Maestría en Administración Pública

Artículo de investigación aplicada

REPOTENCIACIÓN DEL SISTEMA GENERACIÓN DE VAPOR PARA CENTRAL TERMOELÉCTRICA SANTA ELENA Y SU RELACIÓN CON LA CALIDAD DE SERVICIO

REPOWERING OF THE STEAM GENERATION SYSTEM FOR THE SANTA ELENA THERMOELECTRIC PLANT AND ITS RELATIONSHIP WITH THE QUALITY OF SERVICE

Julio César ORDINOLA BASTIDAS, Williams Rubens NARANJO ROSALES, y María Elena GODOY ZÚÑIGA

a. Ingeniero en Electrónica, Jefe de Operaciones Central Térmica Santa Elena, Celec Ep Electroguayas, Email : jcob0927@gmail.com.
b. Ingeniero Mecánico, Supervisor de Mantenimiento Central Térmica Santa Elena, Celec Ep Electroguayas, Email : wrnaranjo@hotmail.com.
c. Dra. en Lenguajes, Literaturas y us Culturas y sus Aplicaciones. Docente ESAI Business School-Universidad Espíritu Santo, Email : mariaegodoy@uees.edu.ec

Palabras clave

Sistema de generación de vapor, termoeléctrica, Calidad de servicio

Clasificación JEL

RESUMEN: **RESUMEN**: El objetivo de este estudio es diseñar una propuesta sobre la implementación de la repotenciación del sistema de vapor de la central termoeléctrica Santa Elena ubicada en la provincia de Santa Elena, con la finalidad de obtener una mejor calidad de combustible, sostenibilidad y mejora de los costos operativos. El enfoque del estudio es mixto ya que la investigación hace uso de estudios cuantitativos y cualitativos. De acuerdo con la revisión documental y observación in situ, se obtuvo como resultado, que desde el año 2012, todos los motores del sistema de generación de vapor se restringieron al 85%. En este contexto, adicionalmente se siniestraron 5 motores, de los cuales 3 son de calderas. Esto ha constituido una merma de vapor que no se puede recuperar porque los motores no se pueden operar al 100%. Con base a la problemática abordada, se propone la inversión de la compra de una caldera auxiliar para poder solventar la deficiencia de la generación de vapor y su potencial ahorro de consumo de combustible y tiempo de arranque. Por lo que se concluye que el Estado a través de la intervención estratégica y gestión oportuna en casos emergentes regionales, genera la efectividad para restaurar la infraestructura del sistema eléctrico a fin de cumplir con la soberanía nacional y ofrecer calidad de servicio público.

Key words

Steam generation system, thermoelectric, Quality of service

JEL Classification

Abstract: The objective of this study is to design a proposal on the implementation of the repowering of the steam system of the thermoelectric plant Santa Elena in the province of Santa Elena, in order to obtain better fuel quality, sustainability and improvement of operating costs. The focus of the study is mixed since the research makes use of quantitative and qualitative studies. According to the documentary review and in situ observation, it was obtained as a result that since 2012, all the engines of the steam generation system were restricted to 85%. In this context, 5 engines were damaged, of which 3 are boilers. This has constituted a loss of steam that cannot be recovered because the engines cannot operate at 100%. Based on the problem addressed, the investment of the purchase of an auxiliary boiler is proposed in order to solve the deficiency of steam generation in operation and its potential savings in fuel consumption and start-up time. Therefore, it is concluded that the State, through strategic intervention and timely management in emerging regional cases, generates effectiveness to restore the infrastructure of the electrical system in order to comply with national sovereignty and offer quality public service.

INTRODUCCIÓN

El uso mundial de energía en rápido crecimiento ha generado preocupaciones sobre las dificultades de suministro, el agotamiento de los recursos energéticos y los fuertes impactos ambientales (Muñoz, 2008). En este contexto, Mitrovic et al. (2016) indican que la eficiencia energética es hoy un objetivo prioritario de la política energética a nivel regional, nacional e internacional. Por ese motivo, los esfuerzos deben ir de la mano con los intereses de la ciudadanía (Satyavada y Baldi, 2018;Franco, et al., 202).

Ante estos aspectos, la falta de inversión y planificación a largo plazo de proyectos de generación eléctrica que suministran energía al sistema eléctrico interconectado nacional, expresan un discordancia e impiden la realización y ejecución con importantes proyectos de inversión vitales para proveer a la nación. En su lugar, proponen diseños de una infraestructura cada vez más vulnerable en materia energética, esto, debido a la falta de un programa global en todo el sistema energético (Pavón, 2020). En virtud de esto, si se direcciona de manera correcta la asignación de los fondos públicos, se palpa la eficacia de las inversiones. En este escenario, surge la necesidad que el diseño del presupuesto se enfoque a programas presupuestales con miras a satisfacer demandas regionales (Miremadi et al., 2018; Vásquez y Torres, 2023).

Por otro lado, abastecer el sistema de energía eléctrica sostenible y mantener la buena práctica de gestión por parte de todos los operarios, técnicos y profesionales del sistema

industrial, debe relacionarse con la asignación del presupuesto. Esto debe encaminar su direccionamiento al control y supervisión de las máquinas que sustentan todo el sistema de energía eléctrica de un país. Por eso, la sinergia entre la dirección y misión de cada uno de los entes públicos podrá ofrecer calidad en el gasto y el fin último de bienestar social (Rojas, 2022).

En referencia al sistema de Generación de vapor de la Central Termoeléctrica de Santa Elena, la calidad de servicio de esta entidad está ligado a mantener parámetros óptimos en el combustible utilizado. Sin embargo, existe una deficiente función del sistema, considerando factores propios de planta como es el funcionamiento con restricción al 85% de su carga nominal recomendado por el fabricante. Además, la Central contiene unidades que se encuentran fuera de servicio de forma permanente que afectan directamente a la producción de vapor de calderos en forma puntual, lo que impide la eficiencia de estos equipos. Por lo que se plantea que la implementación de un caldero auxiliar incide en la recuperación de los niveles de generación de vapor del diseño original para la planta Termoeléctrica de la península de Santa Elena. Esto va a ayudar a que se pueda dar un mejor servicio al Estado, generando más eficiencia con menos recursos.

La relevancia del tema radica en que los sistemas de generación de vapor son una parte fundamental de la operación eléctrica de todas las empresas que proveen de un servicio de alumbrado público a la ciudadanía. En ese sentido, las entidades gubernamentales realizan mejoras continua como requerimiento para su buen desempeño.

Por lo tanto un análisis y evaluación de mantenimiento de dichos sistemas, es beneficioso para invertir recursos que permitan el desarrollo de un proceso más estructurado.

