



FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA

**“EVALUACIÓN TÉCNICA Y ECONÓMICA PARA INCREMENTAR LA
COGENERACIÓN DE ENERGÍA DE LA EMPRESA INDUSTRIAL PUCALÁ SAC,
2016”**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

AUTOR:

NELSON WILMER VILCHEZ GUTTY

ASESOR:

MSc. Ing. JAMES SKINNER CELADA PADILLA

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Energía

PIMENTEL, PERÚ

2016

PÁGINA DEL JURADO

ING. ANIBAL SALAZAR MENDOZA

PRESIDENTE

ING. LUIS CHAPOÑAN RIMACHI

SECRETARIO

ING. JAMES CELADA PADILLA

VOCAL

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mi padre que desde el cielo me guía en el camino correcto y a toda mi familia quienes me dieron su cariño y me apoyaron para lograr mis metas profesionales.

Vílchez Guty Nelson Wilmer

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradecer a Dios, a la Virgen por guiarme, darme salud y permitirme haber llegado a este momento especial en mi vida y cumplir mis sueños.

Al grupo de profesionales responsables, que nos llevaron a cumplir con satisfacción nuestro proyecto: Dra. Mercedes Severino Ordoñez, Dr. Ricardo Rodríguez Paredes, MSc. Edwin Sirlopu Gálvez y a mi asesor MSc. James Celada Padilla por su apoyo y asesoramiento.

A todos los Docentes, a la Universidad Cesar Vallejo de Chiclayo (UCV), donde obtuvimos conocimientos y valores necesarios para lograr con nuestras metas.

A la empresa Industrial Pucalá SAC, por el aporte laboral recibido.

Vílchez Gutty Nelson Wilmer

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo VILCHEZ GUTTY NELSON WILMER identificado con DNI N° 16801979, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la **Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica**, declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y auténtica. Asimismo, declaro también bajo juramento que todos los datos e información que se presenta en la presente tesis son auténticos y veraces.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la **Universidad César Vallejo**.

Chiclayo, Julio del 2016

.....
VILCHEZ GUTTY NELSON WILMER

DNI: 16801979

PRESENTACIÓN

Señores miembros del Jurado:

En cumplimiento del Reglamento de **Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo** presento ante ustedes la tesis titulada **“Evaluación Técnica y Económica para incrementar la cogeneración de energía de la empresa Industrial Pucalá SAC, 2016”**.

La misma que someto a vuestra consideración y espero que cumpla con los requisitos de aprobación para obtener el Título Profesional de Ingeniero Mecánico Electricista.

El autor

VILCHEZ GUTTY NELSON WILMER

RESUMEN

La presente investigación titulada **“Evaluación Técnica y Económica para incrementar la cogeneración de energía de la Empresa Industrial Pucalá SAC, 2016**, tiene por objetivo el de realizar una propuesta de mejoras con el fin de analizar técnica y económicamente, la posibilidad de venta de energía al sistema interconectado nacional, a partir de la energía que se genera en la central eléctrica de la Empresa Agroindustrial Pucalá, después de haber cubierto en su totalidad la demanda de energía para los procesos de la fabricación del azúcar..

Para ello, la propuesta, consiste en disminuir los consumos de vapor para usarlo en gran parte en la generación eléctrica, siendo ésta el tipo de energía más fácil de manipular, distribuir y controlarla, para el accionamiento de los mecanismos de los procesos de la caña de azúcar. Específicamente La propuesta se sustenta en el cambio de 06 turbinas de vapor de los molinos del sector trapiches por 06 motores trifásicos y regulación electrónica con variador de velocidad, con ello se lograría incrementar la cogeneración de energía y tener un excedente de potencia eléctrica de 10 MW. Esto representa ingresos económicos para la empresa ya que se venderán los excedentes al SEIN

La utilización de variadores de velocidad para el control de los motores eléctricos representa también una ventaja desde el punto de vista funcional de operación llevando un registro de la velocidad y torque en el eje de cada molino en el sector trapiches.

Se determina que, para implementar la propuesta del cambio de turbinas de vapor por motores trifásicos de alta eficiencia en los molinos, se requiere una inversión de S/ 720 000,00. La propuesta se justifica plenamente en un periodo de 04 años, obteniendo un VPN de S/. 40 573,36 y una TIR del 27%.

PALABRAS CLAVES

Cogeneración de energía, evaluación técnica económica, Molinos de caña de azúcar.

ABSTRACT

The present research entitled "Technical and Economic Assessment to increase the cogeneration of energy of the Industrial Company Pucalá SAC, 2016, aims to make a proposal of improvements in order to analyze technically and economically, the possibility of selling energy to the A national interconnected system, based on the energy generated at the Pucalá Agro industrial Power Plant, after having fully covered the energy demand for the sugar manufacturing processes

To do this, the proposal consists in reducing the consumption of steam to be used in large part in the electric generation, being this the easiest type of energy to manipulate, distribute and control it, for the activation of the mechanisms of the processes of the cane of sugar. Specifically, the proposal is based on the change of 06 steam turbines of the mills of the sector mills by 06 three-phase motors and electronic regulation with variador of speed, this would be possible to increase the cogeneration of energy and to have a surplus of electrical power of 10 MW. This represents economic income for the company since the surplus will be sold to SEIN

The use of variable speed drives for the control of the electric motors also represents an advantage from the functional point of view of operation, keeping a record of the speed and torque in the axis of each mill in the sector mills.

It is determined that an investment of S / 720,000.00 is required to implement the proposal of the change of steam turbines by three-phase motors of high efficiency in the mills. The proposal is fully justified in a period of 04 years, obtaining a VPN of S /. 40 573.36 and a TIR of 27%.

KEYWORDS

Cogeneration of energy, economic and technical evaluation, Sugar cane mills

ÍNDICE

PÁGINA DEL JURADO.....	II
DEDICATORIA.....	III
AGRADECIMIENTO.....	IV
PRESENTACIÓN.....	VI
RESUMEN.....	VII
ABSTRACT.....	VIII
ÍNDICE.....	IX
ÍNDICE DE TABLAS.....	XII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XIII
I. INTRODUCCIÓN.....	14
1.1. Realidad Problemática.....	14
1.1.1. Realidad problemática internacional.....	14
1.2. Trabajos previos.....	17
1.3. Teorías relacionadas al tema.....	19
1.3.1. Turbina de vapor.....	19
1.3.2. Cogeneración.....	20
1.3.3. Motor eléctrico trifásico de alta eficiencia.....	29
1.3.4. Regulación electrónica del funcionamiento del motor de inducción trifásico con el variador de velocidad.....	31
1.3.5. Preparación y molienda de caña de azúcar.....	33
1.3.6. Evaluación técnica y económica.....	37
1.4. Formulación del problema.....	38
1.5. Justificación del estudio.....	38
1.6. Hipótesis.....	39
1.7. Objetivos.....	39

1.7.1. General.....	39
1.7.2. Objetivos Específicos.	39
II. MÉTODO	40
2.1. Diseño de investigación.....	40
2.2. Variables, operacionalización	40
2.2.1. Identificación de Variables:.....	40
2.2.2. Operacionalización de las variables.	41
2.3. Población y muestra.....	42
2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad	42
2.4.1. Técnicas de Recolección de Datos:	42
2.4.2. Instrumentos de Recolección de Datos:	43
2.4.3. Validez y Confiabilidad.....	43
2.5. Métodos de análisis de datos.....	43
2.6. Aspectos éticos.....	44
III. RESULTADOS	45
3.1. Diagnóstico del sistema de cogeneración en industrial Pucalá	45
3.1.1. Sector Trapiches.....	45
3.1.2 Eficiencia y ahorro de energía	47
3.2. Identificación de las mejoras en los factores influyentes de la cogeneración de energía en la empresa Industrial Pucalá SAC	51
3.2.1. Mejoras en la continuidad de trabajo y aumento de producción en la molienda.....	51
3.2.2. Control total del torque y la velocidad	51
3.2.3. Mejoras en el ambiente de trabajo	52

3.2.4. Registro preciso de las variables de proceso en el grupo de molinos	52
3.3. Evaluación técnica y económica del sistema de cogeneración de energía en la empresa Industrial Pucalá SAC.	53
IV. DISCUSION.....	64
V. CONCLUSIONES.....	65
VI. RECOMENDACIONES	67
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	69

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. <i>Potencial tecnológico y efectivo de la cogeneración en los sistemas económicos.....</i>	15
Tabla 2. <i>Especificaciones del bagazo.....</i>	26
Tabla 3. <i>Eficiencias de los motores eléctricos de inducción.....</i>	30
Tabla 4. <i>Producción de vapor en el caldero principal.....</i>	36
Tabla 5. <i>Comparación de las características de los accionamientos.....</i>	49
Tabla 6. <i>Costo de mano de obra por operación de la caldera.....</i>	58

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Turbina de vapor.....	19
Figura 2: Sistema de cogeneración con turbina de gas.....	21
Figura 3: Sistema de turbina de vapor.....	22
Figura 4: Sistema de cogeneración con turbina de vapor.....	22
Figura 5: Sistema de cogeneración con ciclo combinado.....	23
Figura 6: Partes de un motor eléctrico trifásico de inducción.....	29
Figura 7: Esquema de un convertidor de frecuencias (variado de velocidad)	31
Figura 8: Oportunidad de ahorro de energía en los sistemas de accionamiento.....	32
Figura 9: Presentación del variador de velocidad Danfoss.....	32
Figura 10: Esquema típico de conductores de caña en el Ingenio azucarero.....	33
Figura 11: Molino típico de 04 masas.....	34
Figura 12: Partes básicas de una caldera.....	36
Figura 13: Sector de trapiches.....	45
Figura 14: Principales componentes del grupo de molinos.....	46
Figura 15: Flujo de vapor actual.....	48
Figura 16: Flujo de vapor propuesto.....	49
Figura 17: Flujo de vapor a 600 PSI.....	54

I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad Problemática

1.1.1. Realidad problemática internacional.

Internacional:

“La política energética a nivel europeo, tiene como objetivos prioritarios garantizar la seguridad y calidad del suministro eléctrico, reducir la dependencia energética exterior, el aumento de la competitividad y el respeto al medio ambiente” (PER, 2011).

“En el Mundo se ha generado políticas de ahorro y eficiencia energética, y éstos se configuran como un instrumento de progreso de la Sociedad, así pues, contribuyen al bienestar social, representan un elemento de responsabilidad social” (PER, 2011).

“En Europa, se fomenta la cogeneración, pero de alta eficiencia, y se sustenta en función de la demanda de calor útil, siendo una prioridad para los países desarrollados, debido a que son muy grandes los beneficios de la cogeneración” (García, 2012, p.43).

Nacional:

La generación distribuida, es una alternativa, que se plantea actualmente, y los proyectos de cogeneración constituyen una forma de incrementar la oferta de energía eléctrica en el Perú, debido a que existen diversas plantas industriales que generan su propia energía para sus procesos, y con un incentivo adecuado, con leyes claras y precisas por parte del estado, en donde el precio del gas natural para este sector debe tener un precio competitivo, es posible la venta de energía al sistema interconectado nacional, que en el año 2016, ha superado los 12000 MW de Potencia Instalada. En estudios realizados hacia el año 2014, se determinó que la

potencia técnica está alrededor de los 500 MW, pero económicamente viable en unos 200 MW (TECH4CDM, 2014).

La diferencia entre el potencial técnico, y el potencial económicamente viable, pasa por el tema de los costos de operación para la generación eléctrica, siendo éstos los costos del gas natural y los del bagazo de la caña de azúcar. Si bien es cierto el bagazo tiene un costo bajo, el tratamiento para su uso como combustible en las calderas requiere tratamientos previos, y pasa por un tema de secado, por lo cual incrementa notoriamente los costos para generación eléctrica.

Tabla 1

ENERGÍA

SECTOR	POTENCIAL TECNOLÓGICO			POTENCIAL EFECTIVO		
	MW	%	INVERSIÓN REQUERIDA Mio US\$	MW	%	INVERSIÓN REQUERIDA Mio US\$
Industrial	302.8	70.8	318.5	126.4	64.3	138.5
Refinero	65.4	15.3	96.0	50.9	25.9	60.5
Minero-Metalúrgico	39.2	9.2	25.6	15.6	7.9	10.2
Servicios	20.2	4.7	15.0	3.8	1.9	3.4
TOTAL	427.6	100.0	455.1	196.7	100.0	212.6

Potenciales Ahorros por efectos de cogeneración en el Perú

En la tabla N° 1 se muestran los potenciales ahorros de energía eléctrica, si se opta por la cogeneración, en diferentes sectores, siendo el industrial en donde se presenta el 70, 8%, con 302, 8 MW, de potencia técnico y 138,5 MW de potencial efectivo, con sus correspondientes inversiones, así mismo existe otros sectores como empresas dedicadas al refinamiento de materia prima, empresa minera y las empresas que ofrecen servicios.

Porcentajes correspondientes a los sectores económicos. (TECH4CDM, 2014, p.19)

Actualmente, no existen o no se evidencia redes de comercialización, para esto, y se evidencia que solo en el Perú, se ha desarrollado un proyecto de cogeneración con el reglamento establecido. Ésta realidad hace suponer que los clientes potenciales establecerán, más adelante contacto directo con posibles suministradores internacionales, con la finalidad de solicitar cotizaciones a nivel de proyecto culminado. En algunos casos, algunas firmas de ingeniería locales podrían actuar de soporte para asesora a las empresas con potencial de cogeneración, en los sectores industriales y mineros del Perú. (TECH4CDM, 2014)

El Perú, comparado con países de la región, muestra avances pocos significativos en la cogeneración, debido a que la demanda de los servicios que se ofrecen internamente en las plantas industriales y servicios mineros, no muestran un uso eficiente de la energía en todas sus formas. Así mismo se observa que existe poca información y conocimiento de las bondades y beneficios de éste tipo de generación eléctrica por parte de los especialistas, así como también de los inversionistas. (TECH4CDM, 2014)

Local:

Una de las problemáticas que tiene la empresa Agro-Industrial Pucalá en su generación de energía son las calderas, la cual generan vapor de alta presión y temperatura, principalmente, para los turbogeneradores de la planta eléctrica, las turbinas de vapor de los trapiches y los tanques calentadores de jugo.

