



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL Y
ARQUITECTURA**

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

**“Análisis de la eficiencia energética en la producción de energía
eléctrica de la empresa Agroindustrias San Jacinto S.A.A. - 2019”**

**TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE:
BACHILLER EN INGENIERÍA INDUSTRIAL**

AUTORES:

Echevarría Valderrama, Albert Dimas (ORCID: 0000-0002-4496-400X)

Finchetti Romero, Alexis Martin (ORCID: 0000-0001-5421-0407)

ASESORA:

Dra. Pérez Campomanes, María Delfina (ORCID: 0000-0003-4087-3933)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Gestión Empresarial y Productiva

NUEVO CHIMBOTE – PERÚ

2019

Índice de contenidos

Carátula	i
Índice de contenidos	ii
Resumen	iii
Abstract	iv
I. INTRODUCCIÓN	1
II. METODOLOGÍA	7
2.1 Tipo y diseño de investigación	7
2.2 Participantes	7
2.3 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	8
2.4 Procedimiento	8
2.5 Métodos de análisis de datos.....	9
2.6 Aspectos éticos	9
III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	9
IV. CONCLUSIONES	12
V. RECOMENDACIONES	13
REFERENCIAS.....	14
ANEXOS	16

RESUMEN

El presente estudio se enfoca en realizar un análisis de eficiencia energética en la producción de energía eléctrica del turbogenerador de 21.71 MW a la empresa agroindustrial San Jacinto, desarrollando una aplicación que busque el mejor rendimiento utilizando el menor recurso posible esto conllevaría a una reducción en los costos de producción y mejor rentabilidad favoreciendo la economía de la empresa. La empresa San Jacinto es una empresa productora de azúcar, pero a la vez a partir del año 2018 también se convierte en una empresa distribuidora de energía eléctrica por medio de sus generadores de vapor que tienen para la elaboración de sus procesos. Para mejorar la eficiencia energética en este estudio se realizó el procedimiento de la recolección de datos para poder verificar los últimos reportes de la central térmica San Jacinto posteriormente a esto se evalúa la optimización del proceso energético. Lo cual se evidencio que a mayor producción de energía por parte del turbogenerador de 21.71 MW mayor es su eficiencia por lo que se recomendó incrementar la venta de energía. Se tuvo como resultado por el análisis del KPI (indicador clave de rendimiento) que por cada 7.29 toneladas de vapor/hora consumida por el turbo generador se generó un MW de potencia en el generador.

Palabras claves: eficiencia energética, KPI, energía eléctrica

ABSTRACT

The present study focuses on carrying out an energy efficiency analysis in the production of electrical energy from the 21.71 MW turbogenerator to the San Jacinto agribusiness company, developing an application that seeks the best performance using the least possible resource that would lead to a reduction in the production costs and better profitability favoring the economy of the company. The San Jacinto Company is a sugar producing company, but at the same time as of 2018, it also becomes an electricity distribution company through its steam generators that they have for the elaboration of their processes. To improve energy efficiency in this study, the data collection procedure was performed to verify the latest reports of the San Jacinto thermal power plant, after which the optimization of the energy process is evaluated. Which showed that the higher the energy production by the 21.71 MW turbogenerator, the greater its efficiency, so it was recommended to increase the sale of energy. The result was the analysis of the KPI (key performance indicator) that for each 7.29 tons of steam / hour consumed by the turbo generator, one MW of power was generated in the generator.

Keyword: energy efficiency, KPI, electrical energy

I. INTRODUCCIÓN

Actualmente a nivel mundial donde las empresas buscan ser competitivos mejorando sus procesos, uno de ellos es la eficiencia energética de sus instalaciones debido a que la energía eléctrica juega un importante rol como fuente principal para sus actividades productivas y de consumo en sus operaciones, que son de un costo muy elevado en algunos casos y debido a esto buscan la optimización de sus procesos energéticos buscando mejorar sus indicadores y por ende sus eficiencias que les significaría un ahorro tanto energético y por consecuente económico.

Las empresas azucareras se enfocan en una mejora continua de sus procesos, tanto en tecnología, rendimiento como en eficiencia energética generando energía eléctrica con el menor recurso posible, con el fin de conseguir una reducción en sus costos de producción para poder obtener siempre una rentabilidad ante las variaciones en los precios del azúcar

Optimizar sus procesos tanto de consumo como de producción buscan poder reducir sus costos y competir con otras empresas del mismo rubro no solo en calidad sino también en cantidad de azúcar producida, buscando ser competitivos y mantenerse en el mercado y no tener pérdidas lo que conllevaría a una crisis en la empresa y/o posterior cierre por pérdidas económicas debido a que sus ingresos son menores que sus egresos.

Actualmente uno de los desafíos que tienen las empresas agroindustriales es la de incrementar su producción, pero con mayor eficiencia y que vaya conjuntamente con procesos que reduzcan o anulen el impacto al medio ambiente.

En el Perú debido a la poca defensa de parte del gobierno, la situación de las empresas azucareras no es de las mejores, debido a la importación de azúcar de algunos países que debido a su sobreproducción la subsidian y exportan su azúcar a precios que a veces están por debajo del costo de producción en las empresas azucareras peruanas, debido a esto es que buscan otras formas de generar ingresos o reducir sus costos operativos.

Según la APAAD (Asociación Peruana de Agroindustriales del Azúcar y derivado) en conversación con Diego Cateriano, director ejecutivo con el diario "El Comercio" el 28 de junio del 2019 informó que: vamos a cometer un error histórico contra la

industria azucarera porque estamos dándole a Guatemala una cuota gigantesca libre de aranceles que podría quebrar a los azucareros peruanos. Guatemala tiene un mercado cerrado, con solo dos marcas. Además, allá por ley se le tiene que agregar vitamina A al azúcar. Los azucareros guatemaltecos la tienen subsidiada, los peruanos no. Guatemala se diferencia grandemente con el Perú debido porque en dicho país el azúcar se vende a US\$ 0,24 la libra (US\$ 0,52 por kilo) en su mercado interno, pero a nosotros nos la quieren vender a US\$ 0.12 la libra (US\$ 0,26 por kilo). Eso está inclusive por debajo de su costo de producción, que ronda los US\$ 0,16 la libra (US\$ 0,35 por kilo). Ellos no serían competitivos frente a Perú si no tuvieran subsidios e interferencias de su gobierno. Entonces, para aclarar: no tenemos miedo a la competencia, pero esta competencia debe ser con la cancha pareja, sin subsidios ni precios intoxicados. (El Comercio.pe, 2019)

La empresa azucarera Agroindustrias San Jacinto S.A.A. está ubicada en San Jacinto – Distrito Nepeña, empresa del rubro azucarero, produciendo azúcar doméstica como son: azúcar rubia, azúcar blanca, también obtiene alcohol neutro y rectificado fino.

