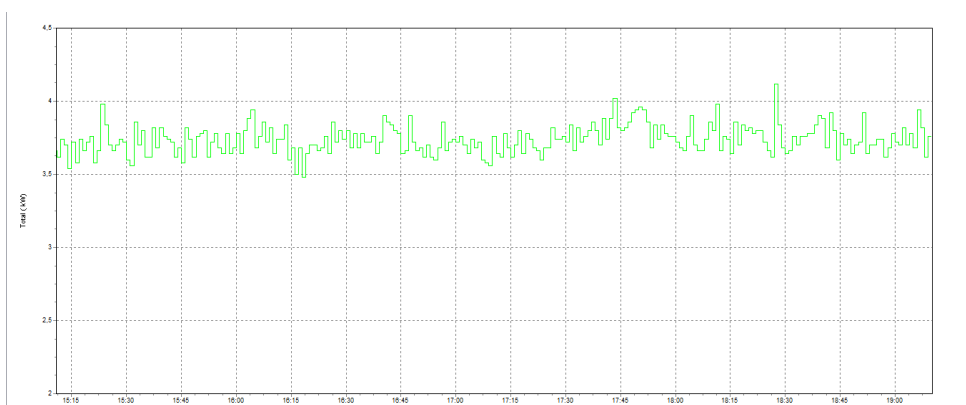


- Potencia placa motor: 22.4 kW
- Esta medición es realizada mediante el control de un Variador de Frecuencia, con el nivel del proceso al 28%, registro de cuatro horas.
- Potencia máxima medida: 9.9 kW
- Potencia media medida: 2.4 kW
- Potencia mínima medida: 2 kW



El nivel del tanque es variable en función del tiempo desde 28% al 80% del proceso, no es constante línea verde PV. Registro de ocho horas.

AGITADOR PP5-AG004



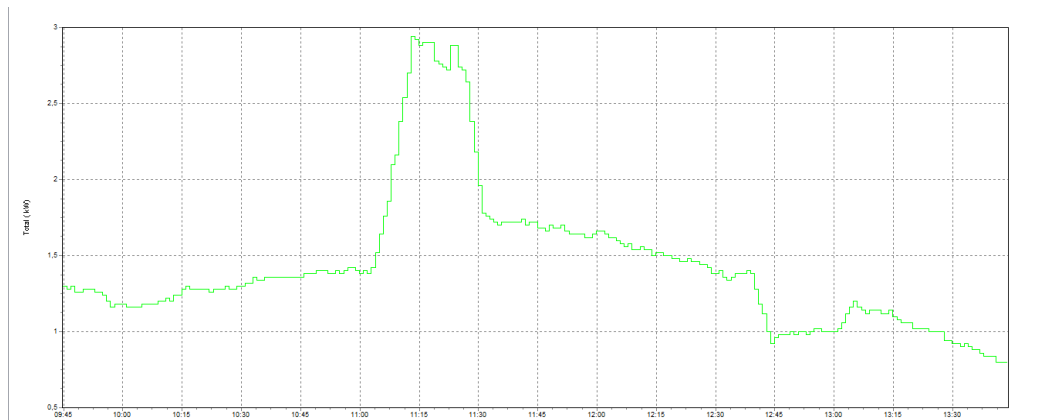
- Potencia placa motor: 7.5 kW
- Esta medición se realizó cuando el nivel del tanque se encontraba constante al 28%, registro de cuatro horas

- Potencia máxima medida: 4.2 kW
- Potencia media medida: 3.8 kW
- Potencia mínima medida: 3.7 kW



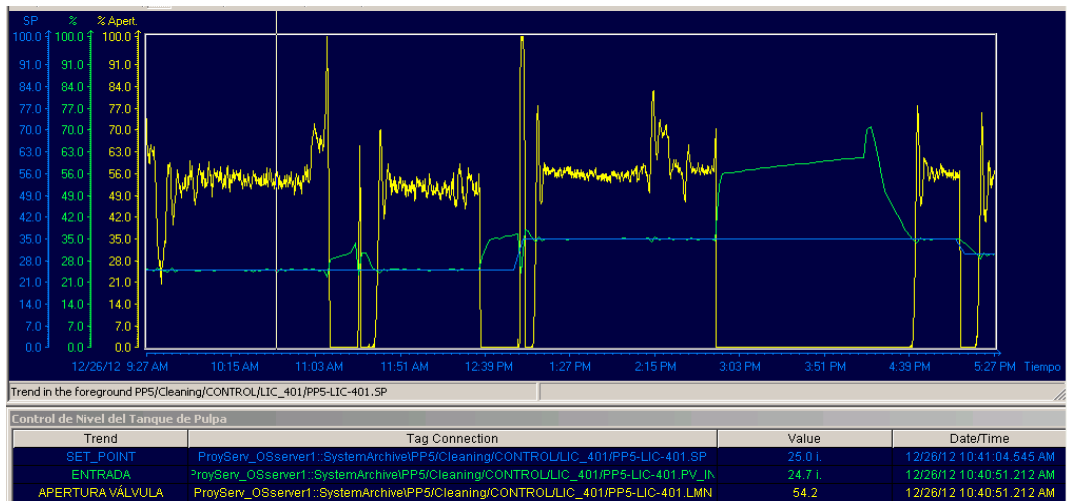
El nivel del tanque es variable en función del tiempo desde 28% al 98% del proceso, no es constante línea verde PV, registro de doce horas.