Cada caldera, según datos del fabricante, tiene una capacidad de producción de 23,96 Lb/h/HP a 600 PSI y tienen una potencia de 500 HP, Temperatura 640°F, sin embargo, los valores reales de producción están alrededor del 40% en el mejor de los casos. Son diversos los factores adversos en su funcionamiento que hacen que dicho valor sea tan bajo; siendo uno de ellos la falta de mantenimiento preventivo y predictivo, la

remota automatización, la falta de un programa de operatividad, paradas imprevistas, operaciones no correctas, alta humedad del bagazo y otros.

La fábrica de azúcar de Pucalá, actualmente viene atravesando situaciones preocupantes, en el área de generación de vapor, específicamente en el transporte de vapor, en el cual las pérdidas de energía calorífica tienen valores significativos, alrededor del 30%, según lo manifestado por los operadores de las calderas, éstas deficiencias ocurren en las tuberías que transportan vapor de agua de alta y baja presión, desde la salida del vapor de las calderas hasta las turbinas de vapor y desde éstas hasta los dispositivos de transferencia de calor en los procesos de elaboración del azúcar.

En los generadores de energía, la potencia instalada es de 14 000 KW.

Los dos grupos turbogeneradores, actualmente operan con valores de 30% a plena carga, sumado a ello la falta de mantenimiento, antigüedad de las instalaciones electromecánicas, hacen que los costos de la generación de energía no sean competitivos con respecto a la energía del Sistema Interconectado Nacional SEIN.

1.2. Trabajos previos

Sanz (2012, p.16), en su investigación denominada “Análisis y Optimización Energética de una Planta de Cogeneración para la Industria Azucarera”, se plantea como objetivo general de su investigación en realiza un estudio con el fin de optimizar utilizando el método del análisis exegético, para lo cual utiliza diferentes esquemas, con propuestas de recuperación de energía, y con ello se satisface la demanda de energía para los procesos internos de producción, dejando expedito recurso energético para la generación eléctrica, y por ende la venta de energía a la red, para lo cual su propuesta

se basa en que se debe variar los estados termodinámicos a la salida del vapor de la calderas, es decir incrementar los valores de entalpía del vapor, con temperaturas y presiones más elevadas a las existentes, así como optimizar el flujo de vapor de las turbinas que mueven los trapiches y evitar déficit de bagazo.

La relevancia a ésta investigación, debido a que, si se incluye el análisis exergético, utilizando la segunda ley de la termodinámica, es posible que se logre tener excedente de energía eléctrica para venta a la red, sin la necesidad de incrementar el uso de combustibles

Esta investigación es relevante debido a que busca la mayor eficiencia exergética del sistema que garantice la operación de la planta sin necesidad de consumo de combustibles alternos, diferente a los entregados por la molienda de caña.

García (2011, p.1), en su trabajo de investigación denominado “Potencial de cogeneración a partir de los residuos biomásicos de la caña de azúcar en el Perú”, tiene como objeto de estudio, realizar un análisis para la cuantificación del Potencial de Generación de Electricidad, en los complejos agroindustriales, donde utilizan los residuos de la caña de azúcar en Perú, por lo cual también integra a la industria del etanol.

La Investigación muestra resultados en donde: el potencial de energía eléctrica a partir del bagazo está entre los mil y dos mil GWh, al año, en las subastas realizadas, se ofertaron 760 GWh, (cifra que está entre el 31 y 72% de la producción existente).

Míguez (2013, p10), en su tesis doctoral denominada “La eficiencia energética en el uso de la biomasa para la generación de energía eléctrica: optimización energética y Exergética”, cuyo propósito es estudiar y analizar el comportamiento durante un período prolongado, de la operación de la

planta de biomasa que se tiene disponible, ver cuáles son los problemas que se presentan, proponer soluciones y analizar los resultados que se obtengan.

La relevancia de ésta investigación, radica en la ubicación de los lugares en donde el flujo de energía, excede después de realizar en principio por separar el análisis energético y luego el análisis exergético, para en un segundo momento realizar integrando el análisis energético, exergético y económico, y de esa manera tener un certero conocimiento del potencial de energía que finalmente se puede utilizar para la venta a la red.

1.3. Teorías relacionadas al tema

1.3.1. Turbina de vapor

“Las turbinas son dispositivos que generan energía mecánica, a partir de la conversión energética, desde la energía térmica del vapor agua hasta la energía mecánica a gran velocidad” (Rivas y Tobías, 2005).

“Estas máquinas pueden accionar diferentes mecanismos, desde generadores eléctricos, o unidos directamente a equipos mecánicos denominados turbo bomba, turboventiladores, turbocompresores” (Rivas y Tobías, 2005).

Figura 1

Industrial Pucalá



Turbina de vapor

“Se clasifican a la turbina de vapor, de acuerdo a la forma como se degrada la energía térmica en los álabes de la turbina, siendo éstas de alta y de baja presión” (Lacan, 2005).

1.3.2. Cogeneración

“Cogenerar significa tener energía en forma de calor útil para los procesos, como generar energía eléctrica para la venta, a partir de la energía química de los combustibles” (Campos, 2012)

“El concepto de cogeneración es la producción de dos tipos de energía, una para suplir procesos y otra para la venta a la red, a partir de la misma fuente de energía primaria” (Quispe, 2010).

Tipos de sistemas de cogeneración

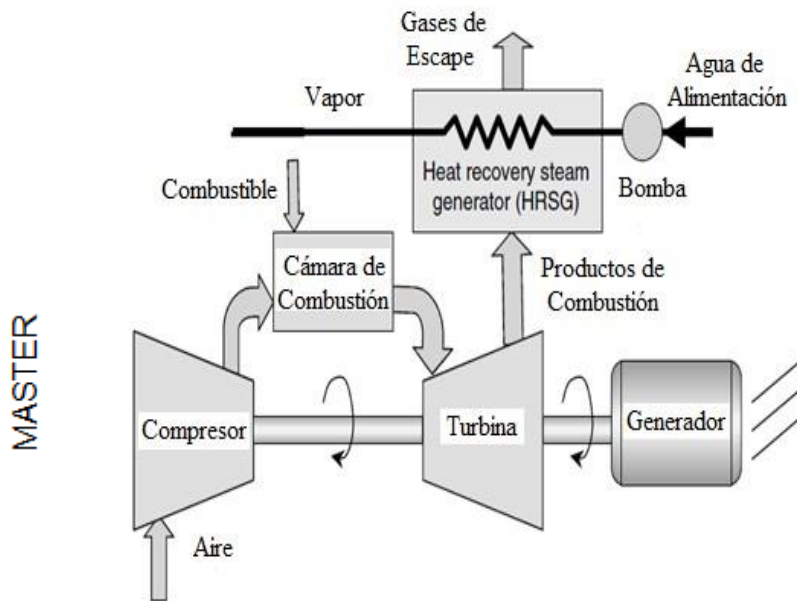
a) Sistema de cogeneración con turbina de gas

Este sistema aprovecha los gases de escape, que salen de la turbina con temperaturas entre los 400 y 600 grados centígrados, y ésta energía se transfiere en un intercambiador de calor.

“En La figura 2, se esquematiza la transferencia de calor, donde este mecanismo se le denomina generador de vapor por recuperación de calor (HRSG)” (Masters, 2011, p.132).

“Se impulsa agua hacia el generador de vapor por medio de una bomba, el cual lo extrae desde unos tanques de almacenamiento, previamente tratada para eliminar las impurezas como sales y silicios. (Masters, 2011, p.132)

Figura 2



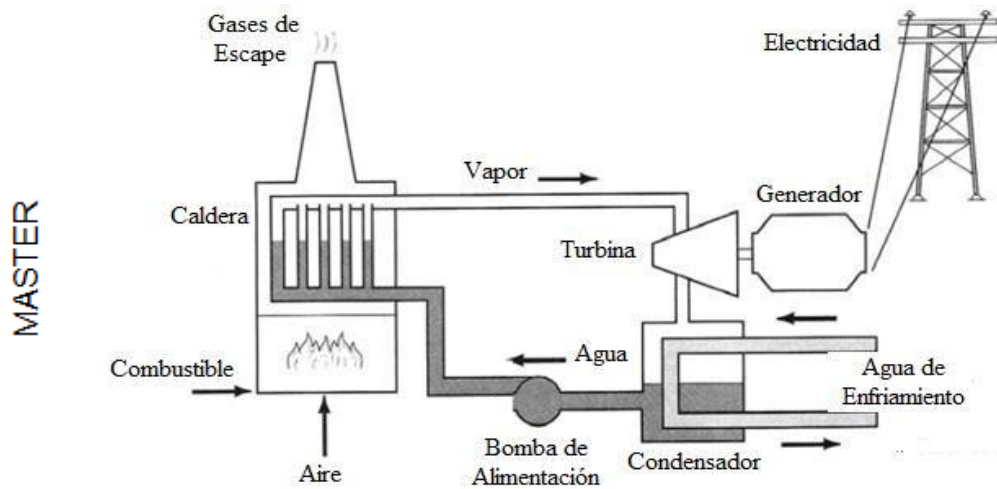
Sistema de cogeneración con turbina de gas

“Este mecanismo, puede trabajar para sistemas de cogeneración desde ciento de kW hasta varios MW, y se aplica como centrales en horas punta, es decir cuando se tiene picos de demanda de energía eléctrica” (Masters, 2011, p.132).

Cogeneración con turbina de vapor

El ciclo termodinámico es el Clausius Rankine, en donde los elementos fundamentales son la bomba, la caldera, la turbina y el condensador, acoplado a la turbina se tiene el generador eléctrico, tal como se muestra en la figura 3.

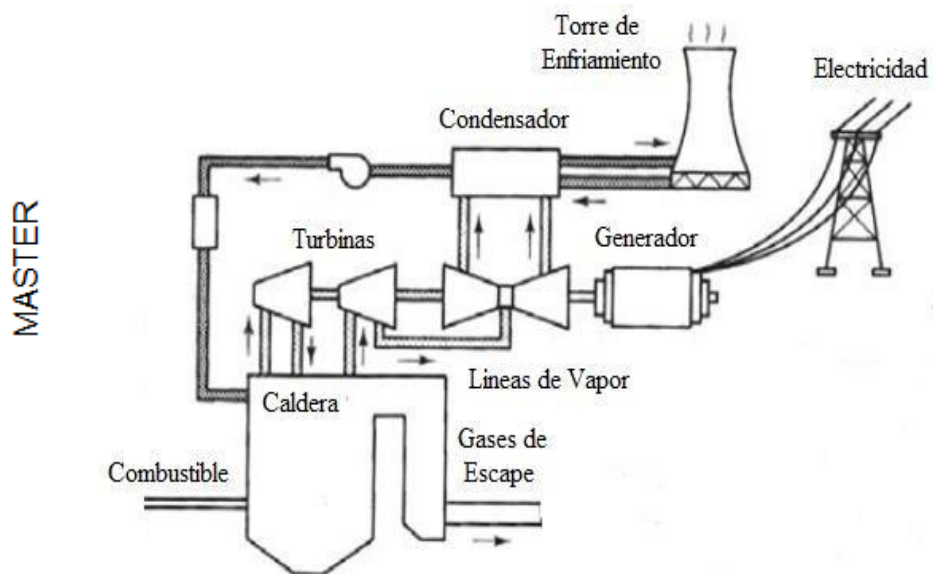
Figura 3



Sistema de turbina de vapor

“La función de la bomba es la de impulsar agua en fase líquida hacia la caldera a una presión, para vencer las pérdidas de presión en las tuberías de la caldera y se cambie de fase a vapor de agua” (Masters, 2011, p.132).

Figura 4

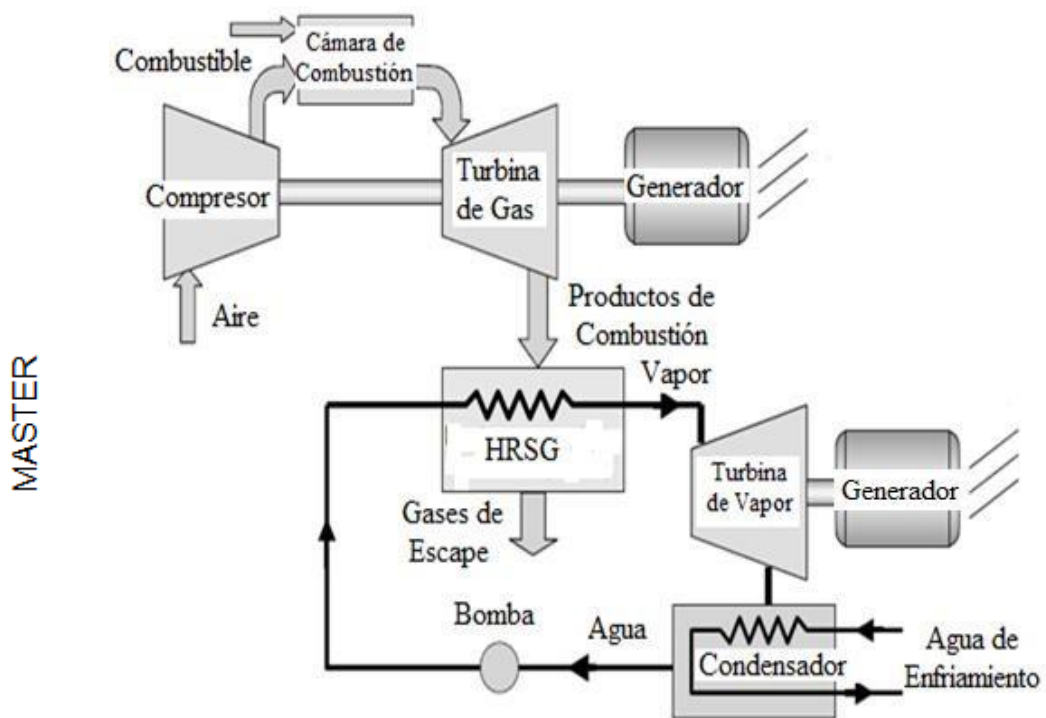


Sistema de cogeneración con turbina de vapor

b) Sistema de cogeneración con ciclo combinado

El ciclo de potencia denominado combinado, son ciclos de generación de energía, los cuales integran dos ciclos termodinámicos, uno es de vapor y el otro el de turbina de gas. La operación del ciclo consiste en que se puede generar energía eléctrica a partir del ciclo Rankine, en donde a partir del vapor de agua que se genera en la caldera, acciona la turbina de vapor, y éstas son la fuente de energía del generador eléctrico. La razón de éste ciclo combinado es que la caldera se abastece de energía calorífica, proveniente de los gases de escape de la turbina de gas de un ciclo termodinámico denominado Joule Bryton, por lo tanto, si se analiza los dos ciclos, la eficiencia se incrementa a valores superiores al 50 o 60%. Finalmente se tiene energía eléctrica tanto en el generador de la turbina de gas, como en el generador de la turbina de vapor, energía eléctrica no solo para abastecer la demanda energética de los procesos, sino también para la posible venta de energía al Sistema Interconectado Nacional (SEIN).