La continua búsqueda de mejorar sus procesos y a la vez sus rendimientos los ha llevado a realizar inversiones tanto en automatización, programación, infraestructuras, equipos y personal, siempre buscando en términos generales producir igual o más, pero con menor cantidad de energía consumida.

A partir del 2018 se convirtió en una empresa cogeneradora que genera simultáneamente energía térmica y eléctrica para autoconsumo y también para la venta a terceros, donde requiere optimizar el consumo de energía eléctrica del ingenio para lograr de esta manera una mejor eficiencia energética generándole una mayor rentabilidad a la empresa. Siendo la cogeneración un sistema que mejora sus procesos porque el total o parte del vapor sobrecalentado que se produce en sus generadoras de vapor lo utiliza primero para generar energía eléctrica y luego ese flujo ya como vapor de escape lo emplea en su proceso para elaborar el azúcar.

Donde aparte de tener ingresos por la venta del azúcar y sus derivados, también lo tiene por la venta de energía eléctrica a terceros, pero requiere optimizar su consumo interno de energía eléctrica para poder exportar más energía eléctrica con

el mismo flujo de vapor o menos, lo que le permitirá mantenerse competitivo en el mercado ante las variaciones del precio del azúcar.

En base a lo expuesto, se plantea realizar un análisis y mejorar su eficiencia energética de la empresa Agroindustrias San Jacinto S.A.A. y lograr un mejor rendimiento energético en el proceso de generación de energía eléctrica y generación de vapor consiguiendo reducir costos que le permita competir ante los precios del azúcar importado y como consecuencia ser una empresa siempre rentable.

Los antecedentes que contiene este estudio de investigación que ofrecen aportes relacionados con el tema o problema son:

Rojas (2019) en su tesis “Análisis de los indicadores energéticos para la mejora de la eficiencia energética en la línea de producción de la empresa Agribrands Purina SA” realizó un análisis de los indicadores energéticos para la mejora de la eficiencia energética en Planta Agribrands Purina Perú SA. Por tal motivo se ejecutó un diagnóstico de su línea de producción, tomando en cuenta sus consumos energéticos y relacionándolos con su producción en un determinado periodo de tiempo, logrando determinar los indicadores que nos muestren la relación que hay entre energía y producción. Se logró con el diagnóstico establecer un plan de acción que podrá mejorar dichos indicadores energéticos; y a la vez proponer un proyecto cuyo financiamiento es viable y permitirá que la empresa aumente su eficiencia energética.

Santamaría (2016) en su tesis “Propuesta de un sistema de ciclo combinado para mejorar eficiencia energética en central térmica de Paita” busca convertir la central térmica de ciclo simple de 30 MW a un sistema ciclo combinado aprovechando para ello los gases de escape de la turbina de ciclo simple que se encuentra actualmente mediante el agregado de una unidad de generación turbogenerador. Lo que se quiere es que se genere energía y potencia con un menor consumo de combustible (gas), y logrando obtener un nuevo sistema como es el ciclo combinado, para el mejor aprovechamiento de los gases de la turbina de gas para producir vapor en la turbina de vapor y nos genere energía adicional. Como resultado se tiene esta diferencia desde el 33 % en operación en ciclo abierto simple hasta un 57% en operación a ciclo combinado.

Arroyo (2018) en su investigación “Optimización de la eficiencia energética en un molino semi-autógeno mediante el diseño de revestimientos utilizando simulaciones de elementos discretos” tiene como objetivo buscar un diseño óptimo de revestimiento en los molinos semi-autógenos en la empresa minera, empleando el método de elementos discretos como son los simuladores en el software "rocky-dem". Obteniendo como resultado un aumento de eficiencia en la generación de energía en un 5.26% con respecto a energía del caso base.

Arellano (2015) en su tesis “Estudio y análisis de eficiencia energética del sistema eléctrico del hospital IESS_IBARRA” se centró en el consumo de energía eléctrica que realizaba el hospital, logrando conseguir una alternativa de solución, el cambio de todo el sistema de iluminación por tecnología led, la cual redujo un consumo de 28.37% de la energía diaria que necesita el hospital. se concluye con un análisis financiero que este proyecto es viable y realizando la eficiencia energética se demuestra que los objetivos llegan a ser sustentables tanto técnicamente como económicamente.

Talla (2015) en su tesis “Ahorro de energía eléctrica en una industria cervecera como estrategia de excelencia operativa” busca la reducción de consumo de energía eléctrica para una empresa cervecera, para lo cual se plantea un proyecto de energía que va de la mano con la herramienta de mejora continua. se realizó análisis sistemáticos de los procesos para poder identificar cuáles son las causas del desperdicio de energía para así poder reducir el índice de consumo y así lograr implantar un plan de acción y así obtener el ahorro de energía buscado. se llegó a una conclusión de que el empleo de la energía varía en cada tipo de empresa, proceso, volumen de producción, y otros factores. Actualmente se vuelve muy primordial el tema de optimización de energía para de esta manera reducir costos y a la vez una producción que no afecte al medio ambiente.

La sustentación teórica del problema se describe en:

Producción de vapor es importante en los ingenios azucareros porque el vapor generado de las calderas se lo emplea para la generación de electricidad y a su misma vez para el proceso de elaboración de azúcar, siendo imprescindible el empleo de calderas para suministrar vapor a un flujo y presión constante (Sánchez y Quesquén, 2015).

Turbogenerador se denomina a una máquina que es utilizada por su gran capacidad para generar energía eléctrica. La cual consta de: turbina de vapor, reductor de velocidad y generador eléctrico. La turbina transforma la energía térmica del flujo de vapor en energía mecánica, la cual va conectado a un reductor de velocidad quien a su vez se conecta al generador eléctrico. Un turbogenerador es empleado en centrales hidráulicas o térmicas, donde la fuerza y velocidad del fluido que al circular por los alabes de la turbina hacen que empiece a girar la turbina utilizando la energía hidráulica en caso de ser hidroeléctricas y energía térmica de tratarse de centrales a vapor transformándola en energía mecánica la cual se transmite desde la turbina por medio de acoplamientos y reductores de velocidad hasta el generador eléctrico que a su vez la transforma en energía eléctrica. (Velásquez, 2015 pag.39-40).

La cogeneración se describe como la generación optima de dos tipos de energía: la energía térmica y eléctrica simultáneamente, donde se aprovecha el alto nivel de eficiencia de este sistema. La tecnología aplicada en esta tecnología reúne los conceptos y tecnologías donde se generan el calor y potencia eléctrica empleando una sola unidad las cuales son aprovechadas por uno o varios consumidores.

La cogeneración está siendo empleada con mayor rapidez en las industrias porque la eficiencia es mayor que generar electricidad y calor por separado, aporta 30% a más en eficiencia y reduce el consumo de combustible en 50% a más. (Agencia de Sostenibilidad Energética, 2017).