El objetivo de este estudio es diseñar una propuesta sobre la implementación de la repotenciación del sistema de vapor en la Central Termoeléctrica de la provincia de Santa Elena, con la finalidad de obtener una mejor calidad de combustible, sostenibilidad y mejora de los costos operativos.

PERSPECTIVA TEÓRICA

Teoría de los sistemas

Un sistema es un todo, una globalidad hecha de partes distintas en interacción, todas ellas interdependientes y que actúan juntas hacia un fin común. El sistema organizado existe por su propia dinámica que tiende al auto equilibrio y la autosostenibilidad. Una organización no es nunca una unidad completa y terminada, sino un organismo social vivo y sujeto a cambios constantes. Es un sistema abierto que existe en el interior de otro sistema mayor que lo conforman el entorno dentro de otro sistema social. Empresa y entorno son dos sistemas interdependientes y, por eso, irreductibles (Krasniqi et al.,2018; Campoverde, 2022).

Ahora bien, recordemos que los sistemas, a través de su corriente de entrada, reciben la energía necesaria para su funcionamiento y mantención. En general, la energía que

importa el sistema del medio tiende a comportarse de acuerdo con la ley de la conservación, que dice que la cantidad de energía (ya sea ésta representada por materias primas, recursos financieros o recursos humanos) opera sobre la materia, energía o información obtenida del ambiente y la transforman en resultados (outputs) para devolverla al ambiente (Rajesh et al., 2021)

Según Bertalanffy, el sistema es un conjunto de unidades recíprocas relacionadas. De ahí se deducen dos conceptos: propósito (u objetivo) y globalismo (o totalidad). El Propósito se refiere a que estas relaciones definen una distribución que trata siempre de alcanzar un objetivo. Mientras que Globalismo o totalidad se refiere a que si una de las unidades cambia, con probabilidad producirá cambios en las otras. Hay una relación de causa/efecto (Patro,2016).

De estos cambios y ajustes, se derivan dos fenómenos: entropía y homeostasia. Antes de abordar la definición de estos últimos aspectos, se necesita mencionar que entre la tipificación de los sistemas, se hallan los sistemas abiertos, constituidos de acuerdo a su naturaleza. Estos presentan intercambio con el ambiente, a través de entradas y salidas. Intercambian energía y materia con el ambiente. Son adaptativos para sobrevivir. Su estructura es óptima cuando el conjunto de elementos del sistema se organiza, aproximándose a una operación adaptativa. Mientras que los sistemas cerrados, cumplen con el segundo principio de la termodinámica que dice que “una cierta cantidad llamada entropía, tiende a aumentar al máximo" (Piloto-Rodríguez, et al. 2022).

Se define como Entropía a la tendencia de los sistemas a desgastarse, a desintegrarse. De aquí nace la neguentropía, o sea, la información como medio o instrumento de ordenación del sistema Homeostasia que es el equilibrio dinámico entre las partes del sistema. En otras palabras, el cambio de estados más ordenados u organizados a estados menos ordenados y organizados es una cantidad definida y medible, de la entropía (Zamora, 2020).

Por otro lado, el término «fuel oíl pesado» se refiere a distintas mezclas de combustibles líquidos de origen mineral de alta viscosidad. El fuel oíl pesado también se denomina «Heavy Fuel Oíl (HFO)», «Marine Fuel Oíl (MFO)», «Residual Fuel Oíl (RFO)», «fuel oíl pesado», «fuel oíl S», o «combustóleo» (Cárdenas, 2022).

Modelos Termodinámicos

En referencia al concepto de los Modelos termodinámicos, estos combinan los conceptos de economía y análisis de energía y proporcionan una posibilidad de optimización, ya que se combinan algunos elementos como un generador de energía que se combine con los demás sistemas para lograr el mejor balance entre la termodinámica, la eficiencia y costo económico (Krasniqi et al.,2018)

Para comprender el uso y adaptación de estos modelos, es necesario comprender que entre los principios más importantes que describen los procesos físicos se encuentran las leyes de la termodinámica. Ellas se encuentran relacionadas con los intercambios de energía y con la tendencia de sus flujos, especialmente de la energía calórica (Dincer, 2001;Sanz, et al.,2011). Cuando dos cuerpos que poseen la misma temperatura son colocados uno al lado del otro, sus temperaturas permanecen constantes. Esta es la llamada ley "cero" de la termodinámica. Entre uno y otro cuerpo no existe un flujo neto de energía calórica. Ambos cuerpos se encuentran en un equilibrio estadístico (Piedra, 2022).

Dentro de este concepto, se reitera que la entropía, o la ley de la entropía, es un concepto que proviene de la física y es una conclusión a que se llega a partir de la segunda ley de la termodinámica. Según esta ley, los sistemas en general tienen la tendencia a alcanzar su estado más probable. En otras palabras, existe una tendencia natural de los cuerpos a pasar de distribuciones menos probables a otras más probables . Ahora bien, en el mundo de la física, el estado más probable de esos sistemas es el caos, el desorden y la desorganización(Cengel y Boles, 2014; Cardenas et al., 2017).

Sistema de Generación de vapor

La generación de vapor consiste en la integración de una caldera y de sus elementos, cuyo fin es transformar agua de estado líquido en estado gaseoso a temperaturas

diferentes a las atmosféricas. Dentro de las partes de este sistema tiene un rol preponderante las calderas (Retirado et al., 2022).

La caldera de vapor es un recipiente metálico en el que se genera vapor a presión a través de la acción del calor, el objetivo primordial es la producción de energía eléctrica mediante turbinas a vapor. Dentro de la clasificación de los tipos de caldera, se hallan las fijas y las portátiles que se encuentran dentro de las de movilidad. Según las de presión de trabajo, están las Supercríticas más de 200 kg/cm ^{2}; Alta presión 10 a 220 kg/cm^2, Media presión 2,5 a 10 kg/cm^2 y Baja presión 0 a 2,5 kg/cm^2 (Ochoa et al., 2019; Rubio, 2019) .

Por otro lado, se encuentran las calderas de acuerdo con su generación: agua caliente y vapor saturado. Según su ingreso de agua a la caldera: circulación natural y circulación forzada y por último, se encuentran las de circulación de agua y de los gases en las zonas de los tubos que se clasifican en Pirotubulares y Acuotubulares. (Agarwal, 2013; Rrabakaran et al. , 2022).

Ahora bien, la caldera de vapor pirotubular ha sido concebida especialmente para el aprovechamiento de gases de recuperación. Mientras que calderas Acuotubulares han sido implementadas en las centrales eléctricas y otras instalaciones industriales. Su capacidad de éxito reside en que el tiempo de arranque para la producción de vapor a su presión de trabajo es mínimo. Además, posee la particularidad de trabajar a altas presiones,

dependiendo del diseño. Su eficiencia térmica está por encima de cualquier caldera de tubos de humo (Pérez et al.,2017; Colchado, 2018).