Figura 5



Sistema de cogeneración con ciclo combinado

Ventajas y desventajas de la cogeneración

Todos los sistemas de generación eléctrica, presentan ventajas y ventajas, por lo tanto, en un sistema de cogeneración se puede analizar de la siguiente manera las ventajas:

- Al tener una sola fuente de energía, representa gran ahorro, debido a que la energía calorífica que se emplea en la caldera proviene de los gases de escape de la turbina de gas, y esto trae como consecuencia dos beneficios, uno que es el uso del calor en el proceso de fabricación de azúcar, y el otro beneficio es la generación de energía eléctrica.
- La eficiencia global de un ciclo combinado se incrementa, debido a que la inversión de energía es menor, para lo cual se debe buscar una relación óptima entre la cantidad de calor generado para el proceso, como la energía eléctrica para su despacho.
- La generación eléctrica, por parte de la misma planta industrial, elimina los servicios de transmisión eléctrica, que se tiene cuando se compra energía eléctrica de la red, por lo tanto, inclusive estos costos por transmisión y distribución se eliminan de los costos operativos de la empresa.
- Un aspecto muy ventajoso del uso de los ciclos combinados para cogeneración, es la disminución de la contaminación ambiental, que se reduce en gran medida, y esto se da fundamentalmente en que las emisiones de dióxido de carbono se reducen entre el 40 y 50%. Se analiza en los gases de escape de la turbina de gas, en éste punto los gases presentan una temperatura que oscila entre los 500 y 600 grados centígrados, que parte de éstos gases serán aprovechados por una caldera, para que finalmente los gases de escape de la turbina de gas, sean expulsados al medio ambiente a temperaturas menores a los 400 grados centígrados, por lo tanto, se disminuye la emisión de dióxido de carbono a esa temperatura.

Entre las desventajas se puede mencionar:

- Una desventaja quizás la más importante es los altos costos de inversión de los ciclos combinados para cogenerar, debido a que las instalaciones son más complejas, lo que hace que, en un contexto de inversión, los egresos al inicio sean altos.
- Los mecanismos que se requieren para los sistemas de cogeneración, ocupan un determinado espacio dentro de la planta industrial, lo que se tendrá que dimensionar sistemas de tuberías que transporten ésta cantidad de energía, ocasionando pérdidas sino se toman las medidas del caso.

Motivos para cogenerar en plantas azucareras

Los sistemas de cogeneración tienen diversos campos de aplicación, es decir en casi todo tipo de planta industrial. A pesar de que, en el Perú, se tiene grandes ingenios azucareros, esta alternativa energética no está muy difundida en nuestro país, por lo que será necesario difundir la información necesaria para que nuestras empresas se decidan por la aplicación de sistemas cogenerativos y puedan disfrutar de los beneficios a un corto plazo. (Quispe, 2010)

Adicionalmente a todas las ventajas y aspectos favorables mencionados respecto de cualquier sistema de cogeneración, se podría agregar, luego de analizar el tratamiento de la caña de azúcar, las siguientes razones:

Tabla 2

Características del bagazo			
Deshmukh	Densidad	50-75 kg/m ³	
	Contenido de humedad	48 – 52%	
	Composición en masa en base seca	Carbono (C)	47%
		Oxígeno (O)	43%
		Hidrógeno (H)	6%
Cenizas		4%	

Especificaciones del bagazo

Los restos de la molienda de la caña, que se conoce como bagazo, es un residuo orgánico, con alto poder calorífico, por lo cual la combustión de éste combustible sólido, ocasiona una emisión de energía calorífica. Esta se realiza en los denominados hornos de las calderas, en el cual el bagazo es quemado en suspensión, por tal razón dentro de la caldera se requieren la presencia de flujos de aire, uno de ellos para mantener en suspensión al bagazo, y otro para lograr extraer los restos de la combustión del bagazo hacia el medio ambiente.

Fundamentos Termodinámicos

a) Primera Ley de la Termodinámica, balance de energía

$$\left(\begin{array}{c} \text{Energía total que} \\ \text{entra al sistema} \end{array} \right) - \left(\begin{array}{c} \text{Energía total que} \\ \text{sale del sistema} \end{array} \right) = \left(\begin{array}{c} \text{Cambio en la energía} \\ \text{total del sistema} \end{array} \right)$$

o

$$E_{\text{entrada}} - E_{\text{salida}} = \Delta E_{\text{sistema}}$$

Mecanismos de transferencia de energía, E entrada y E salida

La energía se puede transferir hacia o desde un sistema en tres formas: *calor*, *trabajo* y *flujo másico*. Las interacciones de energía se reconocen en

las fronteras del sistema cuando lo cruzan, y representan la energía que gana o pierde un sistema durante un proceso. Las únicas dos formas de interacción de la energía relacionadas con una masa fija o sistema cerrado son las *transferencias de calor y de trabajo*. (Cengel y Boles, 2012, p.73)

1. Transferencia de calor, Q . La transferencia de calor hacia un sistema (ganancia de calor) incrementa la energía de las moléculas y por lo tanto la del sistema; asimismo, la transferencia de calor desde un sistema (pérdida de calor) la disminuye, ya que la energía transferida como calor viene de la energía de las moléculas del sistema. (Cengel y Boles, 2012, p.73)

2. Transferencia de trabajo, W . Una interacción de energía que no es causada por una diferencia de temperatura entre un sistema y el exterior es trabajo. Un émbolo ascendente, un eje rotatorio y un alambre eléctrico que cruzan la frontera del sistema se relacionan con interacciones de trabajo. La transferencia de trabajo a un sistema (es decir, el trabajo realizado sobre un sistema) incrementa la energía de éste, mientras que la transferencia de trabajo desde un sistema (es decir, el trabajo realizado por el sistema) la disminuye, puesto que la energía transferida como trabajo viene de la energía contenida en el sistema. Los motores de automóviles y las turbinas hidráulicas, de vapor o de gas, producen trabajo mientras que los compresores, las bombas y los mezcladores consumen trabajo. (Cengel y Boles, 2012, p.73)

3 Flujo másico, m .

$$E_{\text{entrada}} - E_{\text{salida}} = (Q_{\text{entrada}} - Q_{\text{salida}}) + (W_{\text{entrada}} - W_{\text{salida}}) + (E_{\text{masa,entrada}} - E_{\text{masa,salida}})$$

$$= \Delta E_{\text{sistema}}$$

Donde los subíndices “entrada” y “salida” denotan cantidades que entran y salen del sistema, respectivamente. Los seis valores del lado derecho de la ecuación representan “cantidades” y, por lo tanto, son medidas positivas. La dirección de cualquier transferencia de energía se describe por los subíndices “entrada” y “salida”. (Cengel y Boles, 2012, p.73)

La transferencia de calor Q es cero para sistemas adiabáticos, la transferencia de trabajo W es cero para sistemas en los que no intervienen interacciones de trabajo, y el transporte de energía con E masa es cero para sistemas sin flujo másico a través de su frontera (es decir, sistemas cerrados).

El balance de energía para un sistema que experimenta cualquier clase de proceso se expresa de manera compacta como:

$$\underbrace{E_{\text{entrada}} - E_{\text{salida}}}_{\text{Transferencia neta de energía mediante calor, trabajo y masa}} = \underbrace{\Delta E_{\text{sistema}}}_{\text{Cambio de energías interna, cinética, potencial, etcétera}} \quad (\text{kJ})$$

Aunque la Primera Ley puede determinar los requerimientos de transferencia de energía en la forma de calor y trabajo útil en un proceso, por cambios específicos de las corrientes, no puede dar información para determinar si la energía es usada de forma eficiente durante el proceso (Morán, 2008).

b) Segunda Ley de la Termodinámica, balance de energía

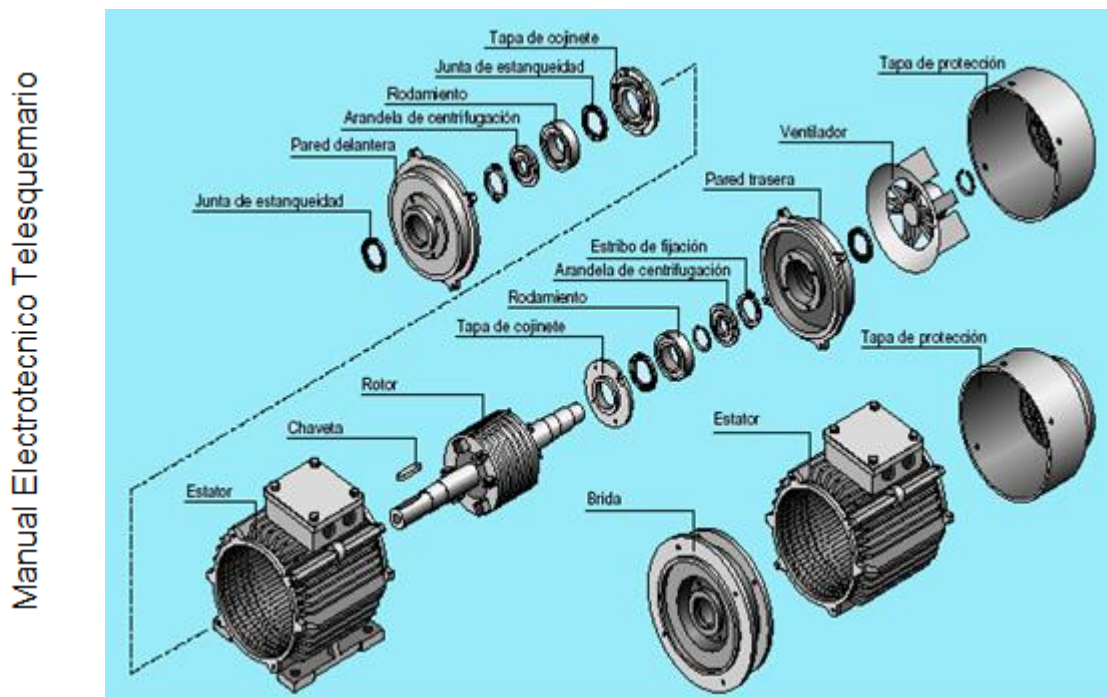
La segunda ley de la termodinámica nos permite saber qué tipo de transformaciones son posibles o imposibles y en qué dirección ocurrirán. Al igual que la Primera Ley, la Segunda Ley de la Termodinámica está basada en la observación de los fenómenos

físicos que ocurren en la naturaleza. Existen varias formas de expresarla y todas son fundamentalmente equivalentes.

1.3.3. Motor eléctrico trifásico de alta eficiencia

Las necesidades actuales obligan al uso eficiente de la energía eléctrica. Entre las diferentes formas del uso racional de la energía existe la posibilidad de la sustitución de motores eléctricos de baja eficiencia o estándar por motores de alta eficiencia.