Caldera es en forma general un equipo generador de vapor, que se emplea para diversos usos en general como en los sistemas de calefacción, en procesos industriales, generación de energía eléctrica. De acuerdo a su diseño se clasifican en calderas pirotubulares donde el agua circula por fuera de los tubos y el fuego producido o los gases resultantes de la combustión por la parte interna de los tubos. Calderas acuotubulares es cuando el agua circula por el interior de los tubos y los gases con altas temperaturas que son producto de la combustión circulan o viajan por la parte externa de los tubos, cuyo fin es transferir el calor producto de la combustión elevando la temperatura del agua para transformarlo en vapor. (Sanchez y Quesquén, 2015)

Turbina de vapor son máquinas que utilizan el vapor como fluido de trabajo transformando la energía térmica (cinética) en energía mecánica (rotación) y que

son empleados como motores primarios para hacer funcionar otras máquinas o equipos. (Cabellos y Zafra, 2016)

La caña de azúcar es una planta tropical, utilizada como materia prima principal para elaborar azúcar de caña, de la cual aprovechan su jugo que contiene sacarosa que es la parte importante de la caña de azúcar, donde luego de ser procesada a través de varias etapas en los ingenios, se obtiene como resultado el azúcar (Abanto, 2015).

La eficiencia energética es un sistema muy aplicado por las empresas porque es más rentable que otros métodos porque permite reducir las emisiones, les da la seguridad de tener energía eficiente haciéndolos más competitivos, reduciendo costos, logrando que sea más accesible permitiendo generar empleo (Commission, 2010).

El presente estudio de investigación se plantea como problema: ¿Cuál será el Análisis de la eficiencia energética en la producción de energía eléctrica de la empresa Agroindustrias San Jacinto S.A.A. – 2019?

Este trabajo de investigación se justifica por la importancia que se describe en los diferentes ámbitos:

La justificación social acorde con una gestión responsable, la agroindustrial destaca en la realización de programas orientados a fomentar el emprendimiento, deporte, educación, salud y promoción de hábitos Eco Amigables, impactando favorablemente en la comunidad local.

La justificación aplicativa de acuerdo con los objetivos de estudio su resultado permite optimizar recursos encontrando una solución concreta que se refleje en la reducción de costos. Con tales resultados se tendrá la posibilidad de lograr cambios en su gestión energética aplicando mejoras en los procesos dentro de la operación.

La justificación académica en el presente trabajo de investigación como parte de la carrera de Ingeniería Industrial, a través de la Gestión Energética. El - 39 - mismo que busca incorporar una cultura de uso racional y eficiente de la energía eléctrica, a través del conocimiento de los conceptos básicos del tema. En un mundo competitivo en el que vivimos, las empresas buscan optimizar al máximo sus recursos, anticiparse y adaptarse a los cambios permanentes

La justificación económica optimizando el mejoramiento y la eficiencia del indicador de energía nos permitirá un buen desempeño productivo dentro de la planta azucarera, ya que no se verá en planta paradas inesperadas; esto conlleva como resultado un buen margen de utilidad.

El objetivo general del siguiente trabajo de investigación es, analizar la eficiencia energética en la producción de energía eléctrica de la empresa Agroindustrias San Jacinto S.A.A. - 2019

Los objetivos específicos necesarios para lograr el objetivo general son:

Evaluar la producción de energía eléctrica actual del Turbogenerador de 21.71 MW en la empresa Agroindustrias San Jacinto S.A.A.

Determinar el ahorro producido con la producción de energía eléctrica del Turbogenerador de 21.71 MW.

Proponer mejora del KPI de tonelada de vapor consumida /MW energía generada por el Turbogenerador de 21.71 MW.

II. METODOLOGÍA

2.1 Tipo y diseño de investigación

Para (HERNÁNDEZ, y otros, 2014) la investigación no experimental describe la situación o fenómeno como está, el diseño de la presente investigación es no experimental porque no es posible manipular los datos de interés, basándose en observar fenómenos en su estado natural, se realiza sin manipular variables. El enfoque de la presente investigación es del tipo cuantitativo.

El estudio es de tipo aplicada, porque utiliza conocimientos anteriores en la resolución de problemas nuevos. Es una investigación descriptiva, porque se limita a describir fenómenos tal como están.

2.2 Participantes

Se está considerando para el presente trabajo de investigación la generación de energía eléctrica correspondiente a los meses desde enero a setiembre 2019.

La población de la presente investigación son los procesos productivos del ingenio y la muestra es el proceso de generación de energía eléctrica de la Central Térmica San Jacinto que cuenta con un Turbogenerador de 21.71 MW de la empresa Agroindustrias San Jacinto S.A.A. perteneciente al rubro agroindustrial dedicada a

la elaboración de azúcar de caña de azúcar que cuenta con la certificación ISO 9001-2018, ubicado en San Jacinto, distrito de Nepeña.

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

Para KUMAR (2011, p.133) ningun de las técnicas de recolección de datos no proporcionan una precisión al 100% dependiendo de los instrumentos y mecanismos que se emplean para recopilar, reunir y medir la información organizadamente de diferentes tipos siendo importante contar con los objetivos para que nos permitan recoger apropiadamente la información. Para esta investigación se empleará la técnica de la observación y análisis documentarios.

Como instrumento de recolección de datos a emplear en esta investigación se usará los datos suministrados por el medidor eléctrico PowerLogic de la marca Schneider y reportes de la Central Térmica San Jacinto y del área de Planificación de Mantenimiento con respecto a los objetivos de la presente investigación

2.4 Procedimiento

Para esta investigación se realizará el procedimiento de recolección de datos, visitando la empresa Agroindustrias San Jacinto S.A.A. en el área de Central Térmica San Jacinto donde se procederá a recabar los datos requeridos de los procesos dentro del ingenio para determinar las condiciones actuales de operación en la generación de energía eléctrica y su eficiencia, donde se requiere de optimizar la eficiencia energética mejorando la capacidad de generación de energía y por consecuente un ahorro en el consumo de vapor que permitirá poder tener la capacidad de tener un mayor margen de operatividad de las generadoras de vapor y por ende del generador de energía eléctrica.

En base al análisis y evaluación de la información obtenida del proceso de generación eléctrica se buscará optimizar el proceso energético.