AGITADOR PP5-AG005



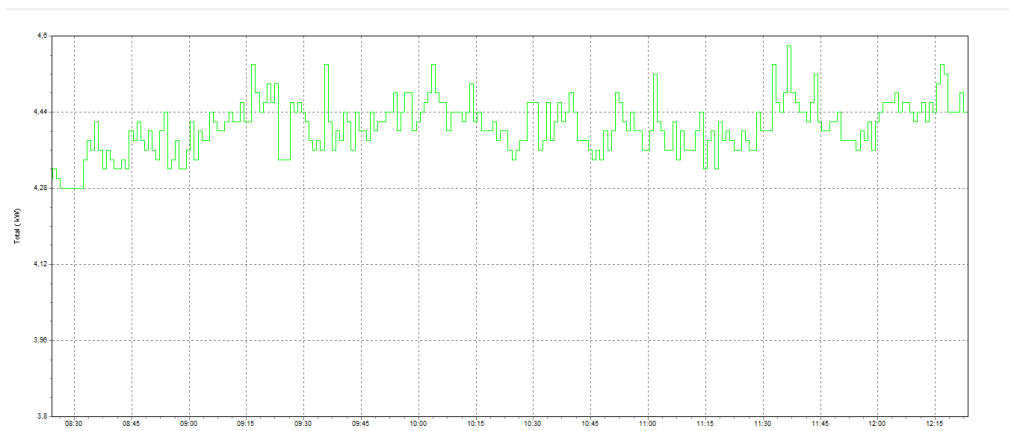
- Potencia placa motor: 14.9 kW
- Esta medición es realizada mediante el control de un Variador de Frecuencia cuando el nivel del tanque se encontraba del 26% al 32%, registro de cuatro horas
- Potencia máxima medida: 3.0 kW
- Potencia media medida: 1.8 kW

- Potencia mínima medida: 1.0 kW

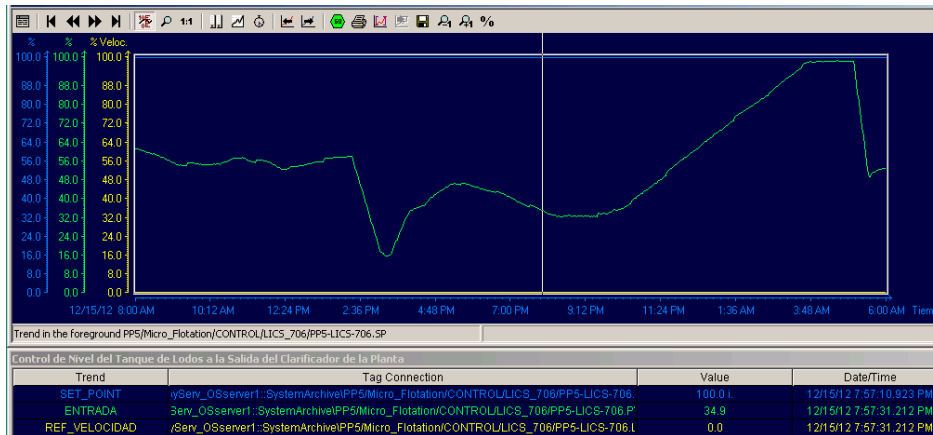


El nivel del tanque es variable en función del tiempo desde 24% al 80% del proceso, no es constante línea verde PV, registro de ocho horas.

AGITADOR PP5-AG006



- Potencia placa motor: 7.5Kw
- Esta medición es realizado cuando el nivel del tanque se encontraba constante al 50%, registro de cuatro horas.
- Potencia máxima medida: 4,6kW
- Potencia media medida: 4,4 kW
- Potencia mínima medida: 4.28 kW



El nivel del tanque es variable en función del tiempo desde 18% al 98% del proceso, no es constante línea verde PV. Registro de 22 horas

INFORME

ADQUISICIÓN DE VARIADORES DE VELOCIDAD PARA LOS AGITADORES DE LA PP5

Variar la velocidad en motores de corriente alterna es una de las formas más eficientes de darle un uso racional a la energía (URE), las industrias han estado incursionando en este campo, el ahorro en el consumo de la misma es elevado cuando no se tiene control sobre la velocidad.

Un Variador de frecuencia puede reducir el consumo de energía hasta un 60% variando la velocidad del motor. Incluso una reducción pequeña en la velocidad puede representar ahorros significativos.

Partiendo de la premisa de que al tener un mayor consumo de corriente se está demandando mayor potencia, se hace necesario regular el consumo energético, puesto que no solamente se tiene un impacto económico, sino también social porque afecta el medio ambiente de forma directa debido a que se disminuye su generación.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la actualidad en la planta de preparación de pasta PP5 se posee un sistema de agitadores el mismo que para ser accionado se usa motores 10HP, 20HP, 30HP,

60HP y velocidad nominal 1150rpm, el arranque se realiza utilizando el método arranque Directo, el cual se ha venido usando desde que se adquirió esta maquinaria, trayendo consigo alto consumo energético.

El sistema de agitadores permanece siempre encendidos las 24 horas al día trabajando independientemente de la cantidad de pasta existente en los tanques para su mezcla uniforme y homogénea de la pasta de papel. Generando un consumo de energía eléctrica constante a plena y mínima capacidad de los tanques de pasta, además del deterioro y desgastes prematuro de partes mecánicas y eléctricas. Rodamientos, bandas, acoples mecánicos e incremento de temperatura en equipos y motor.

El resultado por el cual estos elementos mecánicos sufren desgaste y deterioro prematuro, es que en el arranque existente no ofrece los rangos necesarios para normalizar los esfuerzos presentes independientes de la carga del proceso.

Los motores de los Agitadores como se expuso en los párrafos anteriores es accionado con un motores eléctricos de potencia 10Hp, 20HP, 30HP, 60HP tienen un consumo nominal de corriente de 16.5A, 30A, 40, 85Amperios, la gran mayoría de los motores en el arranque consume de 4 a 7 veces su corriente nominal, este puede darse en promedio 4 veces al día, acarreado un mayor consumo de potencia activa y reactiva.

2. OBJETIVO

Justificar la adquisición de variadores de velocidad para el sistema de Agitadores PP5-AG01, AG02 -AG03AG04, AG05, AG06

3. JUSTIFICACION

- El trabajo del sistema del conjunto de agitadores de la PP5, es durante las 24 horas al día, para mantener una mezcla uniforme y homogénea en los tanques de paste de la PP5.