Para determinar el rendimiento energético de una caldera es necesario realizar mediciones in situ durante el período exacto del trabajo de parámetros como: la distribución de temperatura superficial, la composición de los gases de escape y el flujo de agua alimentar (Muñoz, 2008; Jiménez, et al.,. 2016; Barrera, et. al., 2018).

En este mismo escenario, dentro del circuito de alimentación de combustible, el agua como el combustible líquido, necesitan un tratamiento especial antes de ingresar a la caldera. El propósito es aumentar la eficiencia y alargar la vida útil de la misma. Hay que considerar que las calderas pueden utilizar diferentes tipos de combustibles como los combustibles sólidos, combustibles líquidos y los combustibles gaseosos que aportan las mejores condiciones para entrar en combustión (González, 2017; Bahamondes & Oswald, 2021).

Un aspecto sensible que se debe considerar es que en el uso de ellos, como por ejemplo el fuel oíl (bunker) debe ser previamente precalentado debido a su viscosidad Sanz y Patiño, 2018; Muñoz y Menéndez Chávez, 2021).

En este mismo contexto, las calderas de recuperación son equipos de transferencia de calor con el fin principal de recuperar el calor de los gases que escapan de la turbina o grupo de

turbinas a gas y generar vapor (Castillo, et al, 2021), que luego será utilizado en un ciclo de potencia de vapor. Las calderas de recuperación pueden generar vapor de proceso a baja presión (en plantas de cogeneración) o vapor sobrecalentado a alta presión y alta temperatura para uso en turbinas de vapor (Gallo, 2018; Medianceja, 2020).

Calidad del servicio dentro del sistema organizacional

Los subsistemas de una empresa pueden ser sus diferentes áreas funcionales y el supersistema puede ser la comunidad o la región. Ambos requieren cumplir ciertas características para ser categorías confiables en el cumplimiento de las expectativas de una comunidad

Para ofrecer una verdadera calidad de servicio público, hay que entender que es necesario evaluar los procesos de gestión para satisfacer las demandas de los ciudadanos. Y esto solo será posible, cuando el sistema organizacional haya identificado las oportunidades de mejora en las situaciones anómalas que están obstaculizando la ejecución de la planificación empresarial (Fuster, 2023).

En relación con la sinergia que debe ponderar en cada estado, hay cierta resistencia a cambio, específicamente cuando el entorno es desconocido, o, se teme que estos cambios

no sean los más favorables para el ordenamiento al que se quiere llegar. En ese sentido, es necesario establecer algunas pautas que ayuden a aceptar los cambios que requieran las organizaciones o los departamentos en beneficio de un mejor servicio. En la figura 1, se advierte el proceso de cambio que deben seguir las organizaciones con el fin de mantener la sostenibilidad de las empresas y las mejoras acordadas para el cumplimiento de los objetivos constitucionales (Quiñones, 2022).

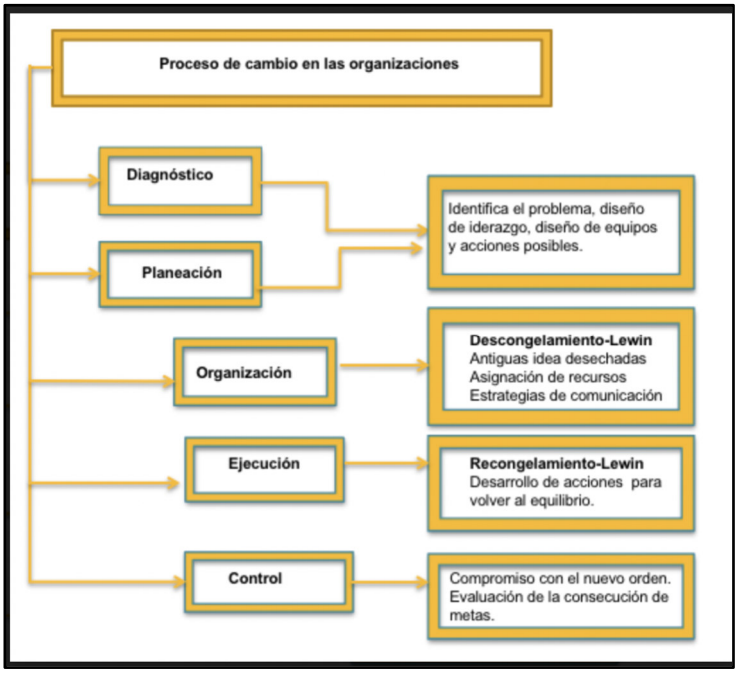


Figura 1. Proceso de cambio en las organizaciones

Elaboración propia

En este mismo escenario, se obtiene la contraparte de un sistema organizacional que no invierte en activos para solventar pérdidas importantes. La figura 2 presenta un ciclo que expone lo siguiente: si se rebajan las inversiones del presupuesto del Estado, lo que se obtienen son costos que muchas veces es imposible compensarlos. Las variables Rebaja de

costos, Rebaja de calidad de materia prima, Rebaja de calidad de producto y Recorte de presupuesto, tienen incorporado un elemento sobrante, pues la ‘rebaja’ o el ‘incremento’ siempre va a perjudicar la calidad de servicio hacia el ciudadano/cliente. presenta un ciclo donde todas las relaciones son directas o positivas, es decir, a más de A, más de B, luego cuando A rebaja, B también lo hace. En ese sentido, si los costos bajan, como todas las relaciones son directas, las variables del diagrama, incluyendo las ventas, bajarán también. Este es el sentido de un bucle reforzado.

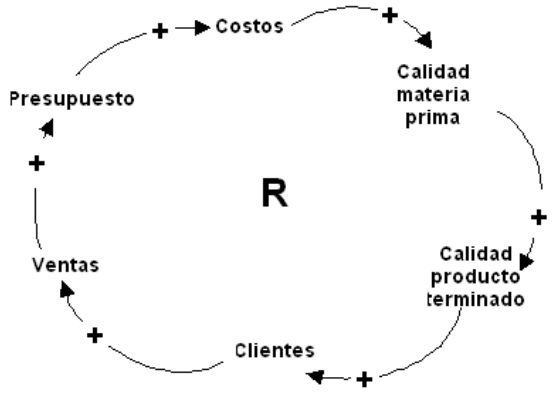


Figura 2: Diagrama causal de las pérdidas en la empresa como consecuencia de una política de rebaja de costo

Ahora bien, dentro de la línea en ponderar una nueva administración organizacional se debe proponer la aplicación de un modelo actual de gestión, que reestructuren las estrategias para conducir procesos adecuados, de tal modo que supere los antiguos esquemas de administración. Desde el enfoque teórico sobre la calidad de servicio, se requiere transformar el desempeño de gestores técnicos, la innovación del liderazgo, los modelos de contratación pública y la elaboración de planes acordes a las necesidades de la ciudadanía. Todo esto en convergencia con la eficacia organizacional en el desarrollo de un

programa que impulse cambios en diferentes ámbitos, haciendo factible la consecución de un objetivo (Puicon, 2023).