2.5 Métodos de análisis de datos

Tabla 01: métodos de análisis de datos

Objetivo específico	Técnica	Instrumento	Resultado
Evaluar la producción de energía eléctrica actual en el Turbogenerador de 21.71 MW en la empresa Agroindustrias San Jacinto S.A.A.	Análisis de datos	Reportes digitales	Se obtuvo la producción actual de generación eléctrica
Determinar el ahorro producido con la producción de energía eléctrica del Turbogenerador de 21.71 MW.	Observación Análisis de datos	Reportes digitales	Se determinó el ahorro producido
Proponer mejora del KPI de tonelada de vapor consumida /MW energía generada por el Turbogenerador de 21.71 MW.	Análisis de datos	Reportes digitales	Encontró la mejora de la ratio o KPI de energía

Fuente: Elaboración propia.

2.6 Aspectos éticos

Durante la realización de esta investigación se emplearon datos reales proporcionados por el personal del área analizada basándonos en la responsabilidad y la ética que permitió realizar exitosamente esta investigación.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Evaluar la producción de energía eléctrica actual en el Turbogenerador de 21.71 MW en la empresa Agroindustrias San Jacinto S.A.A.

Tabla 02: Producción de energía eléctrica del Turbo Generador de 21.71 MW – 2019

Reporte de energía San Jacinto 2019	
Mes	Generación Turbogenerador 21.71 MW (MW)

ENERO	3441.45
FEBRERO	3777.01
MARZO	3415.87
ABRIL	0.00
MAYO	3523.07
JUNIO	4370.48
JULIO	5007.42
AGOSTO	4946.11
SETIEMBRE	4659.07

Fuente: Central Térmica San Jacinto, 2019

3.2 Determinar el ahorro producido con la producción de energía eléctrica del Turbogenerador de 21.71 MW.

Tabla n° 03 Costos de generación y compra de energía

Costos de energía eléctrica SJ- 2019									
Energía	UM	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto
Generación propia	KW/h	3441445	3777005	3415869	0	3415869	4370483	5007418	4946107
Suministro de terceros	KW/h	71527	97821	105420	0	105420	47561	24180	27692
TOTAL	KW/h	3512972	3874827	3521289	0	3521289	4418044	5031598	4973799
TIPO DE GASTO	UM	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto
Materiales	Soles	5299	11786	7458	0	1989	3309	14118	12173
Mano de obra	Soles	25938	25130	30815	0	19554	30095	36708	30076
Compra de energía	Soles	40988	46263	43671	64589	134498	77049	89114	91718
Depreciación	Soles	182871	181032	182107	21381	149285	193025	196173	196536
Servicio de terceros	Soles	0	0	0	0	25778	120871	0	40000
Indirectos	Soles	139683	79222	45265	2910	47379	157182	136168	116268
Total	Soles	394779	343433	309316	88881	378483	581532	472281	486771
Tipo de gasto	UM	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto
Generación propia	S/Kw	0.10	0.08	0.08	0.00	0.07	0.12	0.08	0.08
Compra de energía	S/Kw	0.57	0.47	0.41	0.00	1.28	1.62	3.69	3.31
Costo unitario total	S/Kw	0.112	0.089	0.088	0.000	0.107	0.132	0.094	0.098
Costo unitario total	S/MW	102.80	78.68	77.77	0.00	71.43	115.43	76.52	79.87

Costo unitario total	\$/MW	31.15	23.84	23.57	0.00	21.64	34.98	23.19	24.20
Diferencia de costos	S/kw	0.47	0.39	0.34	0.00	1.20	1.50	3.61	3.23

Fuente: Área de Planificación de mantenimiento Agroindustrias San Jacinto

3.3 Proponer mejora del KPI de tonelada de vapor consumida /MW energía generada por el Turbogenerador de 21.71 MW.

Tabla 04: Análisis del KPI del Turbo Generador 21.71 MW

Generación Turbogenerador 21.71 MW						
Mes	Consumo de vapor Tonelada	Generación Total MW	Distribución eléctrica MW		Tonelada de vapor/ MW generado	Promedio
			Ingenio	Venta	KPI	KPI
Enero	26683.87	3441.45	3441.45	0.00	7.75	7.78
Febrero	29136.88	3777.01	3725.46	51.55	7.71	
Marzo	26874.06	3415.87	3380.49	35.38	7.87	
Abril	0	0.00	0.00	0.00	0.00	
Mayo	26390.69	3523.07	3115.33	407.75	7.49	7.36
Junio	32293.51	4370.48	3887.77	482.71	7.39	
Julio	36571.70	5007.42	4418.42	588.99	7.30	
Agosto	36036.89	4946.11	4262.30	683.81	7.29	
Setiembre	34236.43	4659.07	3884.97	774.11	7.35	
Diferencia tonelada de vapor entre promedios						0.41

Fuente: Central Térmica San Jacinto

DISCUSIÓN

De acuerdo a los resultados obtenidos de la tabla 02 aplicado a evaluar la producción de energía eléctrica actual en el Turbogenerador de 21.71 MW se distingue que la producción de energía eléctrica es variable pero se ha ido

incrementando con relación al primer trimestre, a excepción del mes de Abril que no hubo generación por estar el ingenio en mantenimiento anual, notándose que a partir del mes de mayo se empieza a producir más energía eléctrica en relación a los meses anteriores y en el mes de julio se realizó la mayor producción de energía eléctrica (5007.42 MWh) en lo que va del año 2019 que indica que se está realizando una mayor producción de energía. Este resultado tiene coincidencia con Gestion.pe (2019) que indica que se incrementó la producción de energía en 3.1% en el mes de setiembre y la generación con RER (recursos energéticos renovables) creció 6.4% en el mismo mes.

Según los resultados obtenidos de la tabla 03 donde se analiza el ahorro obtenido con la producción del turbogenerador de 21.71 MW, en caso de no contar con dicho equipo se estaría pagando cantidades elevadas en soles solo aplicando el valor obtenido cada mes que varió desde 0.41 hasta 3.69 soles/Kw de la concesionaria si la producción de energía por el Turbogenerador en vez de generarla la compráramos a la concesionaria, ahorrándose desde 0.34 hasta 3.61 soles/kw. Este resultado coincide con Sánchez y Quesquén (2015) que menciona que se logra un ahorro económico al optimizar los procesos.

Según los resultados de la tabla 04 se determina que los KPI (indicadores) se mantiene variable entre los meses de enero a marzo (promedio a 7.78 Ton. Vapor/Mw generado) y entre mayo a setiembre (promedio 7.36 Ton. Vapor/Mw generado) a excepción del mes de abril que no hubo producción de energía eléctrica por haber estado el ingenio en mantenimiento anual, se detalla que se reduce el KPI con relación a los meses anteriores evidenciando que a mayor generación de energía eléctrica menor es el consumo de vapor por parte del Turbo Generador de 21.71 MW. Este resultado tiene coincidencia con Córdova (2018) que indica que los KPI's tienen como objetivo mejorar la eficiencia en las operaciones que exista en una empresa permitiendo más productividad.