Figura 6



Motor eléctrico trifásico de inducción

Los factores que hay que tomar en cuenta para que un motor eléctrico sea de alta eficiencia son: (FIDE, 2010)

- Diseño y fabricación del motor.
- Usar acero con mejores propiedades

- Laminaciones más delgadas
- Mayor calibre del conductor
- Mejorar el diseño de las ranuras,
- Mejorar el sistema de aislamiento del motor
- Diseño eficiente del ventilador de enfriamiento
- Aluminio de mejor calidad en el rotor

Tabla 3

KW	4 polos			2 polos		
	eff3 < η_N	eff2 ≥ η_N	eff1 ≥ η_N	eff3 < η_N	eff2 ≥ η_N	eff1 ≥ η_N
1.1	76,2	78,6	83,8	76,2	78,6	82,8
1,5	78,5	80,4	85,0	78,5	80,4	84,1
2,2	81,0	83,0	86,4	81,0	83,0	85,6
3,0	82,6	85,2	87,4	82,6	85,2	86,7
4,0	84,2	86,8	88,3	84,2	86,8	87,6
5,5	85,7	87,6	89,2	85,7	87,6	88,6
7,5	87,0	88,8	90,1	87,0	88,8	89,5
11,0	88,4	89,4	91,0	88,4	89,4	90,5
15,0	89,4	90,2	91,8	89,4	90,2	91,3
18,5	90,0	91,0	92,2	90,0	91,0	91,8
22,0	90,5	91,5	92,6	90,5	91,5	92,2
30,0	90,9	92,0	93,4	90,9	92,0	93,4
37,0	92,0	92,6	93,6	92,0	92,6	93,6
45,0	92,5	92,8	93,9	92,5	92,8	93,7
55,0	93,0	93,6	94,2	93,0	93,6	94,0
75,0	93,6	93,8	94,7	93,6	93,8	94,6
90,0	93,9	94,2	95,0	93,9	94,2	95,0

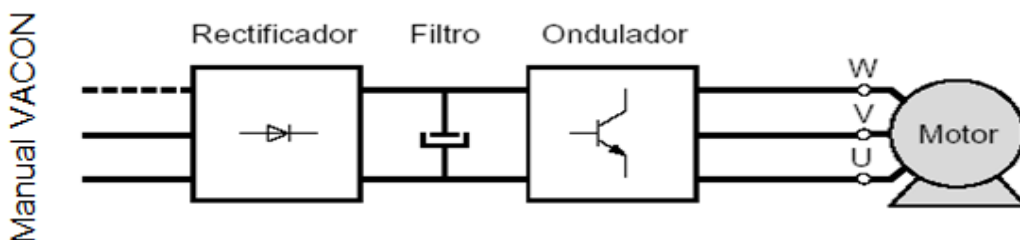
Eficiencia de los motores eléctricos

1.3.4. Regulación electrónica del funcionamiento del motor de inducción trifásico con el variador de velocidad

Es importante que el motor y la máquina accionada operen en su punto óptimo de operación, es decir que el motor consuma la energía necesaria para mover la carga y la velocidad de operación de la carga sea la que corresponda a su eficiencia máxima. El punto óptimo de operación de los motores eléctricos generalmente no ocurre a la velocidad nominal del motor ni a la tensión nominal del motor, más bien este punto se encuentra a una velocidad diferente a la de placa y a una potencia menor a la nominal. (Zelaya, 2015)

La función de un convertidor de frecuencias es cambiar una tensión de entrada de corriente alterna con una magnitud y frecuencia fija, en una tensión simétrica de salida en corriente alterna, con amplitud y frecuencia deseada. Entre estas dos etapas hay una etapa intermedia de rectificación a corriente continua de la entrada, para después ondular a las magnitudes deseadas. El esquema de un convertidor de frecuencias es el siguiente:

Figura 7



. Esquema de un convertidor de frecuencias

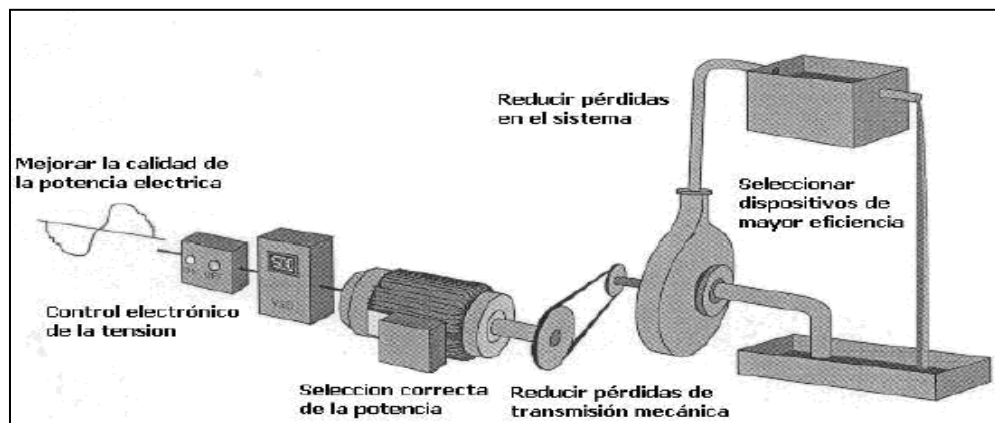
Al variar la frecuencia eléctrica aplicada al estator, la velocidad de rotación del campo magnético cambia en proporción directa al cambio de la frecuencia eléctrica. El control de la velocidad se realiza mediante la

frecuencia de conmutación de los componentes electrónicos (IGBT, transistor, MOSFET o GTO) que forman el ondulator. (Jornet, 2010)

Motor de inducción trifásico y efecto al medio ambiente

La Figura 8 muestra alguna de estas opciones: selección correcta de la potencia del motor, mejorar la calidad de la energía eléctrica, reducir la carga mecánica sobre el motor, usar motores de alta eficiencia, usar reguladores electrónicos de velocidad, aplicar métodos de mantenimiento centrados en la eficiencia y el usar métodos de reparación que mantengan la eficiencia del motor.

Figura 8



Ahorro de energía en los sistemas de accionamiento

Figura 9

Manual Danfoss



Variador de velocidad

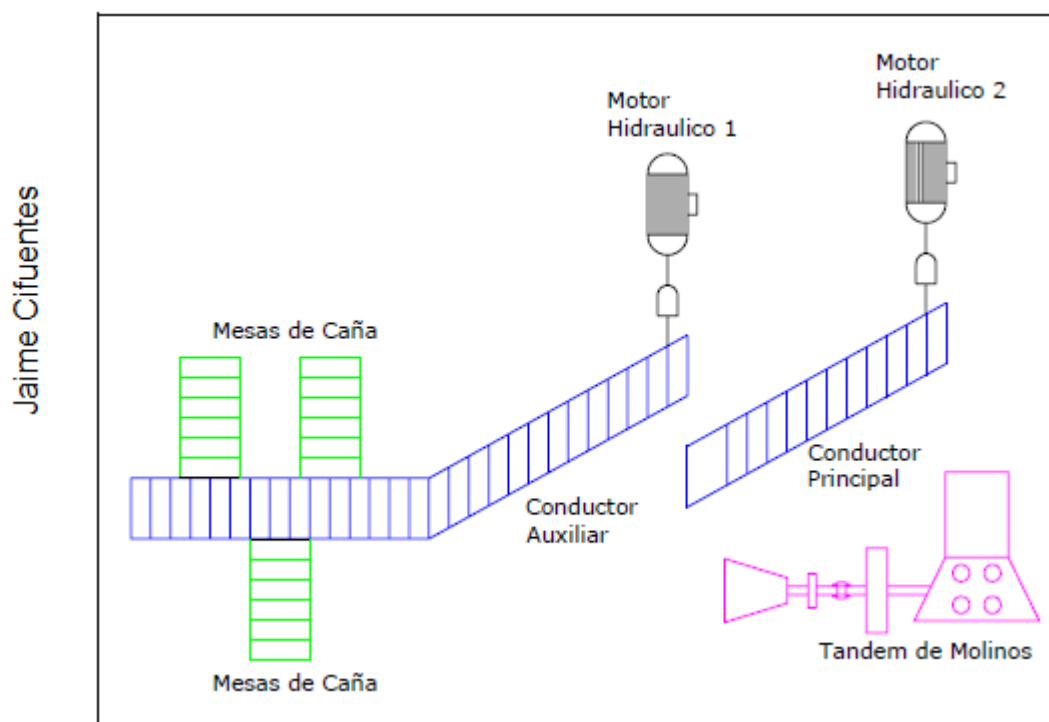
NEMA application guide for AC

1.3.5. Preparación y molienda de caña de azúcar

Conductores de caña

El conductor de caña, es la banda transportadora que lleva la caña desde las mesas alimentadoras hasta el tándem (grupo) de molinos. Por lo general son dos conductores denominados: Principal y Secundario.

Figura 10



Esquema típico de conductores de caña en el ingenio azucarero

Preparación de la caña

La caña de azúcar una vez que llega al ingenio debe ser correctamente preparada antes de ingresar al área de molienda. La caña es depositada en las mesas preparadas para recibir el cargamento directamente de los camiones o cabezales, luego de ser lavada y distribuida uniformemente con el uso de niveladores cae sobre el conductor de caña de aquí es conducida hacia un nivelador el que se encarga de mantener una alimentación constante hacia el área de picadoras en donde la caña es desmenuzada

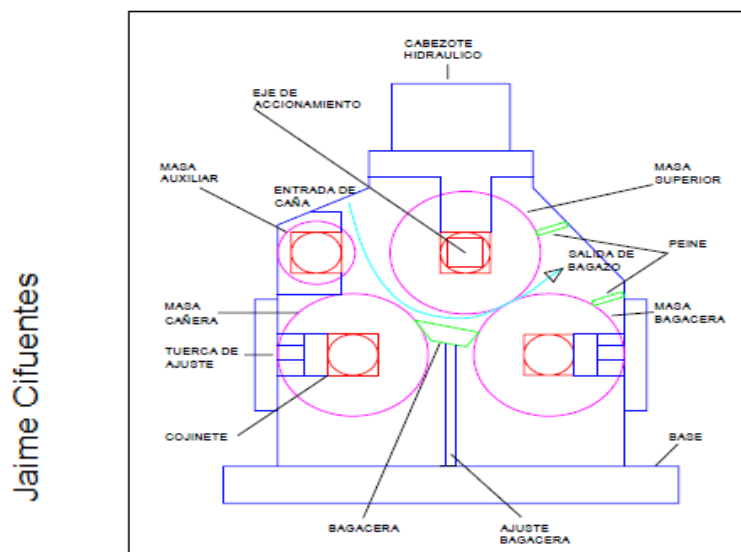
para luego pasar nuevamente por un nivelador antes de ingresar al área de molienda. Todo este proceso tiene por objetivo obtener un colchón lo más uniforme posible listo para ingresar al tándem (grupo) de molinos.

Las masas

El tándem (grupo) de molinos es el área principal de la molienda.

El molino está constituido por cuatro cilindros denominados masas: Superior, Cañera, bagacera y auxiliar, las cuales se encuentran ubicadas de tal forma que permitan extraer el máximo jugo posible de la caña que ingresa al tándem. La figura 11 muestra la configuración de un molino de 4 masas.

Figura 11



Molino típico de 04 masas

Potencia requerida

La determinación de la potencia consumida por un molino es bastante compleja por que integra numerosos factores. Para comenzar, esta potencia se descompone en 6 términos principales y diferentes:

- Potencia consumida por la compresión del bagazo.
- Potencia consumida por fricción entre los muñones y los cojinetes de los cilindros.
- Potencia consumida por la fricción entre el bagazo y la cuchilla central.
- Potencia consumida por la fricción de los raspadores y de la punta de la cuchilla contra las masas a la que se suma el trabajo de desprendimiento del bagazo en estos puntos.
- Potencia consumida por el movimiento que se da a los conductores intermedios.
- Potencia consumida en los engranes.

Para nuestro caso estimaremos el consumo de potencia en base a experiencias de otros ingenios azucareros en donde el promedio del consumo es de 13.4 HP / Ton de fibra y el % fibra es de 14%, con estos valores se puede estimar que para una molienda de 440 TC/H se requiere aproximadamente 823 HP mediante la ecuación:

$$\frac{HP}{TF} = \frac{P(HP)}{(TC / H) * \% F}$$

Producción de vapor

En todo ingenio azucarero es importante la producción de vapor debido a que se lo utiliza en la generación eléctrica y en la producción de azúcar. Por lo que es indispensable el uso de calderas que proporcione un flujo de vapor a presión y temperatura constante.

Tabla 4.

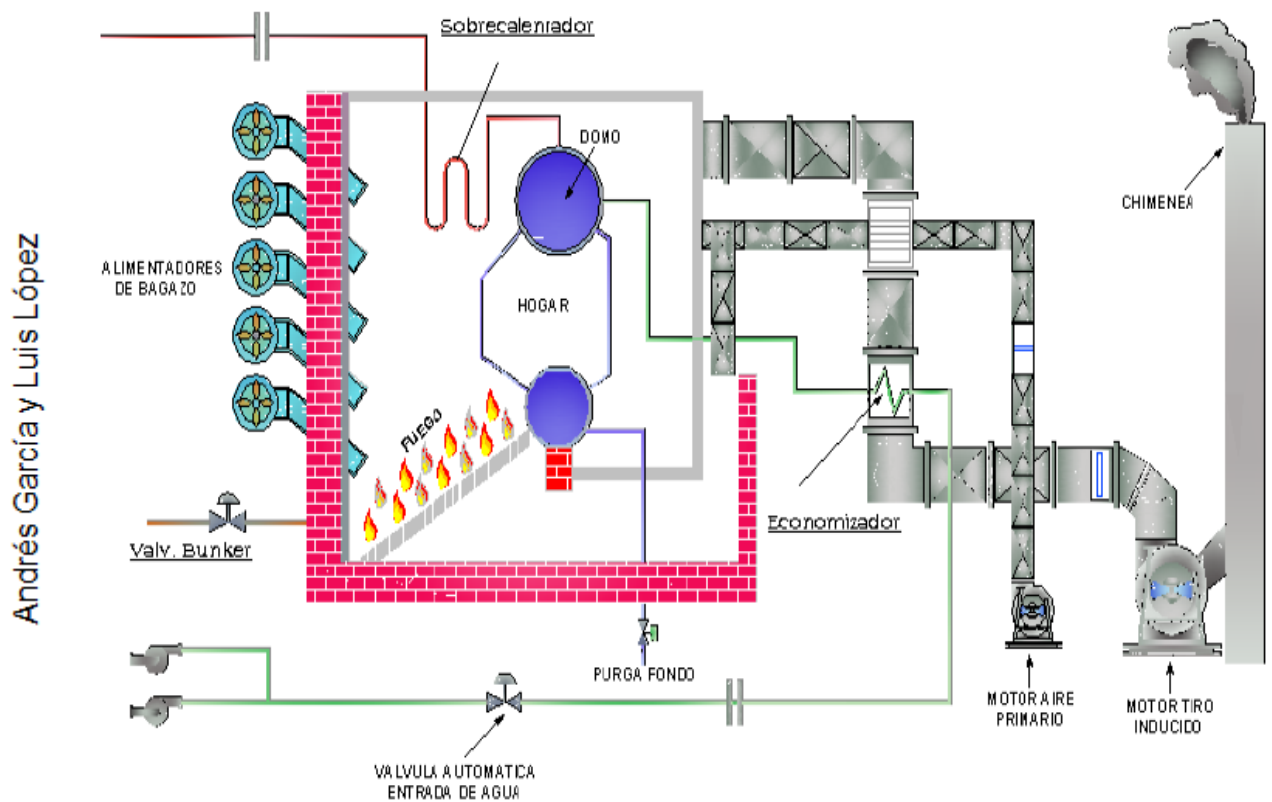
CALDERA	PRESIÓN PSI	TEMP. ° C	TONELADA DE VAPOR/HORA	TIPO DE COMBUSTIBLE
N° 5	300	340	250	Bagazo
N° 5	600	380	350	Bagazo

Producción de vapor en el caldero principal

Calderas a 300 PSI

Este tipo de calderas opera con una presión de 300 PSI, 340 °C y el flujo de vapor que proporcionan depende del diseño y tamaño.