AGITADORES PP5	VOLTAJE	CORRIENTE	POTENCIA	RPM
PP5-AGO1	440VAC	85A	54 kW	1150
PP5-AGO2	440VAC	16.5A	7.5KW	1150
PP5-AGO3	440VAC	39.5A	22.4KW	1175
PP5-AGO4	440VAC	16.5A	7.5KW	1150
PP5-AGO5	440VAC	33A	14.9KW	1160
PP5-AGO6	460VAC	16.5A	7.5KW	1150

Tabla 1. Datos Motores agitadores PP5

- El monitoreo y medición corresponde al análisis de consumo de energía eléctrica realizado con arranque directo actualmente y con un variador de velocidad durante 24 horas de trabajo con un analizador de energía **FLUKE 435** se detalla las mediciones.

Medición Agitador PP5-AG01 durante 24 horas al día:

	CON ARRANQUE DIRECTO	Unidades	CON VARIADOR DE VELOCIDAD	Unidades
PP5-AG01				
VOLTAJE	460	VAC	460	VAC
CORRIENTE	85	A	85	A
TIEMPO ARRANQUE DIRECTO	24	H	24	H
EFICIENCIA MOTOR	0.86		0.86	
PRECIO ENERGIA	0,06	\$ * kWh	0,06	\$ * kWh
Consumo hora	511.44	kW	306.86	kW
Consumo mes	15343.3	kW	9205.92	kW
Precio del consumo en un día	30.68	Dólares	18.41	Dólares
Precio del consumo en un mes	920.52	Dólares	552.35	Dólares
Precio del consumo en un año	11046.24	Dólares	6628.2	Dólares

Tabla 2. Medición agitador PP5-AG01

Medición agitador PP5-AG02 durante 24 horas al día:

	CON ARRANQUE DIRECTO	Unidades	CON VARIADOR DE VELOCIDAD	Unidades
PP5-AGO2				
VOLTAJE	440	VAC	440	VAC
CORRIENTE	16.5	A	16.5	A
TIEMPO ARRANQUE	24	H	24	H

DIRECTO				
EFICIENCIA MOTOR	0.72		0.72	
PRECIO ENERGIA	0,06	\$ * kWh	0,06	\$ * kWh
Consumo hora	89.6	kW	24.5	kW
Consumo mes	2688	kW	735	kW
Precio del consumo en un día	5.376	Dólares	1.47	Dólares
Precio del consumo en un mes	161.28	Dólares	44.1	Dólares
Precio del consumo en un año	1935.36	Dólares	529.2	Dólares

Tabla 3. Medición agitador PP5-AG02

Medición agitador PP5-AG03 durante 24 horas al día:

	CON ARRANQUE DIRECTO		CON VARIADOR DE VELOCIDAD	
PP5-AG03		Unidades		Unidades
VOLTAJE	440	VAC	440	VAC
CORRIENTE	39.5	A	39.5	A
TIEMPO ARRANQUE DIRECTO	24	H	24	H
EFICIENCIA MOTOR	0,82		0,82	
PRECIO ENERGIA	0,06	\$ * kWh	0,06	\$ * kWh
Consumo hora	168.0	kW	25.9	kW
Consumo mes	5040	kW	777	kW
Precio del consumo en un día	10.08	Dólares	1.554	Dólares
Precio del consumo en un mes	302.4	Dólares	46.62	Dólares
Precio del consumo en un año	3628.8	Dólares	559.44	Dólares

Tabla 4. Medición agitador PP5-AG03

Medición agitador PP5-AG04 durante 24 horas al día:

	CON ARRANQUE DIRECTO		CON VARIADOR DE VELOCIDAD	
PP5-AG04		Unidades		Unidades
VOLTAJE	440	VAC	440	VAC
CORRIENTE	16.5	A	16.5	A
TIEMPO ARRANQUE	24	H	24	H

DIRECTO				
EFICIENCIA MOTOR	0.72		0.72	
PRECIO ENERGIA	0,06	\$ * kWh	0,06	\$ * kWh
Consumo hora	77.8	kW	58.6	kW
Consumo mes	2334	kW	1758	kW
Precio del consumo en un día	4.668	Dólares	3.516	Dólares
Precio del consumo en un mes	140.04	Dólares	105.48	Dólares
Precio del consumo en un año	1680.48	Dólares	1265.76	Dólares

Tabla 5. Medición agitador PP5-AG04

Medición agitador PP5-AG05 durante 24 horas al día:

	CON ARRANQUE DIRECTO	Unidades	CON VARIADOR DE VELOCIDAD	Unidades
PP5-AG05				
VOLTAJE	440	VAC	440	VAC
CORRIENTE	33	A	33	A
TIEMPO ARRANQUE DIRECTO	24	H	24	H
EFICIENCIA MOTOR	0.72		0.72	
PRECIO ENERGIA	0,06	\$ * kWh	0,06	\$ * kWh
Consumo hora	179.25	kW	52.1	kW
Consumo mes	5377.5	kW	1563	kW
Precio del consumo en un día	10.755	Dólares	3.126	Dólares
Precio del consumo en un mes	322.65	Dólares	93.78	Dólares
Precio del consumo en un año	3871.8	Dólares	1125.36	Dólares

Tabla 6. Medición agitador PP5-AG05

Medición agitador PP5-AG06 durante 24 horas al día:

	CON ARRANQUE DIRECTO	Unidades	CON VARIADOR DE VELOCIDAD	Unidades
PP5-AG06				
VOLTAJE	440	VAC	440	VAC
CORRIENTE	16.5	A	16.5	A
TIEMPO ARRANQUE DIRECTO	24	H	24	H
EFICIENCIA MOTOR	0.72		0.72	

PRECIO ENERGIA	0,06	\$ * kWh	0,06	\$ * kWh
Consumo hora	108.24	kW	70.35	kW
Consumo mes	3247.2	kW	2110.68	kW
Precio del consumo en un día	6.49	Dólares	4.22	Dólares
Precio del consumo en un mes	194.83	Dólares	126.64	Dólares
Precio del consumo en un año	2337.98	Dólares	1519.68	Dólares

Tabla 7. Medición agitador PP5-AG06

4. ANÁLISIS DE RESULTADOS:

Los resultados obtenidos en cada uno de los agitadores, se detalla el ahorro en kW y económico como resultado de la implementación de variadores de velocidad.

En el agitador PP5-AG01 como resultado se tiene un ahorro de energía en el año de 73648.8 kW, mientras que en el ahorro económico en un año 4418.04 dólares.