IV. CONCLUSIONES

La operación del Turbogenerador de 21.71 MW en las condiciones actuales donde se tomó datos de la producción mensual dando como resultado que se cubre la demanda de energía del ingenio se ha ido incrementando llegando a un pico de máxima generación de 5,007.42 MW en el mes de julio, donde se tiene una potencia

efectiva de generación de 16,680 KW para la primera etapa con una condición de operación de flujo de vapor de 115 Ton/h.

Según los resultados del análisis realizado a las diferencias entre los costos de energía generada y la comprada se concluye que el contar con el turbogenerador es más económico que comprar la energía a la concesionaria porque te permite un ahorro significativo y la seguridad de contar con un equipo que puede abastecer tu incremento de consumo eléctrico.

Según los resultados que se obtuvieron en el análisis del KPI del Turbogenerador de 21.71 MW a partir del segundo trimestre a excepción del mes de Abril que no hubo producción de energía por estar el ingenio en mantenimiento anual se mejoró el consumo específico que fue mejorando y paso de un valor mínimo de 7.87 tonelada de vapor/MW en el mes de marzo llegando a un máximo valor de 7.29 tonelada de vapor/MW en el mes de agosto, lo que indica que por cada 7.29 toneladas de vapor/hora consumida por el turbo generador se generó un MW de potencia en el generador.

V. RECOMENDACIONES

Realizar el análisis energético y económico para evaluar el incremento de la electrificación de los procesos productivos del ingenio para aumentar la producción de energía eléctrica.

Realizar una evaluación energética y económica para implementar un sistema de condensador de vapor para permitir aumentar la producción de energía eléctrica con el Turbogenerador de 21.71 MW

Realizar las coordinaciones con el COES (Comité de operación económica del sistema Interconectado Nacional) para la autorización en el incremento de los límites en la exportación de energía de 2.5 a 4 MW.

REFERENCIAS.

ABANTO Mauricio, Genesis Natali. 2015. *La evaluación de la experiencia en cultivo de caña de azúcar, y su influencia en el nivel de calidad de caña. Agricultores Independientes Laredo 2014.* Trujillo : s.n., 2015.

Agencia de Sostenibilidad Energética. 2017. *¿Qué es cogeneración?* www.cogeneracioneficiente.cl. [En línea] 27 de Diciembre de 2017.
<https://www.cogeneracioneficiente.cl/que-es-cogeneracion/>.

Arellano Bastidas, Olger Gilberto. 2015. *Estudio y análisis de eficiencia energética del sistema eléctrico del hospital IESS_IBARRA.* Sangolqui : s.n., 2015.

Arroyo Murrugarra, Michael Joseph. 2018. *Optimización de la eficiencia energética en un molino semi-autógeno mediante el diseño de revestimientos utilizando simulaciones de elementos discretos.* 2018.

CABELLOS, Miguel y ZAFRA , Juan. 2016. *Balance exergetico en la turbina de vapor TGM de 21.71 MW para el incremento de su eficiencia - Empresa Agroindustrias San Jacinto S.A.A.* Nuevo chimbote : s.n., 2016.

Commission Euopean. 2010. *ec.europa.eu.* [En línea] 10 de noviembre de 2010. [Citado el: 23 de noviembre de 2019.]
https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/2011_energy2020_en_0.pdf
f. ISBN 978-92-79-18869-5.

CORDOVA, Freddy. 2018. *Evaluación de indicadores KPI en la empresa LLAMAAS S.A y propuesta para incrementar ls ventas en la ciudad de Piura - año 2018.* Piura : s.n., 2018.

El Comercio.pe. 2019. Los productores de azúcar están en una situación de incertidumbre. *El Comercio.pe*. [En línea] 28 de Junio de 2019. <https://elcomercio.pe/economia/peru/apaad-productores-azucar-situacion-incertidumbre-noticia-nndc-650415-noticia/?ref=eocr>.

Gestion.pe. 2019. Producción de energía eléctrica en Perú aumentó 3.1% en setiembre, según el Min. *Gestión.pe*. [En línea] 24 de Octubre de 2019. [Citado el: 22 de Noviembre de 2019.] <https://gestion.pe/economia/minem-energia-electrica-produccion-de-energia-electrica-en-peru-aumento-31-en-setiembre-segun-el-minem-noticia/>.

GRANDE, Nelson y GUEVARA, Roberto. 2012. *Calidad de energía y eficiencia energética en edificios públicos*. 2012.

HERNÁNDEZ, Roberto, FERNANDEZ, Carlos y BAPTISTA, Maria del Pilar. 2014. *Metodología de la Investigación*. Sexta edición. Mexico D.F. : McGraw-HILL/Interamericana editores S.A. de C.V., 2014. pág. 152. ISBN:978-1-4562-2396-0.

Impacto de programas de eficiencia energética eléctrica. **CARRILLO, Galo , y otros. 2014.** 184, Cali : Dyna, 2014, Vol. 81. ISSN 0012-7353.

KUMAR, Ranjit. 2011. *Research Methodology a step-by-step guide for beginners*. 3ra. London : s.n., 2011. ISBN 978-1-84920-300-5.

Mejoramiento de la eficiencia energética en la industria del cemento por proceso humedo a traves de la implementación del sistema de gestión integral de la energía. **CASTRILLON, Rosaura, GONZALES, Adriana y CIRO, Enrique. 2013.** 177, Cali : Dyna, 2013, Vol. 80. ISSN electrónico 2346-2183.

Rojas Gerra, Franklin Ramiro. 2019. *Análisis de los indicadores energéticos para la mejora de la eficiencia energética en la línea de producción de la empresa Agribbrands Purina SA*. Chiclayo : s.n., 2019.

SANCHEZ, Eder y QUESQUÉN , Nilton. 2015. *Evaluación de los procesos energéticos para su optimización en la ampliación de molienda del ingenio San Jacinto S.A.A. (Tesis enedita de titulación)*. Nuevo Chimbote : s.n., 2015.

Santamaría Vidaurre, Augusto Guillermo. 2016. *Propuesta de un sistema de ciclo combinado para mejorar eficiencia energética en central térmica de Paita*. Chiclayo : s.n., 2016.

Study.com. 2013. Non-Experimental and Experimental Research: Differences, Advantages & Disadvantages. <https://study.com/>. [En línea] 15 de Agosto de 2013. [Citado el: 2019 de noviembre de 17.]

<https://study.com/academy/lesson/non-experimental-and-experimental-research-differences-advantages-disadvantages.html>.

VELÁQUEZ Alonzo, Amilcar Estuardo. 2015. *Montaje de un Turbogenerador de contrapresión de 22 Mw para asegurar la continuidad de operación del ingenio La Unión, Guatemala : s.n , 2015.* Guatemala : s.n., 2015.

Talla Chicoma, E. D. (2015). *Ahorro de energía eléctrica en una industria cervecera como estrategia de excelencia operativa.* Lima.