Figura 12



Partes básicas de una caldera

1.3.6. Evaluación técnica y económica

Evaluación

Valerio y Herrera (2011), afirman que evaluar quiere decir dar valor, tomando como base información empírica que se recoge de forma sistemática y rigurosa. Es asignar un valor. El **objetivo** es valorar, los **medios** son los métodos, recoger información y el **fin** es aplicar medidas. Es decir, los pasos son:

- Recopilación selectiva de datos
- Interpretación de esos datos
- Juicio de valor
- Tomar decisión

Evaluación técnica

Comprobar que un producto cumple con los requerimientos establecidos y efectuar las funciones necesarias para dicha verificación.

La evaluación técnica de una investigación tiene por objetivo garantizar el rigor técnico de los productos que serán puestas a consideración en la evaluación, para emitir una aceptación, modificación o cambio del mismo según haya sido calificado en dicho procedimiento. También determina la función de producción óptima para la utilización eficiente de los recursos disponibles para la fabricación de los bienes, modificaciones en el sistema de trabajo o prestación de servicios que se desean. (Carrasco, 2015)

Evaluación económica

La evaluación económica viene a definir la rentabilidad del proyecto y para ello se utilizan fundamentalmente la Tasa Interna de Retorno (TIR) y el Valor Presente Neto (VPN). Ambas técnicas suponen que las ganancias

se reinvierten en su totalidad y que al reinvertirse ganan la misma tasa de descuento a la cual fueron calculadas. (Carrasco, 2015).

1.4. Formulación del problema

¿Cómo incrementar la cogeneración de energía en la Empresa Industrial Pucalá SAC?

1.5. Justificación del estudio

La investigación se justifica plenamente porque contribuye a plantear alternativas de desarrollo energético, como el cambio de las turbinas de vapor (en los trapiches) por motores eléctricos trifásicos asíncronos de inducción de alta eficiencia y control con variador de velocidad, con ello se logra tres aspectos importantes:

1. Mejor sincronización y mejor ajuste de velocidad de los molinos, operación de los molinos con baja velocidad de rotación y par constante, reducción del tiempo de arranque de la turbina, control funcional y reducido costos por mantenimiento en el sistema electromecánico de los molinos.
2. Excedente de vapor para generar mayor cantidad de energía eléctrica. La Potencia proyectada en la planta eléctrica es de 14 000 KW, la potencia instalada actual en la fábrica para la elaboración de azúcar y subproductos es del 4 000 KW aproximadamente; con lo cual se tendría un excedente de energía que se puede vender al Sistema Interconectado Nacional
3. Reducción de los niveles de contaminación, ya que solamente se utiliza el bagazo como combustible solo para el funcionamiento de las calderas y obteniendo vapor para los turbogeneradores en la planta eléctrica y los tanques de calentamiento de jugo.

1.6. Hipótesis

Si se realiza la evaluación técnica y económica se incrementa la cogeneración de energía en la Empresa Industrial Pucalá SAC.

1.7. Objetivos

1.7.1. General.

Realizar la evaluación técnica y económica para incrementar la cogeneración de energía en la empresa Industrial Pucalá SAC.

1.7.2. Objetivos Específicos.

- Diagnosticar el estado de la cogeneración de energía de la empresa Industrial Pucalá SAC.
- Identificar las mejoras en los factores influyentes de la cogeneración de energía en la empresa Industrial Pucalá SAC.
- Realizar la evaluación técnica y económica del sistema de cogeneración de energía en la empresa Industrial Pucalá SAC.

II. MÉTODO

2.1. Diseño de investigación

El tipo de investigación en esta tesis es **aplicada**, porque se emplean las teorías establecidas en el entendimiento de situaciones problemáticas, planteamiento de soluciones en problemas específicos. También es una investigación de **tipo descriptivo** ya que se describirán distintos elementos de la situación del problema.

2.2. Variables, operacionalización

2.2.1. Identificación de Variables:

❖ **Variable Independiente.**

Evaluación Técnica y Económica

❖ **Variable Dependiente.**

Cogeneración de energía

2.2.2. Operacionalización de las variables.

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
<p>Variable independiente: Evaluación Técnica y Económica</p>	<p>Estudio de evaluación de un proyecto productivo, donde se presentan los elementos de juicio que permitan al(os) inversionista(s) y/o responsables, tomar la decisión de invertir o no a corto, mediano o largo plazo (Valerio y Herrera, 2010, p11)</p>	<p>Analizar técnicamente y operativamente la planta de cogeneración identificando la mejor opción. Así también hacer un estudio económico del proyecto mediante indicadores económicos.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Instalación existente • Carga actual • Carga futura • Balance de energía actual • Balance de energía proyectado • Inversión • Ingresos • Egresos • VAN • TIR 	<p>Ordinal</p> <p>Intervalo</p>
<p>Variable dependiente: Cogeneración de energía</p>	<p>Es la generación de calor y electricidad, para lo cual utiliza la misma fuente de energía, y por ende se incrementa la eficiencia termodinámica.</p>	<p>Para medir el aumento de la cogeneración, se determinara el Rendimiento eléctrico efectivo y la relación electricidad y calor útil</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Rendimiento eléctrico efectivo • Relación electricidad y calor útil 	<p>Intervalo</p>

2.3. Población y muestra

Población:

La población objeto de estudio se encuentra conformado por las seis Turbinas de Vapor de los Molinos (Trapiches) de la empresa Industrial Pucalá

Muestra:

Igual que la población

2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad

2.4.1. Técnicas de Recolección de Datos:

Las técnicas e instrumentos de recolección que se utilizan en esta investigación son:

- a. **Observaciones:** Se utiliza esta técnica para poder conocer las máquinas de una manera física, reconociendo la ubicación exacta de los componentes y obtener un listado de criticidad.
- b. **Revisión Documental:** Esta técnica nos ayuda a obtener información relacionada con el tema de la investigación, todo esto gracias a libros, tesis de pregrado, tesis de maestría, publicaciones en el internet, etc.

TECNICA	USO	INSTRUMENTO
Revisión Documental	Se revisan los registros de consumo de energía eléctrica, consumo de vapor y de combustible	Registros de consumo
Observación	Se observa el consumo actual de energía eléctrica, consumo de vapor y de combustible	Ficha técnica

2.4.2. Instrumentos de Recolección de Datos:

- a. Guías de Observación:** Las guías de observación nos permiten cerciorar la realidad del trabajo de las máquinas, esto se comprueba mediante las visitas que se realizan a las turbinas de vapor que proporcionan la energía de movimiento a los trapiches.
- b. Guía de Revisión de Documentos:** Se han revisado las diversas normas técnicas peruanas e internacionales relacionadas con la línea de investigación, así como normas ambientales convenientes para la investigación, referidas a la cogeneración de energía.

2.4.3. Validez y Confiabilidad

Validez: La validación de la investigación se realiza mediante el criterio de jueces por la cual la presente propuesta es revisada por tres especialistas en el tema, para lo que concierne a la interpretación correcta y cuidado exhaustivo del proceso metodológico de los resultados que se obtienen en el estudio.

Confiabilidad: La presente investigación científica emplea instrumentos para la investigación ya validados por autores que han realizado estudios relacionados al tema, por lo consiguiente se está citando a los autores añadiendo el año de publicación y número de página.

2.5. Métodos de análisis de datos

Descriptivo, debido a la magnitud del tema en estudio, se realiza una descripción de la evaluación técnica y económica para incrementar la cogeneración de energía. Se realiza un análisis de la operatividad del sistema convencional y qué medidas se deben tomar para incrementar la cogeneración de energía.

2.6. Aspectos éticos

Esta investigación tiene como factor primordial el respeto por las convicciones políticas, religiosas y morales; respecto por el medio ambiente y la biodiversidad; responsabilidad social, política y ética; respeto a la privacidad y protege la identidad de los individuos que participan en el estudio.

III. RESULTADOS

3.1. Diagnóstico del sistema de cogeneración en industrial Pucalá

3.1.1. Sector Trapiches

En la Fábrica de Procesamiento del azúcar, en el área de molienda de caña, es donde se realizará el diagnóstico de los consumos de energía que se consume. Esta área está constituida por 6 molinos que realizan la molienda de la caña, para lo cual dichos molinos son accionados por turbinas de vapor.

Éstos 6 molinos, que trituran la caña de azúcar, que previamente ha sido tratado con agua caliente, son accionados por turbinas de vapor, éstas son de contrapresión del 500 HP, con una presión de admisión nominal de 600 PSI y una presión de escape de 20 PSI. La velocidad desarrollada está comprendida entre 3000 y 4600 RPM.

Figura 13



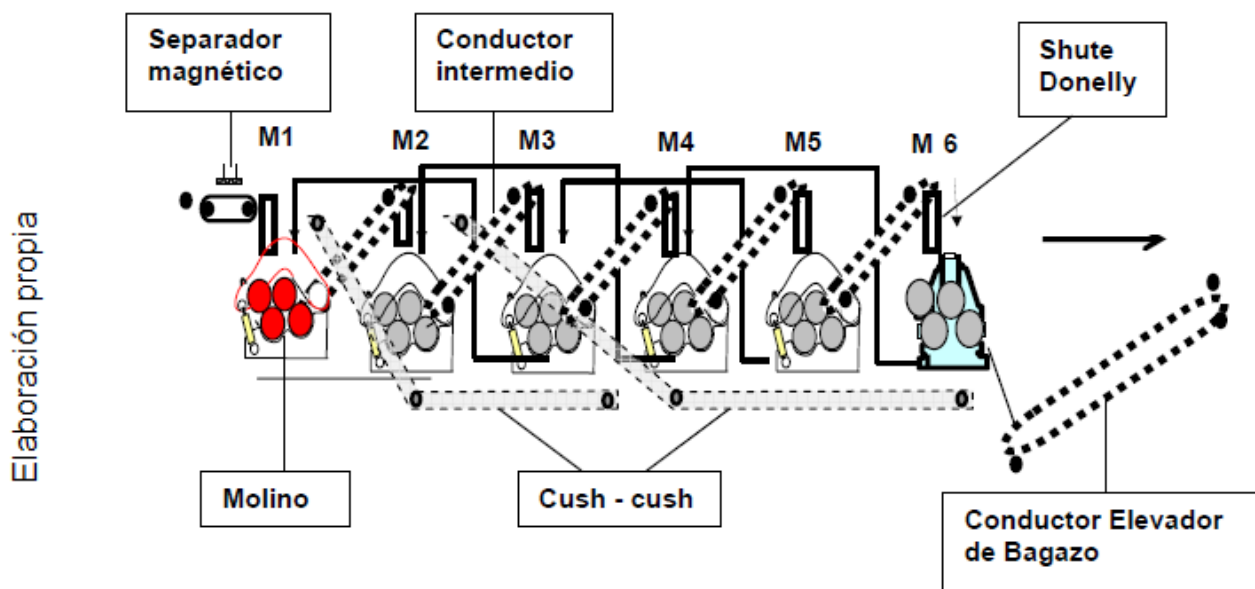
Industrial Pucalá

Sector de trapiches

Las velocidades de giro de las masas de los molinos, oscilan entre 6 a 7 RPM, por lo tanto, posee cada molino 3 reductores de velocidad,

denominadas velocidad baja, media y alta, en el figura 14, se esquematiza la funcionalidad de los molinos de caña de azúcar.

Figura 14



Principales componentes del grupo de molinos

El proceso también incluye la desfibrilación de la caña de azúcar, que se realiza en el denominado molino M1, en donde la caña es triturada, es aquí donde se obtiene el primer jugo. Luego la caña con las características de salida del molino M1, es enviada hacia el molino M2, y lo hace por medio de un conductor intermedio, hasta los demás molinos (M3 a M6), finalmente se tiene el residuo conocido como bagazo.

El bagazo es enviado por medio de unos transportadores hacia un almacén donde se seca de manera natural, y luego servirá de combustible en las calderas de generación de vapor.

Existen otros dispositivos en el proceso de la molienda de la caña de azúcar que facilitan su operación, y éstos son:

El Separador Magnético está constituido por una banda de caucho incorporado a un electroimán, que tienen la finalidad de que los metales que están dentro de carga de la caña de azúcar, sean atrapados, y de esa manera se evita el ingreso hacia el primer molino del proceso de molienda.

El Conductor Intermedio, es un transportador de banda, que se encarga de llevar el bagazo desde un molino del proceso hasta el siguiente molino,

El molino, es un mecanismo que está constituido de 4 masas que son de forma cilíndrica, que entre ellos se ejercen presión para la extracción del jugo de la caña de azúcar.

Cush Cush, es un filtrador y un conductor de tabillas, éste mecanismo tiene la función de extraer el bagazo que aún está presente en el jugo, y lo envía nuevamente hacia el molino.

El conductor elevador de bagazo, es un mecanismo que tiene la función de enviar el bagazo que se extrae desde los molinos hacia las calderas, siempre y cuando tenga la humedad para su correcta combustión en el hogar de la caldera.

3.1.2 Eficiencia y ahorro de energía

Mejor utilización de los equipos existentes

Actualmente, la fábrica de azúcar de Pucalá, cuenta con máquinas que trabajan en condiciones mínimas de operación, especialmente en lo referente a la central eléctrica. La central eléctrica cuenta con 2 turbogeneradores, dichas máquinas trabajan en puntos de operación más bajos que el nominal puesto que para el proceso de elaboración de azúcar es necesaria una potencia menor a la potencia instalada, esto

ocasiona que los turbogeneradores tengan un rendimiento más bajo del nominal.

En el grupo de Molinos se tienen 6 turbinas a vapor a contrapresión de una sola etapa, las cuales tienen un rendimiento alrededor del 67 %, esto significa que el vapor generado por calderas no es utilizado óptimamente para la producción de energía mecánica.