Ahorro kW	Ahorro kW	Ahorro kW	Ahorro Dólares	Ahorro Dólares	Ahorro Dólares
Día	Mes	Año	Día	Mes	Año
204.58	6137.4	73648.8	12.27	368.17	4418.04

Tabla 8. Resultados de ahorro en kW y económico Agitador PP5-AG01

En el agitador PP5-AG02 como resultado se tiene un ahorro de energía en el año 23436 kW, mientras que en el ahorro económico en un año 1406.16 dólares.

Ahorro kW	Ahorro kW	Ahorro kW	Ahorro Dólares	Ahorro Dólares	Ahorro Dólares
Día	Mes	Año	Día	Mes	Año
65,1	1953	23436	3,906	117,18	1406,16

Tabla 9. Resultados de ahorro en kW y económico Agitador PP5-AG02

En el agitador PP5-AG03 como resultado se tiene un ahorro de energía en el año 51159.6 kW, mientras que en el ahorro económico en un año 3069.57 dólares.

Ahorro kW	Ahorro kW	Ahorro kW	Ahorro Dólares	Ahorro Dólares	Ahorro Dólares
Día	Mes	Año	Día	Mes	Año
142,1	4263,3	51159,6	8,5266	255,798	3069,576

Tabla 10. Resultados de ahorro en kW y económico Agitador PP5-AG03

En el agitador PP5-AG04 como resultado se tiene un ahorro de energía en el año 6912 kW, mientras que en el ahorro económico en un año 414.72 dólares.

Ahorro kW	Ahorro kW	Ahorro kW	Ahorro Dólares	Ahorro Dólares	Ahorro Dólares
Día	Mes	Año	Día	Mes	Año
19,2	576	6912	1,152	34,56	414,72

Tabla 11. Resultados de ahorro en kW y económico Agitador PP5-AG04

En el agitador PP5-AG05 como resultado se tiene un ahorro de energía en el año 45774 kW, mientras que en el ahorro económico en un año 2746.08 dólares.

Ahorro kW	Ahorro kW	Ahorro kW	Ahorro Dólares	Ahorro Dólares	Ahorro Dólares
Día	Mes	Año	Día	Mes	Año
127.15	3814.5	45774	7.629	228.84	2746.08

Tabla 12. Resultados de ahorro en kW y económico Agitador PP5-AG05

En el agitador PP5-AG06 como resultado se tiene un ahorro de energía en el año 13640.4 kW, mientras que en el ahorro económico en un año 818.28 dólares.

Ahorro kW	Ahorro kW	Ahorro kW	Ahorro Dólares	Ahorro Dólares	Ahorro Dólares
Día	Mes	Año	Día	Mes	Año
37.89	1136.7	13640.4	2.27	68.19	818.28

Tabla 13. Resultados de ahorro en kW y económico Agitador PP5-AG06

Se observa que por la implementación de variadores de Velocidad, en un año se tiene un ahorro por los cuatro agitadores de **214570.8 kW**.

El beneficio en el aspecto económico con el trabajo de variadores de Velocidad en un año en los cuatro agitadores es \$ **12872.85 dólares**

La inversión para la instalación del equipo sería la siguiente:

DESCRIPCION	COSTO
VARIADOR FRECUENCIA 75HP - CU240E-2 DP AG01+REACTANCIA+ACCESORIOS	\$ 7380.0
VARIADOR FRECUENCIA 15HP - CU240E-2 DP AG02+REACTANCIA+ACCESORIOS	\$ 2428.0
VARIADOR FRECUENCIA 40HP - CU240E-2 DP AG03+REACTANCIA+ACCESORIOS	\$ 4953.0
VARIADOR FRECUENCIA 15HP - CU240E-2 DP AG04+REACTANCIA+ACCESORIOS	\$ 2428.0
VARIADOR FRECUENCIA 25HP - CU240E-2 DP AG05+REACTANCIA+ACCESORIOS	\$ 3675.0
VARIADOR FRECUENCIA 15HP - CU240E-2 DP AG06+REACTANCIA+ACCESORIOS	\$ 2428.0
Materiales y cableado	\$ 7000.0
Tableros Eléctricos	\$ 10000.0
Mano de Obra	\$ 4000.0
Total. Sin IVA	\$ 44292.00

La inversión del proyecto es \$ 44292.0 dólares, el retorno de la inversión es 42 meses.

5. CONCLUSIONES

- Se justifica la adquisición de Variadores de velocidad por el ahorro económico y energético para la empresa.
- Tanto el motor como los dispositivos mecánicos se alargaría su vida útil, al tener un arranque suave.
- La referencia de velocidad para el variador de frecuencia se lo realizara por medio del transmisor existente en el tanque, para controlar en función del nivel de pasta del tanque la velocidad del motor.

BOMBA DE TRANSFERENCIA A MP2 Y AGITADOR DEL TANQUE DE PASTA DEL ESPESADOR ANTIGUO APAGADOS.

En la PP2 al conservar aun el tanque del espesador antiguo, dio lugar a que en este se almacenara pasta proveniente del nuevo espesador, y de ahí se trasvase a la MP2, provocando una utilización de energía adicional de un agitador y parte de una bomba de trasvase de la PP2 a MP2 cuando trabajan las dos al mismo tiempo.

En el PI&D de la figura 1 se muestra el acondicionamiento que se realizó

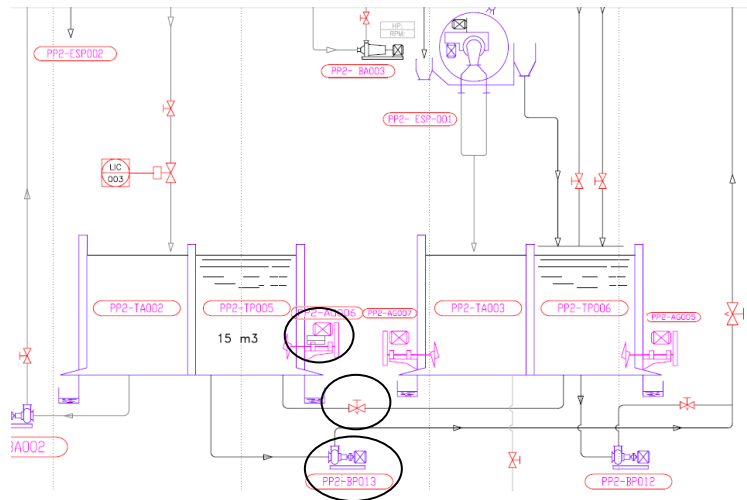


FIG. 1 PI&D zona del espesador PPP2

Por el ahorro de energía, se procede a cerrar la válvula que sirve de unión entre los dos tanques y apagar el motor PP2-AG006 y PP2-BP013.