ANEXOS

Anexo 01. Métodos de análisis de datos

Tabla 05: Métodos de análisis de datos

Objetivo específico	Técnica de procesamiento	Instrumento
Evaluar la producción de energía eléctrica actual en el Turbogenerador de 21.71 MW en la empresa Agroindustrias San Jacinto S.A.A.	Análisis de datos	Reportes digitales
Determinar el ahorro producido con la producción de energía eléctrica del Turbogenerador de 21.71 MW.	Observación Análisis de datos	Check List Reportes digitales
Proponer mejora del KPI de tonelada de vapor consumida /MW energía generada por el Turbogenerador de 21.71 MW.	Análisis de datos	Reportes digitales

Fuente: Elaboración propia

Anexo 02: Variable

Tabla 06: Operacionalización de variable

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensión	Indicadores	Escala de medición

Eficiencia energética	Sistema muy aplicado porque es más rentable que otros métodos, permite reducir las emisiones, les da la seguridad de tener energía eficiente haciéndolos más competitivos, reduciendo costos- (Commission, 2010)	La eficiencia energética en la producción de energía eléctrica consiste en aprovechar al máximo la generación eléctrica para ir reduciendo el flujo de vapor consumido conforme se va incrementando la generación eléctrica.	Consumo de vapor	Ton. Vapor/MW	Razón
			Costo de la energía eléctrica	Soles/kW	Razón

Fuente: Elaboración propia

Anexo 03: Lista de verificación

Tabla 07: Lista de verificación (Check List)

N°	ÍTEM	SI	NO	OBSERVACIONES
1	El ambiente de trabajo es aceptable			
2	El personal está capacitado para la operación del Turbogenerador			
3	El personal recibe capacitaciones sobre eficiencia energética de su área			
4	El área cuenta con un sistema de operación y control automático del Turbogenerador 21.71 MW			
5	El área cuenta con un sistema de reportes y almacenamiento de información			
6	Las instalaciones cuentan con los equipos requeridos para su funcionamiento			
7	La producción de energía eléctrica del Turbo generador es suficiente para cubrir la demanda actual y futura del ingenio			
8	Las informaciones requeridas para su análisis son fáciles de ubicar			

9	El área cuenta con sistemas de protección y seguridad			
10	El área cuenta con un programa de mantenimiento del Turbogenerador			

Fuente: Elaboración propia

Anexo 04: Información técnica Turbina BT40

Tabla 08: Información técnica Turbina BT40

Condiciones de funcionamiento	1ra etapa	2da etapa	Unidad de medida
Potencia en los terminales del generador	16.680	21.710	kw
Presión del vapor de la entrada	43	66	Bar (a)
Temperatura del vapor de entrada	400	510	°C
Flujo de entrada de vapor	115	115	Ton/h
Presión del vapor	2.5	2.5	Bar (a)
Flujo de salida de vapor	115	115	Ton/h
Consumo específico	6.89	5.29	Ton/MWh
Vapor de salida de temperatura	127	134	°C
Rotación del generador	6800	6800	Rpm
Rotación de turbina	1800	1800	Rpm
Generador de eficiencia	97.8		%
Eficiencia del reductor	98.5		%
Tolerancia		1	%

Fuente: Manual de operación, mantenimiento e instalación TGM TURBINAS

Anexo 05: Información técnica generador WEG – SPW 1120

Tabla 09: Información técnica WEG – SPW 1120

GENERADOR WEG	
Modelo	SPW 1120
Excitación	Brushless PMG
Rendimiento %	97.6% al 100% / 97.3% al 75%
Potencia	27137 KVA
Velocidad de rotación rpm	1800
Sobrevelocidad rpm	2160
Polaridad	4 polos
Frecuencia Hz	60

Factor de potencia	0.8
Amb.	40°C
Alt.	1000 m
△ T	80°C
Grado de protección	IP 54

ESTATOR	
Tensión	13800
amperaje	1135
Conexión	Y

Fuente: Manual WEG

Anexo 06: Costos San Jacinto

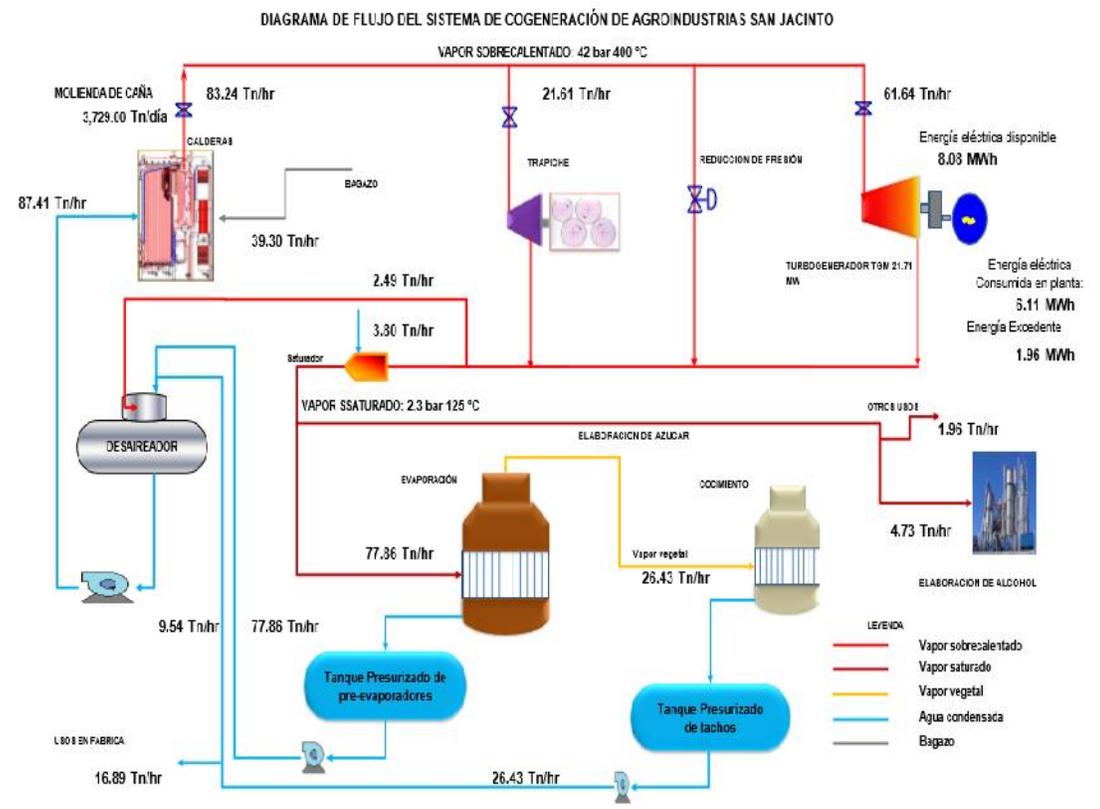
Tabla 10: Costos de energía eléctrica San Jacinto – 2019