Ferrés y Masanet (2017) destacan que las acciones del profesional público eficiente son aquellas en que se consigue llegar al mismo fin reduciendo la cantidad de recursos utilizados. Mientras que el profesional eficaz, coadyuva al logro de objetivos y metas en un tiempo determinado.

DISEÑO METODOLÓGICO

Enfoque, diseño y método

El enfoque metodológico de la investigación es mixto, ya que la investigación posee estudios cuantitativos como la presentación de datos estadísticos sobre inversión estatal y las proyecciones de costo y ahorro energético. Por otro lado, participa de estudios cualitativos mediante la presentación de una propuesta que mejorará el sistema de generación de vapor para brindar un mejor servicio. El enfoque es el pertinente para recolección, procesamiento de datos, ya que conforme lo plantea Hernández et al. (2014) es vital comprender el comportamiento de las variables dentro de una organización pública que necesita de propuestas de innovación para mejorar sus recursos. El diseño es no experimental de carácter explicativo cuyo método de razonamiento es el lógico-inductivo.

Tipo y Alcance de Investigación

Para el desarrollo del presente trabajo se utilizó investigación de campo y alcance exploratorio, ya que la información proviene del lugar objeto de estudio. Además, se observó la problemática de un sistema de vapor dentro de las instancias de la Central Termoeléctrica de Santa Elena en su contexto natural, interpretando el fenómeno de acuerdo a los resultados obtenidos con la técnica de la observación y análisis.

Unidad de análisis

Este estudio se llevó a cabo en la Central Termoeléctrica de la Provincia de Santa Elena

Método de recolección de la información

A través de fuentes secundarias, se realizó una revisión bibliográfica mediante criterios de búsqueda como sistemas de generación de vapor, tipos de combustible, conceptualización y caracterización del comportamiento de una caldera, así como la relación de los modelos termodinámicos y el comportamiento de los sistemas termoeléctricos.

Posterior a la recopilación y revisión de literatura, se procedió con el diseño de instrumentos que se aplicaron para obtener datos e información de la unidad de análisis establecida para la investigación. Además, se realizó la extracción de datos estadísticos contenidos en la literatura revisada en la etapa anterior, los cuales sirvieron como refuerzo a

los instrumentos diseñados y brindaron soporte al desarrollo del informe final de investigación.

Procedimiento de recolección de información

Para esta investigación se hizo uso de un amplia revisión de la literatura y de la selección de los documentos que contenían informes estadísticos de los datos sobre la proyección del gasto y diseño de la operatividad para solucionar la necesidades del siniestro de algunas partes muy importantes del equipo del sistema de generación. Los datos sobre el estudio situacional de la operación del sistema de generación de vapor fueron seleccionados para la exposición de los porcentajes. Para ello se utilizan los gráficos a través del uso del sistema Excel.

Ya obtenida la información a través de la observación de la situación inicial del sistema de generación de vapor, se realizó un diagnóstico situacional de la central. Como parte del equipo Técnico Operacional de CELEC EP apegados a la visión de mejoras de la institución pública, se plantea un proyecto de mejoramiento de calidad mediante una contratación pública que implica inversión presupuestaria mediante la Repotenciación del Sistema de Generación de Vapor utilizando tecnológica adecuada a la realidad operacional en la planta de generación, con el objetivo de volver a los parámetros operativos óptimos de funcionamiento recomendados por el fabricante de las unidades de generación, perdidos por las restricciones detalladas anteriormente, además de disminuir los costos operativos y

mejorar su rentabilidad por la reducción en la utilización de combustible diésel debido a la reducción de tiempos de arranque, reducir el impacto de combustible en condiciones no ideales en las máquinas con lo que se obtendrá el alargar vida útil de todas sus partes y aumentar los niveles de disponibilidad de energía justifican este proyecto de repotenciación

RESULTADOS

Marco contextual

La Unidad de Negocio ELECTROGUAYAS es una empresa pública que entre sus activos fijos dispone de la Central de Generación Termoeléctrica Santa Elena I de 90 MW, la misma que se ubica en el km. 4 ½ vía a Santa Elena - Ancón en la provincia de Santa Elena. Esta unidad cuenta con cincuenta y tres (53) unidades de generación de combustión interna, trabajando en cuatro bahías de operación denominada Power House o Engine Hall, que utilizan como combustible Heavy Fuel Oíl (HFO) y/o Diesel Fuel Oíl (DFO), cuya potencia de generación eléctrica es de 90.1 MW.

En la actualidad cuenta con 48 unidades operativas de generación por motores de Combustión Interna y 5 unidades fuera de servicio, cada una genera 1.445 MW (85% de su potencia nominal por recomendación del fabricante desde el año 2012) con la capacidad total de planta de 69.36 MW, cada uno de ellos dispone de un sistema de alimentación de combustible constituido por cañerías, bomba de inyección e inyectores. Así mismo cuenta

todo el sistema con 7 calderas del tipo de recuperación de gases, que son intercambiadores de calor.

Ahora bien, los gases de combustión del motor viajan a un colector común para ponerlos en contacto con la parte exterior de tubos en los cuales circula internamente agua tratada, calentando el agua y produciendo vapor bajo parámetros idóneos según diseño de fábrica. Este tiene la misión prioritaria de calentar el combustible y mantenerlo dentro de un rango óptimo de temperatura. (CNCI, 2007), la capacidad de diseño de generación de vapor de las calderas es de 1000 Kg/h cada una, con una presión óptima de diseño de 7 bares, pero en realidad, su presión de trabajo varía de 3.5 a 6 bares, afectando la eficiencia de la planta.

Diseño de la propuesta sobre repotenciación de generación de vapor

Situación actual

El encendido de la planta de generación es de forma paulatina y directamente proporcional al encendido de las calderas de recuperación, en este lapso hasta que llegue a plena carga se utiliza combustible Diésel al momento del arranque que no necesita calentamiento y en un lapso de tiempo de 4 horas se cambia a combustible fuel oíl combustible de trabajo continuo; se puede indicar que cuando se trabaja a baja carga a con

23.12 MW (lo recomendado es 30 MW por fabricante) que es la carga declarada por el Centro Nacional de Control de Energía CENACE.