Con eso se tiene el siguiente ahorro.

VOLTAJE	440	V
CORRIENTE	20	A
TIEMPO SIN OPERAR	20	H
EFICIENCIA MOTOR	0,87	
PRECIO ENERGIA	0,062	\$por kWh
Consumo hora	13,24	kW
Consumo día	317,88	kW
Consumo mes	7417,13	kW
Precio del consumo en una hora	0,8	Dólares
Precio del consumo en un día	16,42	Dólares
Precio del consumo en un mes	459,86	Dólares
Precio del consumo en un año	5518,35	Dólares

Adquisición de un variador de velocidad para el pulper PPP5

INTRODUCCION

Variar la velocidad en motores de corriente alterna es una de las formas más eficientes de darle un uso racional a la energía (URE), las industrias han estado

incursionando en este campo, el ahorro en el consumo de la misma es elevado cuando se tiene control sobre la velocidad.

Partiendo de la premisa de que al tener un mayor consumo de corriente se está demandando mayor potencia, se hace necesario regular el consumo energético, puesto que no solamente se tiene un impacto económico, sino también social porque afecta el medio ambiente de forma directa debido a que se disminuye su generación.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la actualidad en la planta de preparación de pasta 5 se posee un pulper el mismo que para ser accionado se usa un motor de 288KW, velocidad nominal 1784rpm, el arranque se realiza utilizando el método estrella-triángulo, el cual se ha venido usando desde que se adquirió esta maquinaria, trayendo consigo alto consumo energético, desgaste mecánico, piñones y rodamientos.

El resultado por el cual estos elementos mecánicos sufren desgaste es que en el arranque existente no ofrece los rangos necesarios para normalizar los esfuerzos presentes en el proceso.

Esta máquina como se expuso en los párrafos anteriores son accionada con un motor eléctrico que supera los 200 kW de potencia, tienen un consumo nominal de corriente de 350 Amperios, la gran mayoría de los motores en el arranque consume de 4 a 7 veces su corriente nominal, este puede darse en promedio 4 veces al día, acarreando un mayor consumo de potencia activa y reactiva.

El motor del pulper para evitar los continuos arranques y daño prematuro del motor se le tiene prendido casi todo el tiempo.

OBJETIVO

- Justificar la adquisición de un drive para el pulper de la PPP5

JUSTIFICACION

El motor del pulper de la PPP5 es uno de los de mayor potencia que se posee en planta, tiene las siguientes características:

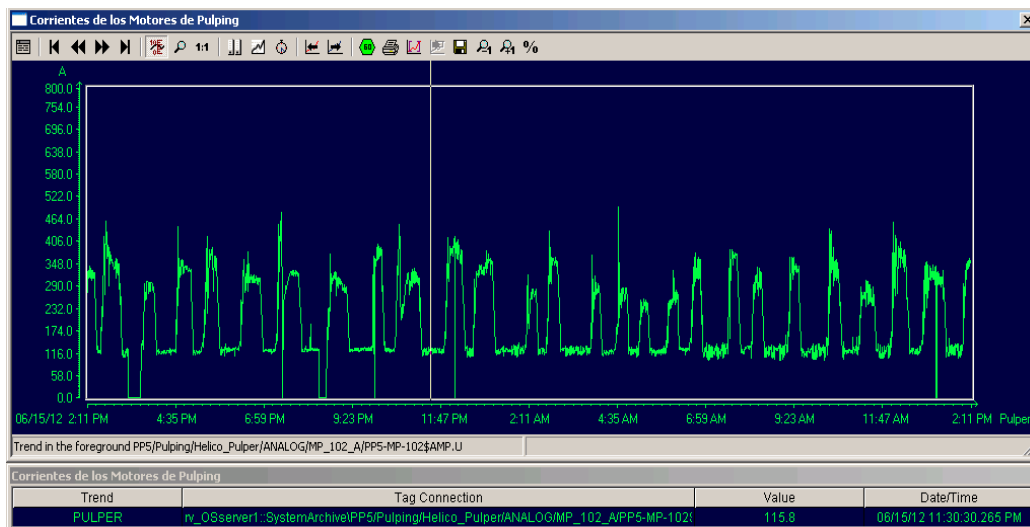
Motor marca: Siemens

Corriente: 460A
 Voltaje: 430V
 Potencia: 288 kW
 Velocidad: 1784

Producción ha estimado que el pulper trabajará de la siguiente manera

- Tiempo de desintegración 15min
- Ciclos de desintegración 32 todo el día
- Teniendo un tiempo total aproximado de trabajo, de máximo 10 horas.

Pero éste en la actualidad tiene un arrancador estrella triángulo, por lo que para conservar el motor en buenas condiciones y aumentar su tiempo de vida útil se le tiene prendido continuamente o sea las 24 horas, evitando los arranques por la corriente alta que se genera en la misma, en la gráfica se puede observar tal aseveración.



Como se puede observar tendríamos un ahorro de 115A por cerca de 14 horas.; La siguiente tabla indica cuanto seria el ahorro con lo anterior expuesto tomando un tiempo de 12 horas sin operar y utilizando la siguiente formula se obtiene:

$$kW = ((I \times E \times F.P \times 1.73) / 1000)$$

VOLTAJE	440	V
CORRIENTE	115	A
TIEMPO SIN OPERAR	14	h
EFICIENCIA MOTOR	0,87	

PRECIO ENERIA	0,062	\$* kWh
Consumo hora	76,15806	kW
Consumo mes	31986,385	kW
Precio del consumo en una hora	4,7217997	Dólares
Precio del consumo en un día	66,105196	Dólares
Precio del consumo en un mes	1983,1559	Dólares
Precio del consumo en un año	23797,871	Dólares

CONCLUSIONES

- Se justifica la adquisición del drive por el ahorro económico y energético para la empresa.
- Tanto el motor como los dispositivos mecánicos se alargaría su vida útil, al tener un arranque suave.