Con el cambio de motores eléctricos trifásicos asíncronos de inducción por las turbinas de vapor de los trapiches, se logra generar mayor cantidad de energía eléctrica usando la misma cantidad de vapor y a la vez haciendo que los turbogeneradores antes mencionados trabajen en sus valores de rendimiento y operación más altos.

Utilización de recursos antes desechados

Con el objetivo de lograr una mayor eficiencia en la generación eléctrica se elevará la presión de operación de la caldera N° 5 de 300 PSI a 600 PSI, para dicho propósito la caldera requerirá de mayor cantidad de bagazo para la combustión aprovechando así el bagazo residual antes mencionado.

Figura 15

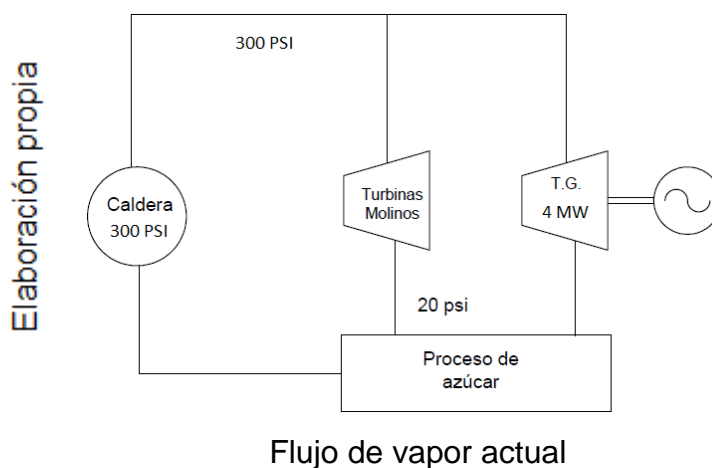
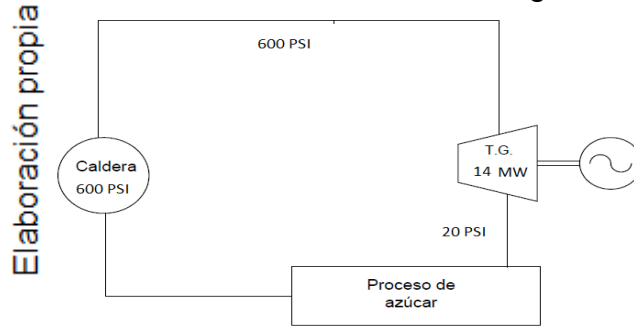


Figura 16



Flujo de vapor propuesto

Cuando el vapor pasa a través de las turbinas, se expansiona y sale con una presión de 20 PSI, la cual es utilizada para todo el proceso del azúcar.

Actualmente, en el ingenio Pucalá, se tiene una disposición de las turbinas de vapor para los molinos y generación eléctrica de 4 MW, trabaja con menos del 50% de su capacidad.

Tabla 5

	Accionamiento eléctrico	Accionamiento térmico
Control de torque y velocidad	rápidas ($\text{par} \leq 5 \text{ ms}$ y $\omega \leq 20 \text{ ms}$)	lentas (orden de segundos)
Eficiencia	Alta ($> 92 \%$)	Baja (40% - 60%)
Rangos de ω	Amplios ($-\omega_{max} < \omega < +\omega_{max}$)	Limitados (rango positivo: $+\omega_{min} < \omega < +\omega_{max}$)
Rangos de m_M del acc.	Amplios ($-m_{Mmax} < m_M < +m_{Mmax}$)	Limitado (Rango positivo: $m_M > 0$)
Velocidad nominal acc.	Baja (900-1200-1800 rpm)	Alta ($\approx 4000 \text{ rpm}$)
Operación en cuadrantes	4 cuadrantes	1 cuadrante
Funciones de trazabilidad y monitoreo	Alta	Baja
Confiabilidad de operación	Alta	Alta
Costos del mantenimiento del control	Baja	Alta (cambio de reguladores mecánicos)
Transformación de energía	Mayores transf. de energía: (Térmica-rotacional-eléctrica-rotacional)	Menores transformaciones de energía: (Térmica-rotacional)

Universidad del Valle

Comparación de las características de los accionamientos

Producción de energía utilizando recursos existentes

El Ingenio Azucarero Pucalá tiene una caldera principal (N° 5) con capacidad para entregar 200 TV/H para el proceso productivo y la generación de energía. Actualmente, un 60% del vapor generado va para las turbinas de los turbogeneradores mientras que el resto va para las turbinas de vapor de los molinos. Con la electrificación de los molinos dicha cantidad de vapor va ser la misma, esto representa una ventaja puesto que no se necesita realizar modificaciones para generar mayor cantidad de vapor en el área de calderas.

Es posible aumentar la cogeneración de energía si se disminuye el consumo de vapor en las turbinas del área de molinos del ingenio. Para reducir dicho consumo de vapor es necesario reemplazar las turbinas actuales por motores eléctricos de inducción. El reemplazo total de las turbinas se reflejará en el aumento de generación eléctrica en el generador.

Los cambios que se deben realizar es la adquisición de 6 motores eléctricos trifásicos de inducción de alta eficiencia y de 6 variadores de velocidad para el control y la regulación electrónica para el grupo de molinos. Estos cambios, de turbinas de vapor por motores eléctricos, representan una inversión para la empresa la cual será cubierta con la venta de excedentes de energía.

3.2. Identificación de las mejoras en los factores influyentes de la cogeneración de energía en la empresa Industrial Pucalá SAC

3.2.1. Mejoras en la continuidad de trabajo y aumento de producción en la molienda

Una de las mayores dificultades en las turbinas de vapor es producida por las repentinas caídas de presión de las calderas ocasionadas por el bagazo húmedo. Al caer la presión en la línea de alimentación de vapor al grupo de molinos disminuye la potencia mecánica de las turbinas de vapor, lo cual disminuye la producción de bagazo hacia las calderas, formando un ciclo degenerativo que termina sacando de línea a las calderas y consecuentemente a las turbinas de vapor.

Con la sustitución de las 6 turbinas de vapor por 6 motores eléctricos de alta eficiencia con control por variador de velocidad, el funcionamiento del grupo de molinos se volverá más estable, ya que el motor eléctrico desarrolla la potencia y el torque necesario para mover los molinos, independientemente de las causas que puedan provocar una inestabilidad momentánea en las calderas. Esto significa que está garantizada una molienda más continua y por ende un mayor ritmo de molienda por existir menos paradas por caída de presión en la línea de vapor.

3.2.2. Control total del torque y la velocidad

Actualmente el parámetro de velocidad se monitorea a través de un tacómetro digital instalado en la turbina de vapor y el control se hace mecánicamente mediante el regulador de velocidad de la turbina, pero la regulación siempre ha sido poco precisa debido a la inestabilidad cuando existe caída de presión en la generación térmica. Por otro lado, no se tiene un control de torque ya que no existe ningún instrumento instalado para tal fin. Esto constituye una gran dificultad para los operadores quienes realizan estimaciones periódicas en base a tablas de operación de las turbinas para determinar los esfuerzos mecánicos.

Con la electrificación de molinos, gracias a los equipos electrónicos de control y monitoreo, con los motores eléctricos regulados con variador de velocidad, será posible controlar estas variables desde los centros de mando de los molinos. De esta manera se pueden tomar decisiones más rápidas y correctas respecto a cualquier dificultad durante el proceso de molienda.

3.2.3. Mejoras en el ambiente de trabajo

La electrificación de molinos va a crear un ambiente de trabajo más seguro con menos contaminación por ruido, aceite y calor propios de las turbinas de vapor. Esto de por sí constituye una ventaja económica como operativa, además crea un ambiente de trabajo más saludable y menos peligroso ya que han ocurrido casos en zafras pasadas en donde a consecuencia de problemas en la admisión de vapor de las turbinas y por fallos en las seguridades, estas han colapsado destruyéndose por completo.

3.2.4. Registro preciso de las variables de proceso en el grupo de molinos

Gracias a la electrificación de molinos es posible realizar el monitoreo de variables tan importantes como el torque y velocidad. Además, existen otras variables por monitorear, las mismas que sirven para diagnosticar posibles inconvenientes y realizar un mantenimiento preventivo en los equipos, evitando daños severos y paradas indefinidas que afectarían directamente a la producción de energía térmica y por ende a todo el proceso de molienda. Estos parámetros son: temperaturas en los bobinados y rodamientos de los motores, consumo de energía del grupo de molinos. Todo este flujo de información es registrado por el sistema de control electrónico de los motores y transmitida la información por una red industrial a la sala de monitoreo y control.

Ventajas del cambio de un accionamiento térmico a un accionamiento eléctrico

- Con el motor como accionamiento se tiene la posibilidad de giro en los dos sentidos para desatascar el molino sin necesidad de operarios y de largos periodos de tiempo en una parada.
- Facilidad de arranque, de operación, de parada y manipulación desde un cuarto de control.
- Disminución de elementos (turbina, regulador de velocidad mecánico, tuberías, válvula de control, engranajes), por lo tanto, se disminuye el mantenimiento.
- Mayor velocidad de respuesta ante perturbaciones.
- Facilidad de desarrollo de estrategias de control más eficientes.
- Con el motor como accionamiento se puede tener una nueva filosofía de control, controlando la variable de par medido (Fundamental para tener confiabilidad de operación).

3.3. Evaluación técnica y económica del sistema de cogeneración de energía en la empresa Industrial Pucalá SAC.

La evaluación técnica y la evaluación económica, es una propuesta, que consiste en mostrar a la Gerencia de la Empresa, los beneficios que se obtendrían si se realiza el cambio de los turbogeneradores por motores eléctricos en los molinos (trapiches), y mediante indicadores analizar la viabilidad del proyecto, dentro de un mediano y largo plazo.

La evaluación económica de la propuesta, es determinar los beneficios en cuanto a la generación de vapor para uso en la central eléctrica como en las turbinas de vapor para accionar mecanismos de los procesos de fabricación del azúcar. Esta evaluación incluye la

determinación de los beneficios económicos, al utiliza directamente el vapor o a utilizar la energía eléctrica como energía limpia, manipulable y controlable.

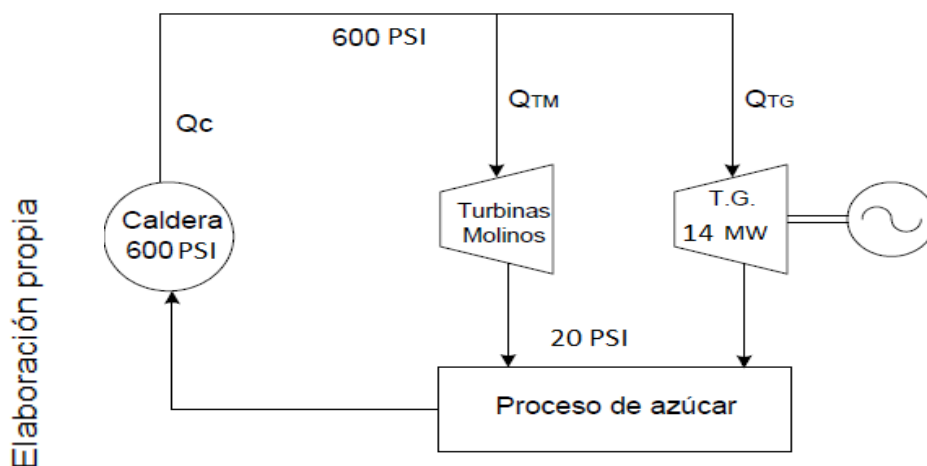
Además, con la demanda satisfecha de energía para los procesos de fabricación de caña de azúcar, se tendrá una energía eléctrica adicional en condiciones de ser ofertada al sistema interconectado nacional (SEIN), a precios competitivos.

En resumen, en la evaluación técnica y económica de la propuesta se pretende abordar el problema de la asignación de recursos en forma explícita.

Cálculo de la potencia que entrega el turbogenerador a 600 PSI

En la figura 17, se muestra como sería el nuevo flujo de vapor para satisfacer la turbina de gas y la turbina de los molinos, a una presión de 600 PSI, en la caldera N°5, de la Empresa Agroindustrial Pucalá.

Figura 17



Flujo de vapor a 600 PSI

Dicho circuito de vapor consta de la caldera N° 5 de capacidad 200 000 Lb/hora (200 TV/H), seis turbinas de vapor en los molinos y dos turbogeneradores con una potencia nominal total de 7 MW cada uno.

Según los datos de placa de las turbinas (en el ingenio son idénticas), consumen 23,96 Lb/h/HP a 600 PSI y tienen una potencia de 500 HP.

Calculando el consumo de vapor en Lb/h, se tiene que para:

$$q'_t = 23.96 \text{ Lb/h/HP, y } 500 \text{ HP}$$

$$Q_t = \text{HP} \times q'_t$$

$$Q_t = 500 \times 23.96$$

$$Q_t = 11\,980 \text{ Lb/h}$$

El consumo total de vapor para las seis turbinas de vapor es entonces:

$$Q_{TM} = 6Q_t$$

$$Q_{TM} = 6 (11\,980)$$

$$Q_{TM} = 71\,880 \text{ Lb/h}$$

De donde el consumo de los turbogeneradores será:

$$Q_{TG} = 200\,000 - 71\,880$$

$$Q_{TG} = 128\,120 \text{ Lb/h}$$

Según los datos de placa del turbogenerador, para producir 1 KW se necesitan 13,2 Lb/h.