Costos de energía eléctrica sJ- 2019									
Energía	UM	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto
Generación propia	KW/h	344144 5	377700 5	341586 9	0	341586 9	437048 3	500741 8	494610 7
Suministro de terceros	KW/h	71527	97821	105420	0	105420	47561	24180	27692
TOTAL	KW/h	351297 2	387482 7	352128 9	0	352128 9	441804 4	503159 8	497379 9
TIPO DE GASTO	UM	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto
Materiales	Soles	5299	11786	7458	0	1989	3309	14118	12173
Mano de obra	Soles	25938	25130	30815	0	19554	30095	36708	30076
Compra de energía	Soles	40988	46263	43671	6458 9	134498	77049	89114	91718
Depreciación	Soles	182871	181032	182107	2138 1	149285	193025	196173	196536
Servicio de terceros	Soles	0	0	0	0	25778	120871	0	40000
Indirectos	Soles	139683	79222	45265	2910	47379	157182	136168	116268
Total	Soles	394779	343433	309316	8888 1	378483	581532	472281	486771
Tipo de gasto	UM	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto
Generación propia	S/kw	0.10	0.08	0.08	0.00	0.07	0.12	0.08	0.08
Compra de energía	S/kw	0.57	0.47	0.41	0.00	1.28	1.62	3.69	3.31
Costo unitario total	S/kw	0.112	0.089	0.088	0.000	0.107	0.132	0.094	0.098
Costo unitario total	S/M W	102.80	78.68	77.77	0.00	71.43	115.43	76.52	79.87
Costo unitario total	\$/MW	31.15	23.84	23.57	0.00	21.64	34.98	23.19	24.20
Diferencia de costos	S/kw	0.47	0.39	0.34	0.00	1.20	1.50	3.61	3.23

Fuente: Departamento de Planificación de la producción – 2019

Anexo 07: Diagrama unifilar

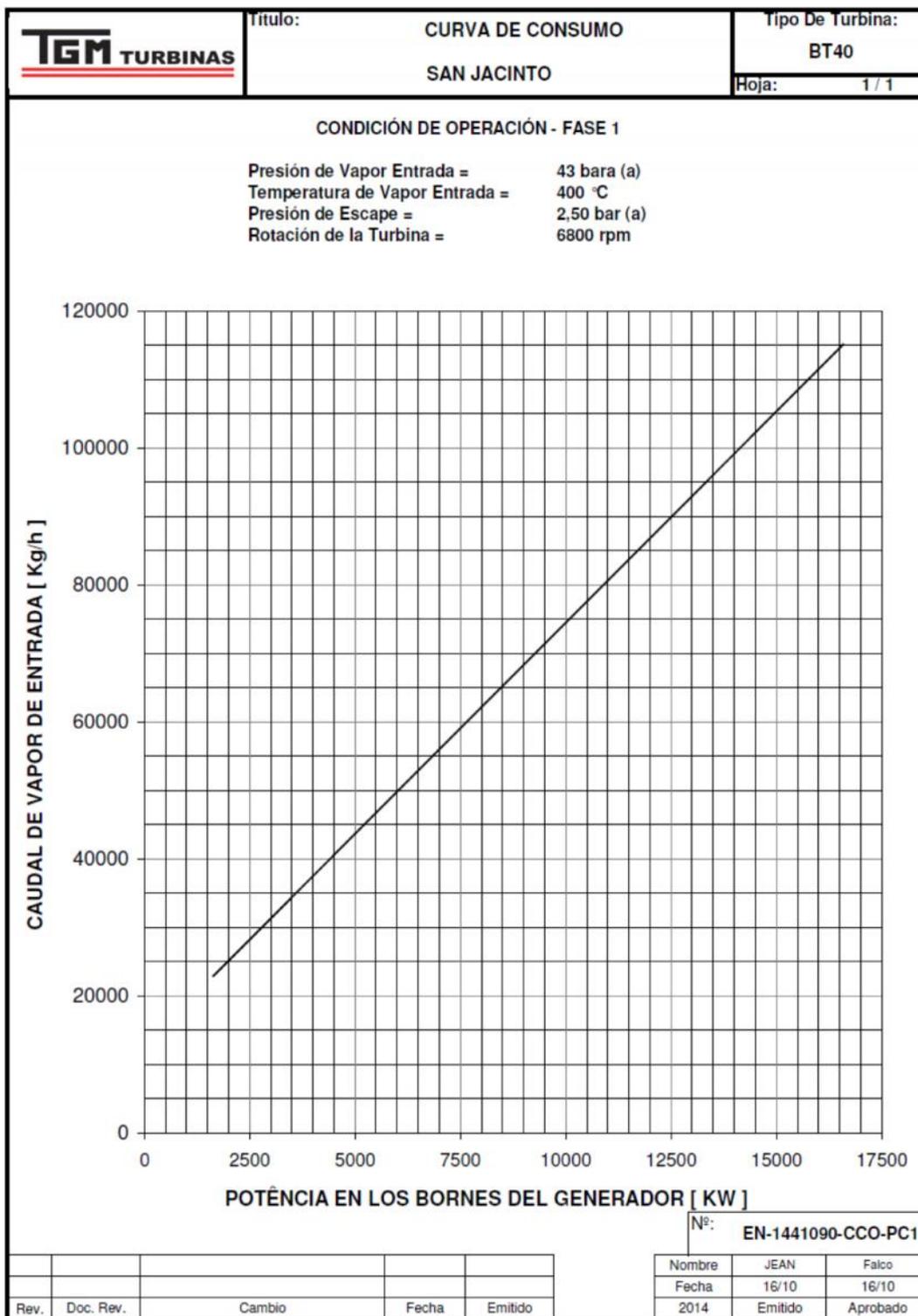
Figura 1: diagrama de flujo del sistema cogeneración de agroindustria San Jacinto