Evaluación Energética de Motores asincrónicos

En el desarrollo del presente trabajo no se encuentra motores en condiciones de operación desfavorables. Para consolidar la información de la evaluación energética en motores, en el Anexo 2 se tiene un ejemplo práctico con el procedimiento del cálculo energético que se le debe hacer para verificar la posible sustitución de un motor.

Análisis de la potencia del transformador

Con los valores obtenidos en el programa y ratificados mediante la medición, se establece que el equipo tiene una potencia instalada que sobrepasa su potencia nominal, razón por el cual el personal de operación establece su carga en alrededor de un 35%, condición por demás aceptable, pues el contenido de armónicos del 50% arroja un factor k de:

$$k = \sqrt{\frac{P_o}{P_{CUN}}}, \text{ es decir: } k = \sqrt{\frac{2397}{13904}} = 0.42,$$

Por tanto el transformador puede cargarse únicamente hasta:

$$S[kVA]_{efectiva} = 0.42 \times 1500kVA = 623kVA$$

En el momento de la prueba el transformador tiene una carga entre 467 y 542 kVA valores aceptables para el contenido armónico alto que tiene. A continuación en la tabla N° 4.18 tenemos los datos medidos de potencia aparente del transformador, y en la figura 4.15 una fotografía del transformador colocado el analizador de carga.

Tabla N° 4.18 Datos de potencia medidos en el transformador

Nombre	Fecha	Hora	Prom	Min	Max	Unidades
VA Linea1	26/03/2011	22:18:00.000	161.85E+3	152.53E+3	181.90E+3	VA
VA Linea2	26/03/2011	22:18:00.000	165.43E+3	156.50E+3	183.01E+3	VA
VA Linea3	26/03/2011	22:18:00.000	163.92E+3	156.59E+3	177.83E+3	VA
VA Suma de Fases	26/03/2011	22:18:00.000	491.20E+3	467.24E+3	542.74E+3	VA
VAR Linea1	26/03/2011	22:18:00.000	-61.737E+3	-75.596E+3	73.099E+3	VAR
VAR Linea2	26/03/2011	22:18:00.000	-67.040E+3	-80.670E+3	77.310E+3	VAR
VAR Linea3	26/03/2011	22:18:00.000	-64.347E+3	-78.314E+3	74.116E+3	VAR
VAR Suma de Fases	26/03/2011	22:18:00.000	-193.12E+3	-234.15E+3	224.52E+3	VAR
W Linea1	26/03/2011	22:18:00.000	146.94E+3	137.46E+3	167.58E+3	W
W Linea2	26/03/2011	22:18:00.000	148.59E+3	138.94E+3	165.66E+3	W
W Linea3	26/03/2011	22:18:00.000	148.32E+3	140.26E+3	161.53E+3	W
W Suma de Fases	26/03/2011	22:18:00.000	443.85E+3	418.94E+3	494.76E+3	W

Figura N° 4.15: Transformador MP5



Las corridas de flujos de potencia en la fábrica se lo realiza considerando a la demanda máxima, mientras que las mediciones se los efectúa a demanda real (34

%), por lo que, al no disponer de varios equipos no se ha podido determinar exactamente la demanda real en cada uno de los subsistemas.

Al existir un sobredimensionamiento en la selección de conductores para los diferentes ramales, no existe una caída de voltaje que marque condiciones anormales de funcionamiento

En el flujo de potencia, al considerar todas las cargas trifásicas balanceadas, no existe un desbalance de fases, mientras que en las mediciones se detecta un desbalance del 2.4%, valor que está dentro de los estándares de calidad.

La corriente por el neutro determinada mediante el software es elevada esto se debe principalmente a la existencia de armónicos de corriente.

La empresa tiene un número elevado de motores con variadores de velocidad incorporados, así como motores de corriente continua, para lo que utiliza rectificadores de potencia.

Consultado con el personal de mantenimiento se determina que existe un plan de mantenimiento estricto con un porcentaje de cumplimiento del 98 %, por lo que no existe paralizaciones por mantenimiento emergente, sino únicamente en mantenimientos programados.

De las lecturas registradas por el analizador, se detecta que existen variaciones de voltaje de corta duración que no es perceptible para el operario pero si para las máquinas con picos elevados y caídas drásticas de voltaje lo que nos indica la presencia de Flicker, con valores sobre la unidad permitido.

En lo que respecta al nivel de voltaje se puede decir en general que se cumple con los límites establecidos por el CONELEC en la regulación 004/01. Empero se debe continuar el monitoreo para determinar mediante evaluaciones periódicas, el cumplimiento o no de la regulación, y más aún disminuir los periodos de medición de 10 minutos que recomienda la norma a segundos para determinar las variaciones de voltaje de corta duración.

Funcionamiento de las Calderas 4 y 5

Las calderas de vapor son equipos que son uno de los puntos de consumo más elevados de un establecimiento industrial. Es muy importante iniciar una estrategia de ahorro energético en las calderas de vapor ya que dan cuenta de ingentes cantidades de combustible, y con medidas sencillas podemos ahorrar dinero y aportar al medio ambiente, dejando de enviar a la atmosfera gases destructivos.

En este paso dedicado a la eficiencia energética de las calderas, se aborda la descripción del sistema para disminuir el consumo energético. Se cree que la mejora de la eficiencia energética de las calderas de vapor es una actividad imprescindible que debe realizarse, y queda sobre todo justificada por el rápido retorno de la inversión.