Esto implica apagar unidades de generación y por ende las calderas, provocando una disminución de generación de vapor y la calidad del mismo, afectando directamente a los parámetros idóneos para el combustible Fuel Oíl (12 a 14 cSt, 110 °C a 140°C), generando problemas como taponamientos en las líneas de combustible, sistemas auxiliares de aceite, ,afectación y desgaste abrasivo en elementos como bombas, block de presión, inyectores, toberas lo que provoca problemas en el funcionamiento del Motores de Combustión hasta el punto de sacar de servicio la unidad, y ante esto se plantea la necesidad de una eventual Repotenciación del Sistema de Vapor para Central Santa Elena.

Con esta finalidad se describe la situación inicial del funcionamiento y la propuesta de implementación de una caldera auxiliar.

Propuesta de repotenciación

Situación inicial de funcionamiento

Inicialmente, la Central Santa Elena inició con 53 motores, los motores divididos en grupo de 4, excepto el último grupo que posee 5. Hay 7 grupos de motores, cada uno posee una caldera de recuperadores de gas. 4 motores de uno de estos grupos van a una caldera aportando sus gases de combustión, que son gases calientes, al agregarle agua, se crea

vapor. Todos estos motores trabajan al 100% de carga dando una presión de 7 bares. y una temperatura que llegaba a los 140 grados centígrados para preparar combustible. En el año 2012, por recomendación del fabricante, todos los motores se restringieron al 85%.Esto significa que las calderas trabajan en este mismo porcentaje. En este contexto, se siniestraron 5 motores, de los cuales 3 son de caldera. Esto constituye una merma de vapor que no se puede recuperar porque los motores no se pueden poner al 100%.

En base a los criterios analizados en el apartado anterior, y a las directrices y mejores prácticas de las diferentes normas, se propone que la empresa CELEC EP, instaure una repotenciación del sistema de vapor para la generación de un mejor servicio en el sistema eléctrico. Sin embargo se debe analizar la viabilidad, es decir, hay que considerar si este nuevo sistema será capaz de adaptarse a las variaciones de un medio cambiante. Por otro lado. Desde el aspecto económico el costo de generación está en función de la eficiencia de la planta y del costo del combustible. Para que esto pueda ocurrir, el sistema debe poseer tres características básicas:

a) ser capaz de auto organizarse, es decir, mantener una estructura permanente y modificarla de acuerdo con las exigencias;

b) ser capaz de auto controlarse, es decir, mantener sus principales variables dentro de ciertos límites que forman un área de normalidad y finalmente

c) poseer un cierto grado de autonomía; es decir, poseer un suficiente nivel de libertad determinado por sus recursos para mantener esas variables dentro de su área de normalidad.

Repotenciación del sistema en la generación de vapor

Para repotenciar el sistema de vapor, se debe colocar un caldero auxiliar que compense ese caldero que ya no se va a recuperar por la ausencia de unidades por la restricción de carga. Actualmente, las calderas existentes los gases recuperan y hacen el vapor. La caldera que esté lista para trabajar, necesito que la central esté trabajando 5 horas, en estas 5 horas se consume diésel. Una vez que ya tiene vapor la misma que calienta el búnker, HFO. Una vez que tenga la temperatura, se hace el intercambio de calor. El búnker que es un combustible pesado, por la temperatura se vuelve más viscoso y eso ayuda al cambio de combustible generando menos costos. Todo está implementación evita el desgaste de la máquina por su temperatura adecuada y se alarga la vida la vida útil de las piezas. También se reduce la cantidad de horas en hacer el cambio de combustible. Es importante indicar que la implementación de una nueva caldera, no se pretende mejorar la generación en MW, se mantiene la misma generación. Sin embargo, el ahorro del diésel con arranque es de 4 horas(600 galones promedio)a 1 horas (1500 galones) estimado. En las figuras se muestran las predicciones de este proyecto en beneficio del Estado.

A continuación se presentan los datos estadísticos de la información sobre el Diseño y cálculo de los procesos de transferencia de calor y las proyecciones de consumo y ahorro con la implementación del caldero auxiliar, motivo de esta propuesta.

Tabla 1. *Energía Generada del 2018 - 2022, para la Central Santa Elena I*

CSE II	GENERACIÓN (MW/HR)												
	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	TOTAL
2018	18825,91	28550,92	41533,08	37882,23	34177,25	30152,35	29055,48	27780,38	28037,44	41945,74	36850,22	35466,06	392275,06
2019	36227,31	28136,69	31572,10	35973,00	32586,74	30265,33	31515,44	29308,83	28834,22	6408,52	0,00	0,00	292847,18
2020	10298,87	16161,54	10053,94	4310,76	1130,99	2915,74	10,65	555,82	34,28	12862,88	33068,97	9100,14	102524,58
2021	706,05	3029,60	1245,70	0,00	0,00	0,00	204,83	479,08	4239,10	13300,05	1752,98	183,56	27161,94
2022	26288,16	22246,08	462,76	679,90	2857,55	3527,48	1368,48	3623,10	19959,66	33483,41	37732,05	41915,55	196166,18
													1010974,94

CSE II	CONSUMO FUEL OIL (GL)												
	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	TOTAL
2018	1075375,99	3384150,50	2480930,90	4504924,62	2026668,52	3589261,96	1727310,21	1647435,71	3321706,34	24950389,96	21831213,32	2106169,45	30544112,48
2019	2164156,19	3361591,26	1885251,14	4295223,28	1936027,58	1801331,36	1878919,01	1748469,14	3428912,64	374436,47	0,00	0,00	22876337,07
2020	583488,51	1852962,06	561586,78	38150,74	50563,29	302917,20	0,00	26045,19	0,00	741478,73	38916953,30	519490,05	8570397,85
2021	35947,28	335636,00	65315,74	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	373036,94	741285,08	169956,66	0,00	1723198,70
2022	1535519,14	2636288,18	18175,51	28056,96	139653,06	355618,18	63284,18	143266,52	2282547,22	19721655,53	44709102,82	2514259,12	161617766,42
													79875812,52

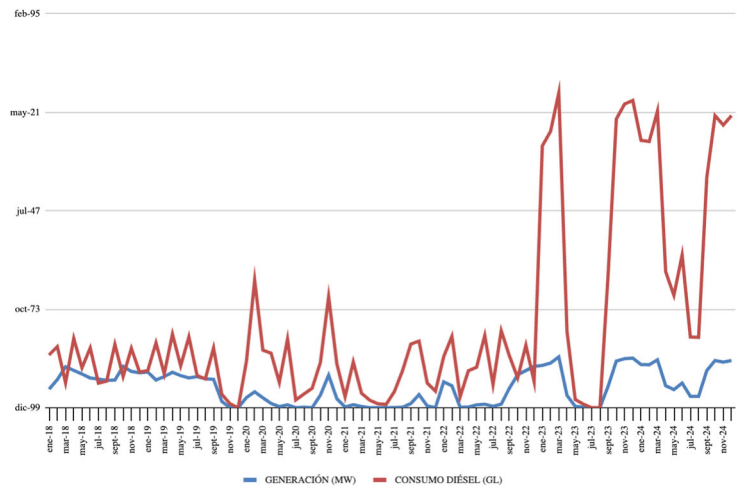


Figura 3. Consumo de diésel

Análisis: Como se puede apreciar en la figura 3, se hallan los datos del consumo de diesel por años.