Fuente: Jefatura Generación de vapor

Anexo 08: Curva flujo de vapor vs potencia

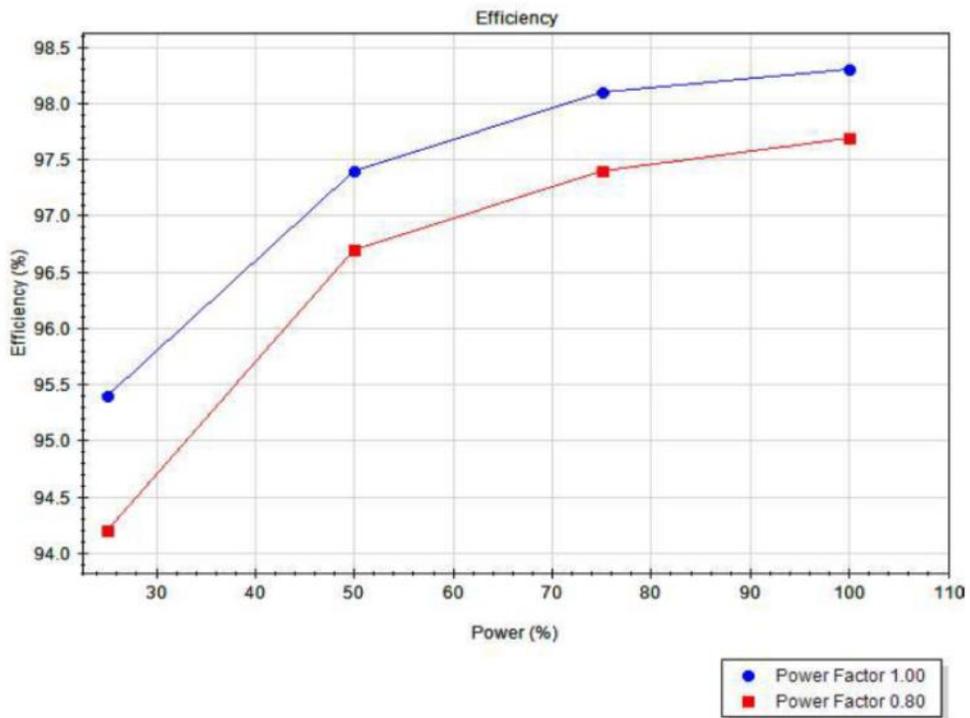
Figura 2: Curva de consumo San Jacinto



Fuente: Manual WEG

Anexo 09: Curva de potencia vs eficiencia

Figura 3: Curva de potencia vs eficiencia



High Voltage

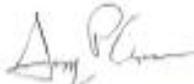
	Stator			Auxiliary	
	Phase 1	Phase 2	Phase 3	Exciter	Exciter
Voltage (kV)	28.6	28.6	28.6	1.5	1.5
Current (mA)	998.0	998.0	995.0		
Power (W)					
Frequency (Hz)					

	Rotor		Space	RTD		
	Main	Exciter	Heaters	Stator	Bearing	Others
Voltage (kV)	1.5	1.5	1.5	1.5		

Anexo 10: Certificado de calibración medidor eléctrico PowerLogic

Figura 4: Certificado de cumplimiento y calibración.

PowerLogic™

Certificate of Compliance and Calibration			
Schneider Electric certifies that the PowerLogic™ product listed below meets the published specifications and has been calibrated and tested using equipment and standards traceable to the National Institute of Standards and Technology (NIST) in the US or the National Research Council of Canada (NRC).			
Model	Part #	Serial #	Calibration Date
ION7650	M7650A1C0B6E0A0A	MJ-1611A648-05	29-Nov-2016
AUTOMATED TESTING	<ul style="list-style-type: none"> • Power supply levels tested and adjusted on variable power supply units • Communications verified • Unit ID and serial number programmed • Voltage and current inputs calibrated • Aux I/O calibrated and tested (if applicable) • Required software options programmed • Calibration constants saved to external file (if applicable) 		
FINAL TESTING AND INSPECTION	<ul style="list-style-type: none"> • Serial number verified • Firmware version verified • LCD/Keypad functionality checked (if applicable) • Memory checked • Calibration verified • Software options downloaded and verified (if applicable) • Applicable counters and registers cleared • Dielectric Withstand Test Passed 		
TEST EQUIPMENT USED TO CALIBRATE METER (If Applicable)	Model	Serial #	Test Equipment Calibration Due Date
	Rotek 8000 BC Rotek 8000 A	117BC 112	08-May-2017 01-Apr-2017
 Alexander Stoettner Quality Manager		 Gregory Aszmus Plant Manager	

Quality System
 Certified to ISO 9001



PowerLogic is a trademark of Schneider Electric.

PowerLogic™

Certificate of Compliance and Verification

Model ION7650
Part # M7650A1C0B6E0A0A
Serial # MJ-1611A648-05

The following data contains the energy test results verifying the accuracy of the above meter at the time this test was performed.

The meter has been factory tested in accordance with *Schneider Electric's* verification procedures on equipment that is traceable to either *N.I.S.T.* (US) or *N.R.C.* (Canadian) standards.

Accuracy Data

Step	acc	volt_a	volt_b	volt_c	pac	pac	amp_a	amp_b	amp_c	ph_a	ph_b	ph_c
1	99.968	120.00	120.00	120.00	120	240	0.250	0.250	0.250	0	120	240
2	99.969	120.00	120.00	120.00	120	240	2.500	2.500	2.500	0	120	240
3	99.991	120.00	120.00	120.00	120	240	2.500	2.500	2.500	60	180	300
4	99.988	120.00	120.00	120.00	120	240	5.000	5.000	5.000	0	120	240
5	99.998	120.00	120.00	120.00	120	240	5.000	5.000	5.000	60	180	300
6	99.962	120.00	120.00	120.00	120	240	10.000	10.000	10.000	0	120	240
7	99.983	120.00	120.00	120.00	120	240	10.000	10.000	10.000	60	180	300
8	99.988	120.00	120.00	120.00	120	240	15.000	15.000	15.000	60	180	300
9	99.985	120.00	120.00	120.00	120	240	20.000	20.000	20.000	60	180	300

Quality System
Certified to ISO 9001



PowerLogic is a trademark of Schneider Electric.

Anexo 11: Parámetros de los generadores de vapor de AISJ.

Tabla 11: Datos de los generadores de vapor de AISJ.

Descripción de Parámetros	UND	CALDERA FW N°01		CALDERA FW N°03	
		DISEÑO	OPERACIÓN	DISEÑO	OPERACIÓN
Datos del caldero					
Año de fabricación	año	1975	-	1968	-
Presión de vapor de salida	Psig	690	600	698	600
Temperatura de vapor	°C	371	403	371	400
Flujo de vapor producido	Ton/h	50	38	50	38
Potencia	HP	1691	-	1691	-
Volumen de agua	m3	32,5	-	33	-
Nivel del domo	%	-	48	-	47
Temperatura de combustión en la parrilla(horno)	°C	993	981	993	865
Eficiencia de la caldera	%	64,26	51,84	64,26	51.84
Flujo de agua					
Presión de agua	Psi	-	720	-	720
Temperatura de agua	°C	96	120	96	120
Alimentadores de Bagazo					
Temperatura de bagazo entrada a la caldera	°C	-	43	-	41
Humedad promedio de bagazo	%	47/49	47.5	47/49	47.5
Exceso de aire para la combustión	%	-	48	-	48
Temperatura de la chimenea (Tch)	°C		190		190

Fuente: Elaboración propia.