Es así que según los datos obtenidos desde la SCA (Svenska Cellulosa Aktiebolaget, es una compañía sueca de bienes de consumo de pulpa y papel manufacturado con sede en Estocolmo), el valor óptimo de los quemadores es de 750 kWh/ton (Figura N° 4.16), siendo nuestro índice promedio de 900 KWh/ton, según datos tomados de los últimos meses (Cuadro N° 4.18).

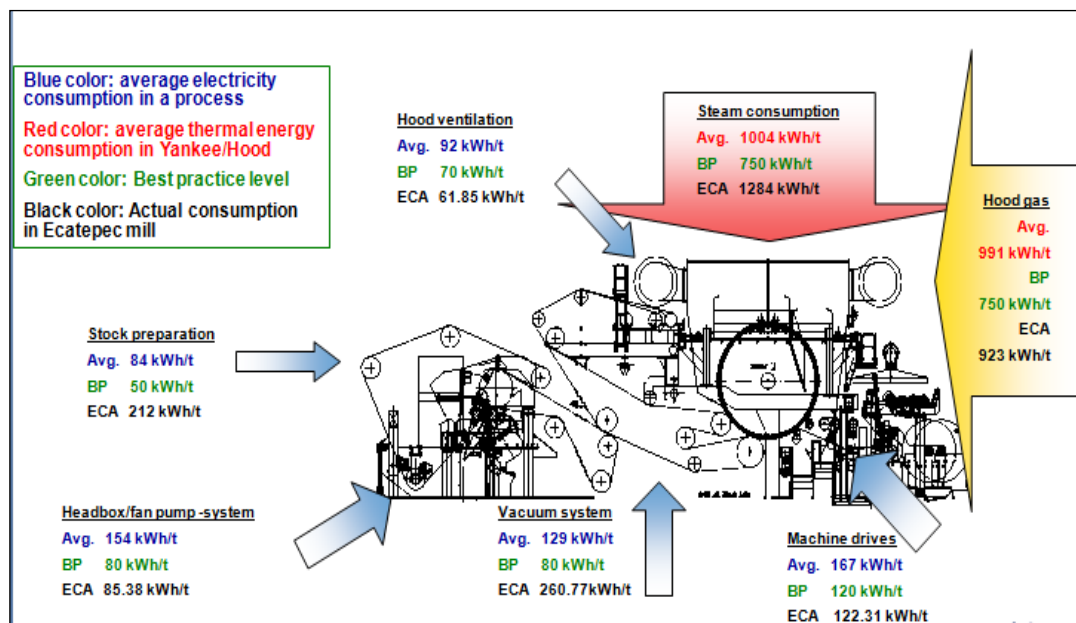


Figura N° 4.16 Datos referenciales de consumo energético
Fuente: SCA

Cuadro Nº 4.18 Consumo diesel en kW/ton año 2012

Año	Electricidad	Bunker	Diesel	Térmica Bunker- Diesel	Total	Índice
2012						
Mes	kW/tonelada	kW/tonelada	kW/tonelada	kW/tonelada	kW/tonelada	MW/tonelada
Enero	1462,75	2404,66	884,62	3289,28	4752,03	4,75
Febrero	1506,61	2374,28	960,94	3335,22	4841,83	4,84
Marzo	1557,32	2404,06	930,89	3334,95	4892,27	4,89
Abril	1519,92	2340,36	857,75	3198,11	4718,03	4,72
Mayo	1570,06	2504,37	959,71	3464,08	5034,14	5,03
Junio	1534,2	2471,44	871,28	3342,72	4876,92	4,88
Julio	1587,01	2538,66	937,15	3475,81	5062,82	5,06
Promedio	1533,98	2433,98	914,62	3348,60	4882,58	4,88

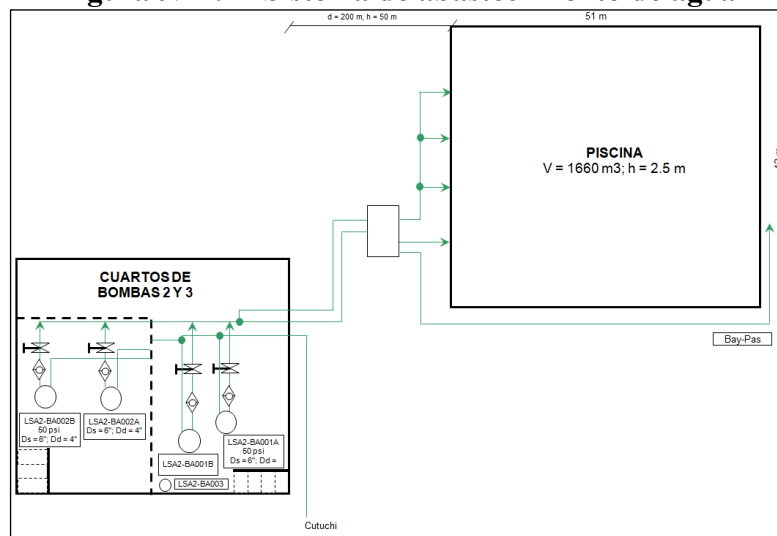
Fuente: Ing. Xavier Tacan, julio 2012

Para poder tener el índice MW/ton papel producido, todos los valores deben ser llevados a kW, por tal motivo el procedimiento del cálculo que se realiza para pasar de galones a kW se encuentra en el Anexo 2.

Abastecimiento de agua de la piscina de la planta

La planta para su proceso productivo requiere de agua, por tal razón esta es recogida del Rio Cutuchi y vertientes de sus alrededores (figura Nº 4.17), esta agua se almacena en una piscina con una capacidad de 1660 m3.

Figura Nº 4.17 Sistema de abastecimiento de agua



Fuente Manufactura Molinos

Esta agua de la piscina es tratada convencionalmente, reduciendo el color y la turbiedad del agua; luego de estas operaciones se utiliza para todas las etapas de producción, limpieza de la planta y en los baños e inodoros del personal de planta.

En el proceso se utiliza dos tipos de agua:

- Agua fresca, a la cual se le añade químicos necesarios para el proceso.
- Agua clarificada, es el agua reciclada del proceso y reutilizada por contener los químicos necesarios y esto optimiza su uso.