Tomando en cuenta que la capacidad de la caldera es de 200 000 Lb/h y que el área de turbinas necesitaría 71 880 b/h, los turbogeneradores utilizarían 128 120 Lb/h, lo que equivale a:

$$P_{TG} = 128\,120/13,2$$

$$P_{TG} = 9\,706,6 \text{ KW}$$

Analizando ahora para sustituir una turbina por un motor eléctrico de 500 HP se obtiene que:

$$500 \text{ HP} = 373 \text{ KW}$$

Entonces, para producir 373 KW con el turbogenerador:

$$Q_M = 373 \times 13,2$$

$$Q_M = 4\,923,6 \text{ Lb/h}$$

Calculando el ahorro de vapor que se tendría al sustituir la turbina por el motor, se tiene:

$$Q_{\text{AHORRO}} = Q_t - Q_M$$

$$Q_{\text{AHORRO}} = 11\,980 - 4\,923,6$$

$$Q_{\text{AHORRO}} = 7\,056,4 \text{ Lb/h}$$

De acuerdo al ahorro de vapor obtenido al sustituir la turbina por el motor, se calcula la producción de energía eléctrica en el turbogenerador al aprovechar dicho vapor:

$$KW_A = 7\,056,4/13,2$$

$$KW_A = 534,58 \text{ KW}$$

Sustituyendo para las seis turbinas, la producción de energía eléctrica en el generador será:

$$KW_T = 6 (KW_A)$$

$$KW_T = 6 (534,58)$$

$$KW_T = 3\,207,58 \text{ KW}$$

De tal manera que, al sustituir las seis turbinas, los turbogeneradores estarían entregando:

Costos de producción de vapor

Para producir 1 lb de vapor por hora a 600 PSI se necesita 2 lb de bagazo. El costo del bagazo en la industria azucarera es despreciable, ya que se puede decir que es un desecho de la caña.

El consumo de energía eléctrica para la operación normal de la caldera por día promedio, según la estimación de ese circuito proporcionada por el ingeniero jefe de la sección calderos, será: 46 500 Kwh

El costo de la energía en temporada de zafra es de S/. 0,98/Kwh., lo que representa un costo de:

$$C.E. = 46\ 500 \times 0,98$$

$$C.E. = S/. 45\ 570,00 \text{ por día}$$

Para el tratamiento del agua de alimentación se tienen los siguientes químicos incluyendo el costo por día:

$$\text{Soda Líquida} = 17,53 \text{ lb/día @ S/. } 0,97/\text{lb} = S/. 17,00$$

$$\text{Químico 237} = 10,00 \text{ lb/día @ S/. } 29,46/\text{lb} = S/. 294,60$$

$$\text{Químico 204} = 7,75 \text{ lb/día @ S/. } 20,34/\text{lb} = S/. 157,64$$

$$\text{Químico 271} = 5,00 \text{ lb/día @ S/. } 26,55/\text{lb} = S/. 132,75$$

$$\text{Químico 284} = 1,50 \text{ lb/día @ S/. } 27,38/\text{lb} = S/. 41,07$$

$$\text{Total Tratamiento Agua por día} = S/. 643,06$$

Para la mano de obra se obtiene de los siguientes datos:

Tabla 6

Elaboración propia

Puesto	Salario día	Salario hora	Turno A	Turno B	Turno C
Operador caldera	80,14	10,02	88,47	118,52	148,58
Auxiliar caldera	44,93	5,62	53,26	70,11	86,96
Electricista	77,99	9,75	86,32	115,57	144,81
Instrumentista	80,14	10,02	88,47	118,52	148,58
Auxiliar instrumentista	44,55	5,82	54,88	72,34	88,79
Ayudante	39,67	4,96	46,00	62,88	77,75

Costo de mano de obra por operación de la caldera

Costo total por mano de obra = S/. 1 673,80

Tomando en cuenta que la caldera producirá:

$$Q_c = 200\ 000 \text{ Lb/h}$$

Entonces el costo para la operación de la misma en un día es:

$$C.O. = 45\ 570,00 + 643,06 + 1\ 673,80$$

$$C.O. = S/. 47\ 886,86$$

Y el costo por hora es:

$$C.O. /h = 47\ 886,86/24$$

$$C.O. /h = S/. 1\ 995,29$$

De donde, el costo para producir 1 libra de vapor es:

$$\text{Costo vapor} = 1\ 995,29/ 200\ 000$$

$$\text{Costo vapor} = S/. 0,0099/lb$$

Costos de generación eléctrica

Según los históricos, proporcionados por el gerente de producción, los costos de mantenimiento anual de los turbogeneradores son en promedio: S/. 241 613,89

El costo del vapor utilizado anualmente por los turbogeneradores para su funcionamiento es:

$$CV = 128\ 120\ \text{lb/h} \times 0.0099/\text{lb} \times 24\ \text{h/d} \times 120\ \text{d}$$

$$CV = \text{S/}. 3\ 652\ 957,44$$

Tomando en cuenta que el promedio anual de generación de energía eléctrica por los turbogeneradores: 14 882 400,00 KWh.

El costo de la mano de obra anual de reparación y operación es: S/. 177 812,10

Finalmente, se tiene que el costo total para producir los 14 882 400,00 KWh:

$$CT = 241\ 613,89 + 177\ 812,10 + 3\ 652\ 957,44$$

$$CT = \text{S/}. 4\ 072\ 383,43$$

De donde el costo de 1 KWh es:

$$CE = 4\ 072\ 383,43 / 14\ 882\ 400,00$$

$$CE = \text{S/}. 0.274/\text{KWh}$$

Costos de inversión del proyecto

El costo de un motor eléctrico trifásico de alta eficiencia de 500 HP es de S/. 35 000 en marca Siemens y el costo del variador de velocidad de la misma marca S/ 45 000

Costo total en variadores y motores = 80 000 x 6 = S/. 480 000

De acuerdo a las consultas realizadas al gerente de producción e ingeniero de obras de industrial Pucalá, el costo en obras electromecánicas y civiles se estima en 50% de la inversión en equipamiento.

Costo total de la inversión = S/. 720 000

Costo generación = 3 207,58 KW x 24 x 120 x 0.274

CG = S/. 2 531 165,53

Costo de venta de energía = S/. 0,31 /KWh (Tarifa cliente libre)

Producción energía = 3 207,58 KW x 24h/d x 120d x 0,31

Producción energía = S/. 2 863 727,42

Utilidad = 2 863 727,42 - 2 531 165,53

Utilidad Neta = S/. 332 561, 89

Tiempo de recuperación = 720 000,00 / 332 561,89

Tiempo de recuperación = 2,2 años

TR = 2,2 años

Análisis Costo Beneficio del proyecto

El principio de costo-beneficio establece que el valor es creado cuando el beneficio de una decisión excede su costo. El valor financiero es creado por medio de la influencia de tres variables:

- El flujo de efectivo
- El tiempo
- El riesgo

Las decisiones financieras se encuentran íntimamente relacionadas con el valor del dinero a través del tiempo.

Los valores determinan la oportunidad de flujos futuros de efectivo que se vayan a recibir. Los fondos que se reciban en el próximo año, valen

más que el mismo monto cuando éste se recibe en el quinto o en el décimo año.

La mayoría de las decisiones financieras, tanto a nivel personal como a nivel de los negocios, deben tomar en cuenta el valor del dinero a través del tiempo.

El Valor Presente Neto

El valor presente neto VPN, es la diferencia entre el valor presente del flujo de efectivo de un proyecto y su inversión. O bien, es la diferencia entre beneficios y costo. Un valor positivo del VPN en un proyecto implica que el valor presente del flujo de efectivo que genera el proyecto excede el valor de la inversión. El valor o beneficio creado por un proyecto es igual al valor presente neto VPN.

El VPN se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$VPN = -I + \sum_{1}^{n} \frac{Ct}{(1+r)^t}$$

Donde:

I = Inversión

n = Número de años de pagos de efectivo

r = Tasa de descuento o interés en el tiempo t

Ct = Pago o flujo de efectivo en el tiempo t

t = Número correlativo de pago en el tiempo

Para el presente proyecto se tiene que para 2 años:

$$I = S/. 720\,000,00$$

$$n = 2$$

$r = 15\%$ (tasa actual para depósitos a plazo fijo en sistema bancario)

$$Ct = S/. 332\,561,89$$

$$t = 2$$

De la ecuación para VPN se tiene:

Remplazando valores y calculando, tenemos:

$$VPN = - 217\,070$$

Dado el resultado anterior, el valor negativo indica que para 2 años el proyecto no es viable. Analizando ahora para 3 años se tiene que:

$$VPN = - 64005,5$$

Tampoco es factible para tres años. Analizamos para 4 años.

$$VPN = 40\,573,36$$

Este resultado muestra que el proyecto si es factible para un período de 4 años.

La tasa interna de retorno

La tasa interna de retorno es la tasa de descuento o interés que vuelve al valor presente neto igual a cero, en una serie determinada de flujo de efectivo. Para calcularla se emplea la siguiente ecuación:

$$0 = -I + \sum_{t=1}^n \frac{Ct}{(1 + TIR)^t}$$

Donde:

TIR = Tasa Interna de Retorno

Calculando ahora la tasa interna de retorno para la propuesta, se tiene para la ecuación:

$$\text{TIR} = 27\%$$

Esta tasa es superior a la del sistema bancario. Que indica el interés con el cual retorna la inversión de S/ 720 000

Como se verá esta tasa es mayor a la actual en los bancos (15%).

Por lo tanto, se puede observar que el proyecto es rentable en un plazo de 4 años.

IV. DISCUSION

La investigación realizada en relación con los trabajos previos:

- Sanz (2012), concluye que para maximizar la potencia eléctrica útil generada y la eficiencia exergética del ciclo: 1. Se debe incrementar la presión y temperatura de vapor en la caldera. 2. Mejorar los consumos específicos de vapor para optimizar el flujo de vapor de las turbinas que mueven los trapiches y evitar déficit de bagazo.

En la propuesta de esta investigación coincidimos en la primera parte, incrementar la presión y temperatura de vapor en la caldera. En cuanto a la segunda parte, proponemos el cambio de turbinas de vapor por motores eléctricos y regulación electrónica los cual nos da mejores resultados en la optimización de vapor y el incremento de la generación de energía eléctrica.

- García (2011), afirma se puede afirmar que se dispone a partir de la utilización de los residuos provenientes del procesamiento de la caña de azúcar en Ingenios (bagazo) con el potencial energético suficiente para cubrir la demanda.

En la propuesta presentada, mejorando la molienda con los cambios indicados, tenemos el recurso necesarios para incrementar el potencial energético.

- En la propuesta presentada, coincidimos con Míguez (2013), en cuanto a la mejora de la eficiencia energética con un mayor aprovechamiento de la biomasa (bagazo) en la molienda y como consecuencia se tiene una optimización energética.

-

V. CONCLUSIONES

1. Diagnóstico del sistema de cogeneración:

- Las 06 turbinas del sector trapiche representan un alto consumo de vapor, funcionamiento ineficiente, regulación inestable del sistema de velocidad y torque, mala sincronización de los molinos y altos costos por mantenimiento.
- Por falta de vapor, los dos turbogeneradores de la central eléctrica trabajan por debajo del 30% de su capacidad instalada.

2. Identificación de las mejoras en los factores influyentes de la cogeneración:

- En la propuesta del sistema de cogeneración se considera el montaje de equipos de última tecnología, lo cual representa una ventaja desde el punto de vista de operación puesto que se puede tener la visualización constante de variables importantes tales como torque y velocidad. En el caso de la turbina se tiene un control de velocidad, pero no se puede visualizar el torque.
- Desde el punto de vista de control el motor eléctrico, se tiene una reacción mas rápida ante un cambio en la carga puesto que está controlado por un variador de velocidad electrónico, que tiene un tiempo de respuesta más rápido (menor a 10 milisegundos) en comparación con el regulador mecánico de una turbina. Esto representa una ventaja fundamental puesto que garantiza un ritmo de molienda constante que se traduce en una buena extracción del jugo de caña y también garantiza la calidad del bagazo enviado a calderas.
- El cambio de turbinas de vapor por motores eléctricos, en la sección de molinos en el Ingenio Azucarero, representa una mejor utilización del vapor generado por la central térmica. En el caso de Industrial Pucalá representa

un incremento de excedentes de Generación eléctrica de 10 MW para venta al SEIN.

3. Evaluación técnica y económica del sistema de cogeneración:

- Una ventaja importante dentro del mantenimiento es que con el motor se puede realizar pruebas mecánicas en el molino en cualquier instante mientras que con la turbina se requiere la presencia de vapor para poder realizar cualquier tipo de prueba.
- La implementación de la propuesta requiere una inversión inicial para la compra de los equipos, montaje y puesta en marcha. Los costos de mantenimiento representan una ventaja al ejecutar la propuesta, puesto que son menores.
- Realizando el análisis técnico y económico considerando el aumento de excedentes 10 MW se obtiene un VPN de S/. 40 573,36 y un TIR de 27%, para un periodo de 04 años, lo cual indica la justificación económica de la propuesta de esta tesis.
- Se debe mantener los parámetros fijados en el análisis económico con el fin de poder cumplir las metas trazadas, es decir la recuperación del capital y las ganancias proyectadas, por lo tanto, se debe mantener una molienda que garantice la producción de 10 MW de excedentes de energía eléctrica.
- Después de optimizar los esquemas de cogeneración investigados, se concluye que para maximizar la potencia eléctrica útil generada y la eficiencia exergética del ciclo, se debe incrementar la presión y temperatura de vapor en la caldera

VI. RECOMENDACIONES

- Para incrementar aún más la cogeneración de energía, se recomienda el uso de variadores de frecuencia para todos los motores que intervienen en el proceso y la fabricación del azúcar. Áreas en donde se necesite hacer más eficiente el proceso, como lo es el área de calderas, en donde sería de gran ayuda utilizar variadores de velocidad para controlar el flujo de aire inducido y forzado de las mismas y reemplazar los actuales controles por sistemas electrónicos.
- Los proyectos de cogeneración deben enfocarse a aquellas empresas donde el consumo de vapor en sus procesos industriales tiene una relación definida importante y así aprovechar la energía de escape o de desecho para generar energía eléctrica.
- Crear programas de capacitación a nivel medio y profesional que busquen la especialización en los temas de cogeneración de energía y en la mejora de la eficiencia energética en las plantas de producción industrial.
- Se debe realizar un estudio específico sobre la situación actual del uso de vapor para los diferentes procesos de producción y manufactura, que actualmente lo utilizan como fuente de energía principal, para determinar el potencial actual y su posible mejora en eficiencia energética. Realizar un análisis dedicado a los sistemas de evaporación de jugo, cocimientos de mieles, destilación y fermentación de alcohol, utilizando información más detallada de los equipos actuales, con el fin de minimizar la demanda de vapor y maximizar la eficiencia energética.
- Se recomienda fundamentalmente llevar un buen control del mantenimiento de los equipos instalados según las especificaciones del fabricante, en el caso de los motores eléctricos se debe hacer una revisión cada seis meses de todos los componentes mecánicos especialmente en los rodamientos, en el caso de los Drives y equipos electrónicos se debe realizar

una limpieza y revisión de sus componentes internos para garantizar un buen funcionamiento debido a que una falla durante el periodo de zafra representa paradas largas de la molienda que ocasionan pérdidas económicas significativas

- Se debe crear una entidad que promueva, asesore e impulse el uso de los sistemas de cogeneración como una herramienta de apoyo a las empresas que desean implementar este tipo de sistema de generación de energía.
- Se debe crear políticas que beneficien a las empresas que implementan los sistemas de cogeneración, para incentivar a que mejoren la eficiencia energética de las plantas de producción actual.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARENAS, Oscar y OVIEDO, Andrés. Estudio Técnico y Financiero de Implementación de Paneles Solares Enfocado a Centros Comerciales. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander, 2009. 133 pp.