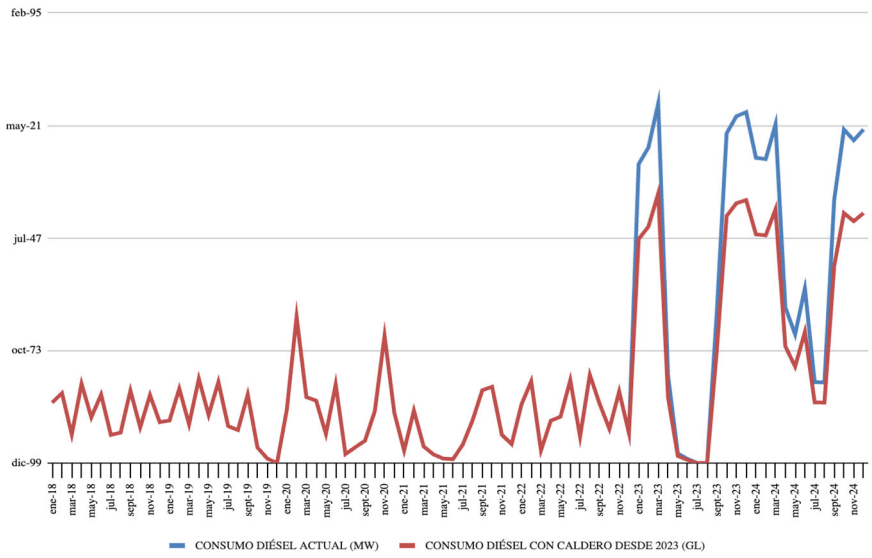


Figura 4. Ahorro de diésel con caldero a partir de enero de 2023 hasta diciembre de 2024

Análisis: Como se puede apreciar, en la figura 4, se halla el comportamiento de la curva de sobre el costo del sistema de generación de vapor son el caldero auxiliar como parte de la propuesta.

Tabla 2 . *Proyección energética y consumo de diésel emitida por el ente regulador Cenace*

CSE II	PROYECCIÓN GENERACIÓN (MW/HR) AUTÓNOMO 90% PROBABILIDAD												
	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	TOTAL
2023	42917,00	45293,00	51594,00	12511,00	1348,80	577,50	0,00	0,00	21786,00	47326,00	49765,00	50352,00	323470,30
2024	43817,00	43632,00	48603,00	22277,00	18418,00	25020,00	11575,00	11532,00	37780,00	47871,00	46327,00	47872,00	404724,00
													728194,30

CSE II	CONSUMO FUEL OIL (GL)												
	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	TOTAL
2023	2393138,61	2525629,17	2876985,66	697638,63	752111,81	322022,57	0,00	0,00	1214831,37	2638993,36	2774996,93	2807729,23	18037357,34
2024	2443324,43	2433008,46	2710201,46	1242210,52	1027024,88	1395165,74	645445,38	643047,61	2106689,12	2669383,66	2583287,10	2669439,42	22568227,78
													40605585,12

CSE II	CONSUMO DIESEL OIL (GL)												
	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	TOTAL
2018	265904,29	280625,46	319665,07	77515,40	8356,87	3578,06	0,00	0,00	134981,26	293221,48	308332,99	311969,91	2004150,82
2019	271480,49	270334,27	301133,50	138023,39	114113,88	155018,42	71716,15	71449,73	234076,57	296598,18	287031,90	296604,38	2507580,86

Análisis: Como se puede apreciar, se hallan los datos del consumo por años y el debido ahorro de consumo con la implementación de la caldera auxiliar.

DISCUSIÓN

De acuerdo con los datos obtenidos del estudio proyectado para la mejora continua de la central termoeléctrica de la provincia de Santa Elena, significa que la propuesta posee un alto rendimiento para suplir los desfases y falencias de la actual máquina de generación de vapor El ahorro que supondrá es la reducción del consumo de diésel en arranque. Esto significa que es necesario seguir una etapa de planificación para que tenga del debido soporte de inversión dentro de un presupuesto que ayude en el cumplimiento del plan de continuidad.

En ese sentido, mediante la utilización de la metodología propuesta, se debe identificar qué actividades se van a realizar y los motivos para hacerlo. La primera actividad de esta etapa busca identificar el contexto de la organización mediante la utilización de la meta. Esto significa que la energía que importan los sistemas sirve para mover y hacer actuar sus mecanismos particulares con el fin de alcanzar los objetivos para los cuales fueron diseñados

Por otro lado, se debe analizar la factibilidad de la implementación del proyecto sobre la repotenciación de la generación del vapor. Si bien es cierto que se han destacado estudios sobre presupuesto en la inversión de cada elemento que conforma el sistema de la generación de vapor, incluso, se han considerado las proyecciones a largo plazo en beneficio de la comunidad, También es importante considerar que el cambio requiere

planeación, de esta forma es más ordenado y permite que las personas se preparen y participen de la planeación mediante distintos procesos. En este caso, la planeación busca proporcionar, a miembros de la organización, de medios útiles para dirigirse en forma exitosa, a pesar de las exigencias que tanto la organización como la sociedad demandan; una sociedad cada vez más crítica e informada de la calidad de los servicios que recibe y que son indispensables para la permanencia.

Es importante la etapa de la evaluación porque aquí se especifican los ejercicios que ayudarán a verificar la efectividad del plan de continuidad; es decir, del proyecto sobre la implementación de una caldera auxiliar. Así surge el concepto de retroalimentación, que es la información que indica cómo se comporta el sistema en la búsqueda de su objetivo, y es introducido nuevamente al sistema con el fin de que se lleven a cabo las correcciones necesarias para lograr su objetivo (retroalimentación). Desde este punto de vista, es un mecanismo de control que posee el sistema para asegurar el logro de su meta, en este caso, la ejecución de la propuesta.

Ahora bien, el plan de continuidad en la implementación de un caldera auxiliar está cumpliendo con el ciclo de mejora continua. Sin embargo, es necesario un control de mejora, sino que también implica su evaluación y los consecuentes cambios de planes y metas. En ese sentido, el Estado debe hacer una revisión constante a las observaciones de los colaboradores internos de las áreas operarias que manejan sistemas termoeléctricos, con

la finalidad de implementar canales comunicacionales al servicio de la comunidad que ponderen el compromiso con el consumidor final.