Por lo utilización del agua clarificada en el proceso, el consumo de agua fresca ha bajado considerablemente, teniendo motores demasiado grandes para abastecer a las máquinas, teniendo que para que el agua no este desperdiciándose, la válvula de salida de la bomba este estrangulada casi al tope y el motor este trabajando a plena carga innecesariamente.

Siendo las 9H50 del 9 de agosto, Se mide corrientes de la bomba *LSA2-BA006*, que tiene las siguientes características nominales: 75 kW, 94 A, 3540 RPM. Con estos datos en Tabla N° 4.20 realizamos una simulación de funcionamiento, que nos indica la energía consumida y el costo causado de la bomba si funcionara todo el año, las 24 horas del día:

Para los cálculos utilizamos la siguiente fórmula:

$$kW = ((I \times E \times F.P \times 1.73) / 1000)$$

Tabla N° 4.20 Resumen de Energía Consumida y costo causado

Motor	Corriente (A)	Potencia w	Energía	Energía	Energía	Energía	Energía MW año
	Medida	Medida	kWh	kW día	kW mes	kW año	
LSA2_BA006	80	57851.20	57.85	1388.43	41652.86	499834.37	499.83
			Dólares Hora	Dólares Día	Dólares Mes	Dólares Año	
			3.47	83.31	2499.17	29990.06	

Por lo expuesto, se observa que las cosas no se analizan ni se coordina para utilizar correctamente este recurso, de tal forma que se optimice el suministro de agua cambiando con otra bomba más pequeña o buscar otro método que no genere un desperdicio de energía.

Proceso de Pulpeado

El proceso de pulpeado de materiales reciclados se da en los Pulpers de alta consistencia, la energía de la tracción dada por el rotor es considerablemente reducida, la principal acción mecánica de desfibración es dada por las fuerzas de fricción entre las fibras. Estas son mucho menos altas que las fuerzas de atracción pero son mucho más numerosas. El resultado es un bajo consumo de energía y una baja fragmentación de los contaminantes.

El principal objetivo del pulpeado es obtener una buena desfibración y una eficiente separación de las partículas de tinta, sin destruir los contaminantes para que ellos puedan ser eliminados por SCREENING o CLEANING.

Entre las variables involucradas en el proceso de pulpeado se destacan las siguientes:

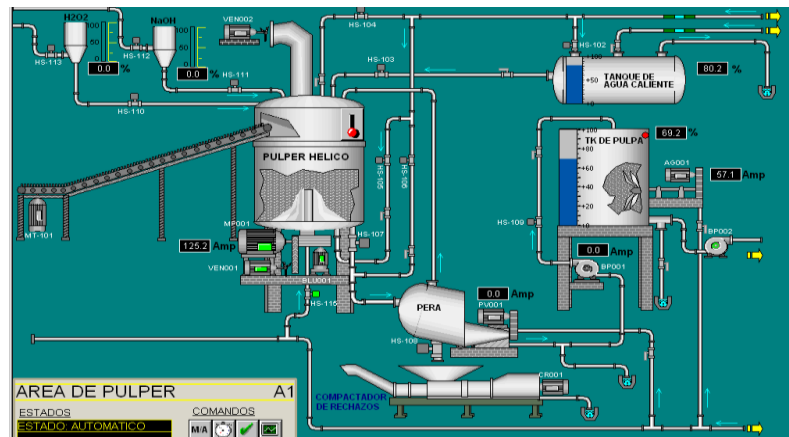
- Tiempo de pulpeado
- Consistencia de la pasta
- Concentración de reactivos
- pH y temperatura.

La formulación química dentro del pulper depende del sistema de destintado empleado, pudiendo ser proceso básico o neutro. En el primero se adiciona químicos como: sosa caustica, peróxido de hidrógeno, estabilizador de peróxido; en tanto que en el proceso neutro se utilizan enzimas.

El proceso de preparación de pasta PPP5, se realiza en un pulper (hélico de alta consistencia) figura № 4.18, este proceso tiene un alto consumo de energía, por la calidad de materia prima que cada vez va decayendo y hace más difícil la

separación de contaminantes, luego de la puesta en marcha del proceso de dispersión en caliente y gracias a las bondades de este proceso en cuanto a la disminución de puntos (PPM) y al blanqueo oxidativo para mejorar las blancuras, es probable reducir los tiempos de pulpeo y hacer más eficiente este proceso incrementando la consistencia.

Figura Nº 4.18 Área PULPING PPP5



En la tabla Nº 4.21 tenemos las variables de funcionamiento del pulper, en las que se puede analizar los posibles cambios, que ayuden al ahorro energético que se está buscando.

Tabla Nº 4.21 variables de funcionamiento del pulper PP5

OPERACIÓN	Valor
VOLUMEN DE PULPER 15 m3	15
POTENCIA INSTALADA kW	230
TIEMPO DE ALIMENTACIÓN DEL PULPER (MIN)	5
TIEMPO DE PULPEADO (MIN)	25
TIEMPO DESCARGA (MIN)	6
TIEMPO TOTAL CICLO (MIN)	36
CONSISTENCIA	15
CARGA PULPER BDT	2,25
CICLO DE TIEMPO (MIN)	36
CICLO EN CICLO/H	1,667

Fuente: Manufactura Molinos

Reducción consumo energía en el área de FLOTATION PPP5

En esta área se realizan principalmente dos tareas: Remover las tintas y remover las gomas y otras partículas hidrofóbicas, procurando minimizar la pérdida de fibras, minimizar la pérdida de energía específica, que sea fácil de operar y de fácil mantenimiento optimizando las herramientas.

El área de flotación existe cinco inyectoros (bombas) que alimentan a la celda MAC, los mismos que a su salida tienen válvulas manuales (figura 4.19), actualmente están estranguladas del 40% al 50%, por lo que se propone realizar pruebas colocándoles drives a los motores para que las válvulas actúen al 100% y se reduzca el consumo de energía.



Figura N° 4.19 Válvula inyector PPP5

Fuente: Manufactura Molinos

Fases de la flotación

Para conocer y tener un mejor criterio al optimizar el proceso de Flotación, es necesario conocer el funcionamiento del área, esta información está en el anexo

4n