Dirección General de Energía. *Medidas genéricas de ahorro energético para granjas avícolas de puestas*. Manual de eficiencia energética para empresas, Canaria. [s.n.], s.f. 7 pp.

HIERRO, Javier. Aplicación de la energía solar térmica en una incubadora comercial de perdiz roja y supervisión de la actividad biológica mediante sensores Inteligentes. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid, 2016. 113 pp.

Instituto Tecnológico de San Luis Potosí S.L.P y Asociación Mexicana de Mecatrónica A.C. 6to. Congreso Nacional de Mecatrónica, Automatización de una Incubadora Solar. [s.l.]: Universidad Fray Luca Paccioli, 2007. 156 pp.

JIMENEZ, Jairo y VELOZA, Jhon. Modelo Funcional de una Incubadora de Huevos para la Industria Avícola. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander, 2008. 145 pp.

LOPEZ, Edgar. Utilización de Energías Renovables en México: Hacia una Transición en la Generación de Energía Eléctrica. México, D.F.: Universidad Nacional Autónoma de México, 2009. 205 pp.

Ley n°. 28546, *Ley de Promoción y Utilización de Recursos Energéticos Renovables no Convencional en Zonas Rurales Aisladas y de Frontera del País*, Diario Oficial el peruano, Lima, 16 de junio de 2005.

Ministerio de Agricultura y Riego. Boletín Estadístico Mensual del Sector Avícola. Perú: Sistema Integrado de Estadística Agraria SIEA, 2015. 32 pp.

MOHR, Richard. Inserción de Generación de Energía Renovable en Redes de Distribución. Santiago de Chile: Pontificia Universidad Católica de Chile, 2007. 133 pp.

OVIEDO, Edgar. Ahorro energético en granjas avícolas. Zaragoza: XLVI Symposiun Científico de Avicultura, 2009. 21 pp.

PEREZ, Osvaldo. Análisis de un Sistema de Iluminación, Utilizando Ampolletas de Bajo Consumo y Alimentado por Paneles Fotovoltaicos. Valdivia: Universidad Austral de Chile, 2009. 131 pp.

PEREZ, Zulma. Análisis y Propuesta de un Sistema para Incubación de Emúes. Mixteca: Universidad Tecnológica de la Mixteca, 2003. 111pp.

RUBIO, Juan (s.f. p. 257). Aplicación de la Energía Solar en la Incubación. Madrid [s.n.].

SINCHE, Juan y URBINA, José. Diseño y propuesta de un plan de gestión para mejora de la eficiencia energética eléctrica en la empresa avícola Yugoslavia S.A.C. Trujillo: Universidad Privada del Norte, 2011. 105 pp.

QUISPE, Carlos. Tesis de pregrado: Análisis energético de un sistema de cogeneración con ciclo combinado y gasificación para la industria azucarera. Universidad de Piura, 2010

RAMIREZ, Alberto. Tesis de pregrado: Estudio descriptivo y analítico de una planta de ciclo combinado. Universidad Veracruzana. Facultad de Ingeniería Mecánica Eléctrica, 2011

FERNÁNDEZ, Noelia. Tesis de pregrado: Análisis de diferentes procedimientos y ensayos para la determinación del rendimiento en motores de inducción trifásicos. Universidad Politécnica de Cataluña, 2011

JORNET, Atanasi. Tesis Doctoral: Contribución al estudio de las ondas de campo armónico y las pérdidas adicionales que se originan en los motores eléctricos de inducción asíncronos alimentados con convertidor de frecuencia en modulación del ancho de los impulsos. Universidad Politécnica de Cataluña, 2010

CAMPOS, Alberto. Proyecto de la unidad de planeación minero energética de Colombia (UMPE) y el instituto colombiano para el desarrollo de la ciencia y la tecnología. Colombia, 2010

IDEA. Plan de Energías Renovables 2011-2020. Instituto para la diversificación de energía. Ministerio de Industria, Comercio y Turismo de España, 2010

FIDE. Programa integral de asistencia técnica y capacitación para la formación de especialistas en ahorro y uso eficiente de energía eléctrica. Guatemala, 2010

RIVAS José y TOBIAS Ronald. Manuel. Tesis de pre grado: Optimización del uso del vapor en la producción de azúcar y la cogeneración eléctrica de un ingenio azucarero. Universidad de San Carlos. Guatemala, 2005

LACAN, Benjamín. Tesis de pregrado: Montaje de un turbogenerador de 1500 KW en el ingenio Santa Ana. Universidad de San Carlos. Guatemala, 2005

ZELAYA, Rubén. Manual para la preparación de auditorías energéticas y evaluación financiera de proyectos de eficiencia energética. ANDI, 2015

GONZÁLES, Gabriel. Oportunidades de Ahorro Energético en Motores Eléctricos. Universidad Autónoma de Occidente. Santiago de Cali, 2013

WEG, 2014. Selección y aplicación de variadores de velocidad. Aporte de WEG en la selección y aplicación de sistemas de velocidad variable. Manual WEG. Colombia, 2014

JAREÑO, Santos y PERÉZ, Antonio. Eficiencia energética en motores de inducción. European Copper Institute (ECI), Fraunhofer-ISI, KU Leuven and University of Coimbra, 2011

VALERIO, Gildardo y HERRERA, Juana. Proyectos de desarrollo productivo con inversiones fijas y capital de operación. Centro de Cooperación Regional para América Latina y El Caribe. Colombia, 2011

FÍSCAL, Raúl. Estudio técnico económico de eficiencia energética en sistemas eléctricos industriales. Instituto de investigaciones científicas. España, 2010.

CARRASCO, Juan. Tesis de pregrado: Evaluación técnica y económica de una planta de biogás para autoabastecimiento energético. Universidad de Chile, 2015

GARCIA, Andrés y LÓPEZ, Luis. Optimización del sistema energético en un ingenio azucarero. Colombia, 2010

CIFUENTES, Jaime. Sistemas de cogeneración en un ingenio azucarero. Cuba, 2011

TELESQUEMARIO. Manual electrotécnico de Schneider Electric. España, 2012

ANEXO 01

GUÍA DE ANÁLISIS DE DOCUMENTOS

INVESTIGADOR: Nelson Wilmer Vilchez Gutty

TESIS: “Evaluación Técnica y Económica para incrementar la cogeneración de energía de la empresa industrial Pucalá SAC, 2016”

N°	ITEM	DESCRIPCIÓN
01	Formulación de la necesidad de información	Descripción precisa y exacta de los conceptos a emplear para realizar la búsqueda de información
02	Fuentes de información	Indicamos la tipología de la fuente documental empleada (buscadores, bases de datos, etc.
03	Estrategia de búsqueda	Según la fuente de información empleada se “traducen” los conceptos de búsqueda al lenguaje documental que utiliza dicha fuente y se expresan de manera adecuada.
04	Referencia bibliográfica	Datos básicos de identificación del documento.
05	Resumen documental	Resumen del contenido del documento seleccionado. Tiene un máximo de 250 palabras. El texto recoge la información básica y fundamental contenida en el documento. Comienza con una o dos frases que contengan los objetivos básicos del documento, seguido por dos o tres frases describiendo el proceso que se sigue y se finaliza con las principales conclusiones del mismo.
06	Palabras clave	Se incluyen un máximo de tres palabras clave, que engloben los conceptos básicos tratados en el documento.

ANEXO 02
GUÍA DE OBSERVACIÓN

INVESTIGADOR: Nelson Wilmer Vilchez Guty

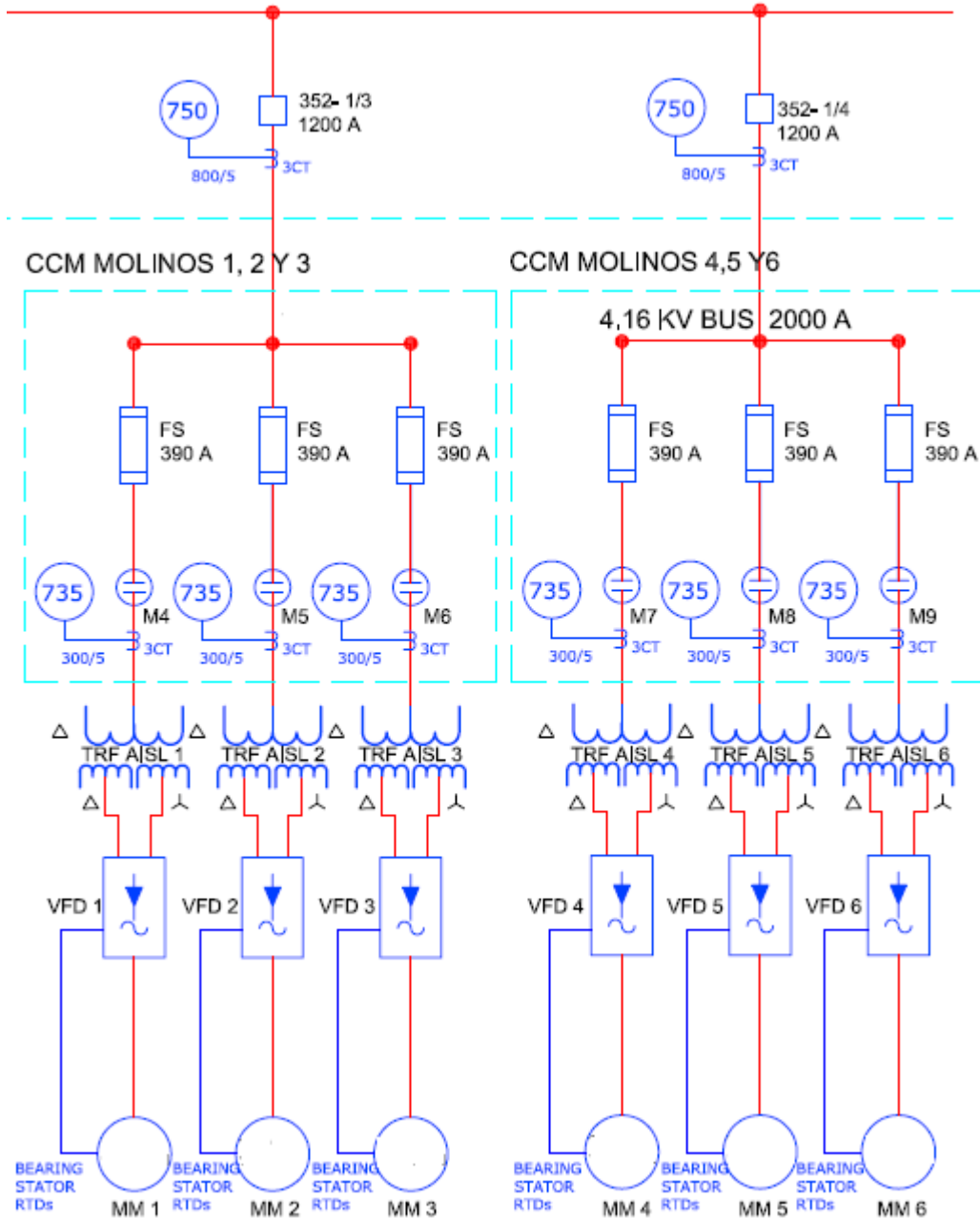
TESIS: “Evaluación Técnica y Económica para incrementar la cogeneración de energía de la empresa industrial Pucalá SAC, 2016”

N°	EQUIPOS PARA EL CAMBIO DE TURBINAS DE VAPOR POR MOTORES ELÉCTRICOS	OBSERVACIONES
01	Motor eléctrico trifásico de alta eficiencia	
02	Variador de velocidad	
03	Sistema eléctrico	
04	Puesta a tierra	
05	Tableros eléctricos	


















ANEXO 03

DIAGRAMA UNIFILAR DE LA INSTALACIÓN ELECTRICA

VARIADORES DE VELOCIDAD



SIMBOLOGIA

	AUTOTRANSFORMADOR		VARIADOR DE VELOCIDADEE
	TRANSFORMADOR TRIFASICO, 3 DEVANADOS, CONEXIÓN TRIANGULO - HV / TRIANGULO - LV - ESTRELLA LV 30°		MEDIDOR DE ENERGIA, POTENCIA ACTIVA, REACTIVA Y APARENTE, MEDIDOR V, A, F.
	TRANSFORMADOR DE CORRIENTE		VOLTIMETRO DE CORRIENTE ALTERNA
	TRANSFORMADOR DE POTENCIA		FRECUENCIOMETRO
	INTERRUPTOR / DISYUNTOR DE POTENCIA		RELAY PROTECCION MOTOR
	CONTACTOR		RELAY PROTECCION ALIMENTADOR
	TRIANGULO		RELAY PROTECCION ALIMENTADOR
	ESTRELLA		FUSIBLE ULTRARAPIDO
	TRANSFORMADOR DE PODER		