CONCLUSIONES

El objetivo de este estudio es diseñar una propuesta sobre la implementación de la repotenciación del sistema de vapor, con la finalidad de obtener una mejor calidad de combustible y la sostenibilidad y mejora de los costos operativos. A partir de los datos analizados se puede manifestar que el objetivo del estudio pudo cumplirse a causa de la recolección de información como los estudios predictivos del comportamiento del fenómeno de estudio.

Se confirma que no todos los involucrados en la prestación de servicio a la ciudadanía, suelen estar conformes con los cambios que se deban realizar para conseguir la optimización de recursos. En esta dinámica, hay que recordar que todo sistema tiende a los cambios internos o externos, dependiendo de las circunstancias o el contexto en donde intervienen los miembros de este sistema.

Se concluye que la calidad del servicio será medido entre las expectativas y la percepción del servicio recibido por el cliente, en este caso por el ciudadano que contempla la satisfacción de sus demandas como un derecho de atribución por parte del Estado que debe suplir entidades emergentes del servicio básico a través de los profesionales actúan como servidores públicos.

Fortalezas y Limitaciones

La fortaleza del estudio se halla en el diseño metodológico aplicado como la revisión documental acerca de la inversión, costos, beneficios y diseño de una propuesta sobre la repotenciación de este sistema de abastecimiento de energía de manera efectiva. La misma que va a constituir un ahorro significativo de recursos, lo que volverá más ágil al sistema y se obtendrá una mayor productividad en menor tiempo.

Los sesgos de la investigación tienen que ver con que no se pudo hacer una entrevista a las autoridades de esta unidad gubernamental, lo que hubiera ayudado a conocer otras perspectivas de todos los involucrados de la planta termoeléctrica de la Central de Santa Elena.

Futuras líneas de investigación

Se recomienda como líneas futuras de investigación recopilar información en otras instancias gubernamentales para conocer la situación que pueden estar viviendo otros colaboradores dentro de los departamentos de plantas termoeléctricas para proponer estrategias que coadyuven en la solución de conflictos emergentes de calidad.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Agarwal, A. S. (2013). Efecto de la sincronización y la presión de la inyección de combustible en la combustión, las emisiones y las características de rendimiento de un motor diésel de un solo cilindro. Combustible. 374-383.

Bahamondes, P. A., y Oswald, W. D. (2021). Descripción de Calderas y Generadores de Vapor. 26.

Baldi, S., Le Quang, T., Holub, O., Endel, P. (2017), Real-time monitoring energy efficiency and performance degradation of condensing boilers. Energy Conversion and Management, 136, 329-339.

Barrera Puigdollers, M. C., Betoret Valls, N., Castelló Gómez, M. L., & Pérez Esteve, E. (2018). Aspectos básicos relacionados con el funcionamiento de una caldera. https://riunet.upv.es/handle/10251/104064

Boza, J. G. (2007). "Estudio de estabilidad en un sistema eléctrico con grupos electrógenos," . *Revista de Ingeniería Energética, vol. 28, no. 2*, 26-28.

Campoverde, P. (2022). DISEÑO DE UN GENERADOR DE VAPOR PIROTUBULAR HORIZONTAL DE ESPALDA HÚMEDA DE 100 BHP DE POTENCIA PARA LA EMPRESA ELECON. Universidad Politécnica Salesiana, sede Cuenca, Ecuador.

Cárdenas, T (2022). Estudio fisicoquímico en el sistema de calidad del combustible fuel oíl n°6 empleado en los motores SXD PIELSTICK para generación de energía en la central térmica Esmeraldas: Revista Social Fronteriza 2(4) pp 22 -46 DOI https://doi.org/10.5281/zenodo.6799022

Cardenas, E.Y., Valencia, O.G., Meriño, S.L. (2017), Application of an energy management system to develop energy planning in a pickling line. Contemporary Engineering Sciences, 10(16), 785-794.

Castillo L., N., Sandoval, C., Angulo, C., Tarazona,B., Villabona, J. y Jairo Gómez, J. (2021). Cálculo de eficiencia energética en Generador de vapor de recuperación de calor HRSG para un ciclo de vapor combinado híbrido WtE. DOI: 10.13140/RG.2.2.22938.36805

Cengel , Y. y M. Boles, M. (2014). Termodinámica: un enfoque de ingeniería (8ª edición) , McGraw-Hill Education

Colchado, J. (2018).Diseño mecánico y fabricación de una caldera pirotubular de tres pasos de 120 BHP para el Hospital Regional de Moquegua. http://hdl.handle.net/20.500.12952/5232

Dincer, H. A. (2001). Thermodynamic Analysis of Reheat Cycle Steam Power Plants, International Journal of Energy Research, 25 (2001), 8, pp. 727-739

Ferrés, J. & Masanet, M.(2017). La eficacia comunicativa en la educación: potenciando las emociones y el relato.Comunicar: revista científica iberoamericana de comunicación y educación. v. XXV, n. 52; p. 51-60. DOI: 10.3916/C52-2017-05

Franco, A.,Miserocchi, L y Testi, D. (2023). Eficiencia energética en edificios compartidos: Cuantificación del potencial a múltiples escalas. Informes de energía. Volumen 9 , Páginas 84-95https://doi.org/10.1016/j.egyr.2022.11.142

Fuster, T. Z. (2023). Los laboratorios de innovación de los medios de servicio público europeos. Los casos de BBC News Labs y RTVE Lab. Doxa Comunicación. Revista Interdisciplinar de Estudios de Comunicación y Ciencias Sociales.

Gallo, J. (2018). Sistema de caldera de la central térmica Esmeraldas II. Universidad Politécnica Salesiana, Quito.

González, J. (2017). Centrales Eléctricas. Universidad Nacional de Tucumán.Obtenido de https://catedras.facet.unt.edu.ar/centraleselectricas/wp-content/uploads/sites/19/2014/10/Apunte-Central-TV-1.pdf

Gowthaman, S. y. (2016). Efectos de la temperatura de carga y la presión de inyección de combustible en el motor HCCI. . *Revista de ingeniería de Alejandría*, 119-125.

Hernández-Sampieri, R., Fernández-Collado, C., y Baptista-Lucio, P. (2014). Alcance de la Investigación. Mcgraw-hill

Jiménez, R.. Mafriga, J., Lapido, M. y Vidal, D. (2016).Ingeniería Energética. Método para la evaluación de la eficiencia e impacto ambiental de un generador de vapor. Revista Ingeniería Energética.vol. XXXVII . No. 2, 2016. pp. 135-144

Krasniqi Alidema, D., Filkoski, R. y Krasniqi , M. (20180. Exergy Efficiency Analysis of Lignite-Fired Steam Generator. THERMAL SCIENCE. Vol. 22, No. 5, pp. 2087-2101https://doi.org/10.2298/TSCI180131265K

Llanes-Cedeño, E. A.-P.-C.-H. (2019). Detección de fallas en motores de combustión mediante indicadores de temperatura y presión de inyección. Ingenius. . *Revista de Ciencia y Tecnología,* , 38-46.

Mediaceja, Y. R., Alfonso, H. L. L., Escalona, A. A. S.-, Camaraza-Medina, Y., Corrales, M. F. S., Urgelles, M. L., & Leyva, E. G. (2020). Análisis termoenergético del sistema de generación de vapor de una central térmica de 49 MW. Enfoque UTE, 11(3), 87–101.

Miremadi, I., Saboohi, Y., Jacobsson, S. (2018), Assessing the performance of energy innovation systems: Towards an established set of indicators. Energy Research and Social Science, 40, 159-176

Mitrovic, D. M., et al., (2016). Comparative Exergetic Performance Analysis for Certain Thermal Power Plants in Serbia, Thermal Science, 20 , Suppl. 5, pp. S1259-S1269

Moreno, F. M. (2008). "Aplicación de la tribología y el análisis de la causa raíz (RCA) en motores de combustión interna,". *Ingeniería Mecánica, vol. 3*, 53-56. Obtenido de http://bit.ly/2IA0ppd

Muñoz Antón, J. (2008). Sistemas de generación eléctrica mediante calderas de vapor energizadas por radiación solar concentrada. Tesis (Doctoral), E.T.S.I. Industriales (UPM). https://doi.org/10.20868/UPM.thesis.1654.

Muñoz, Á. I., y Menéndez, J. A. (2021). Manejo de las calderas industriales y su impacto en el medio ambiente en la ciudad de Guayaquil. http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/19836

Ochoa, GV, Rojas, JP y Avella, JC (2019). Optimización Energética de Calderas de Vapor Industriales mediante Indicador de Rendimiento Energético. Revista internacional de economía y política energética , 9 (6), 109–117. Obtenido de https://www.econjournals.com/index.php/ijeep/article/view/8188

Patro, B. (2016). Efficiency studies of combination tube boilers. Alexandria Engineering Journal. Volume 55, Issue 1,Pages 193-202.

Pabón León, JA, García Mendoza, JO, & Abril, SO (2020). Panorama de Políticas para la Generación a partir de Energías Renovables Enfocadas en Torres Centrales de Concentración Solar. Revista internacional de economía y política energética , 10 (4), 545–552. Obtenido de https://www.econjournals.com/index.php/ijeep/article/view/9820

Pérez-Sánchez, A., Fernández Tejeda, Y., y González de la Cruz, R. (2017). Evaluación de la generación de vapor de la fábrica de refrescos 23 de Agosto, en Camagüey. Revista Mutis, 7(1), 7–19. https://doi.org/10.21789/22561498.1198

Piedra, J.M. (2022). DISEÑO DE CALDERO DE 200 BHP PARA MEJORAR LA PRODUCCIÓN DE CONSERVAS EN LA EMPRESA GRUPO GAMBRINUS S.A.C. Universidad Tecnológica del Perú.

Piloto, R., Tobio, I, Díaz, Y. y Sánchez, Y. (2022). Comportamiento en un motor diesel de mezclas de destilados de ácidos grasos con combustible diesel. Revista Cubana de Ingeniería Vol. XIII (1) e322

Puicon Uriarte, I. D. (2023). Influencia de la calidad del servicio público de control migratorio en la satisfacción de los usuarios en el Centro Binacional de Atención Fronteriza de Perú, Tumbes-2019.

Quiñones, R. Y. (2022). MODELO DE GESTIÓN PARA MEJORAR LA EJECUCIÓN PRESUPUESTAL DE INVERSIONES EN LA MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE JAÉN AÑO–2021. HORIZONTE EMPRESARIAL, 9(1), 109-121.

Retirado, Y, Laurencio, H., Sánchez-Escalona, A. y Camarza, Y. (2020). Análisis termoenergético del sistema de generación de vapor de una central térmica de 49 MW. Enfoque UTE 11(3):87-101.DOI: 10.29019/enfoque.v11n3.653

Rajesh, K., Aravindhan, N., Manimaran, B., Elavarasan, D., Kumar, L.D., Kumar, T.M., (2021). Study On Performance and Emission Characteristics of VCR Diesel Engine Fuelled with Palm Fatty Acid Distillate Biodiesel. Journal of Physics: Conference Series.. DOI: https://doi:10.1088/1742-6596/2054/1/012034.

Rojas, JP, García, GR y Castillo, DV (2022). Estudio paramétrico de un Sistema Híbrido de Generación Eléctrica con Energías Renovables en la Región Caribe Colombiana. Revista internacional de economía y política energética , 12 (2), 394–399. https://doi.org/10.32479/ijeep.12828

Rrabakaran, R., Manikandan, G., Kumar, P.G, Salman, M., Jegadheesan, C., Kim, S.C. (2022). Feasibility of tea tree oil blended with diethyl ether and diesel as fuel for diesel engine, Case Studies in Thermal Engineering. DOI: https://doi.org/10.1016/j.csite.2022.101819.

Rubio A. (2019).Generadores de vapor. Funcionamiento y Explotación. Editorial Feijóo

Sanz, J. G., CALCEDO, Rodriguez, F. L., & Blazquez, F. C. (2011). Eficiencia de una caldera de biomasa en un centro hospitalario. DYNA, 86(3), 343-349. https://doi.org/10.6036/3874

Sanz, M., & Patiño, R. (2018). Manual práctico del operador de calderas industriales 2.a edición. Ediciones Paraninfo, S.A.

Satyavada, H. y Baldi,S. (2018) Monitoring energy efficiency of condensing boilers via hybrid first-principle modeling and estimation.Energy Volumen 142, páginas 121-129 https://doi.org/10.1016/j.energy.2017.09.124

Vásquez, C. y Torres, P. (2023). La gestión del presupuesto por resultados en la calidad del gasto público en el sector salud. Dilemas contemporáneos: Educación, Política y Valores. **DOI:** https://doi.org/10.46377/dilemas.v2i10.3512

Wu, S. &.-C. (2007). Ratio of operating and maintenance costs to initial costs of building services systems. COST ENGINEERING-ANN ARBOR THEN MORGANTOWN. *TECHNICAL ARTICLE*, 49(12), 30.

Zamora Olmedo, Carlos Xavier. (2022). Repotenciación del sistema de vapor para la optimización de la producción en la empresa LATINA S.A. Tesis Postgrado. ESPAE.