



Universidad de Camagüey
Facultad de Electromecánica
Maestría en Eficiencia Energética

**TESÍS PRESENTADA
EN OPCIÓN AL GRADO ACADÉMICO DE MÁSTER EN
EFICIENCIA ENERGÉTICA**



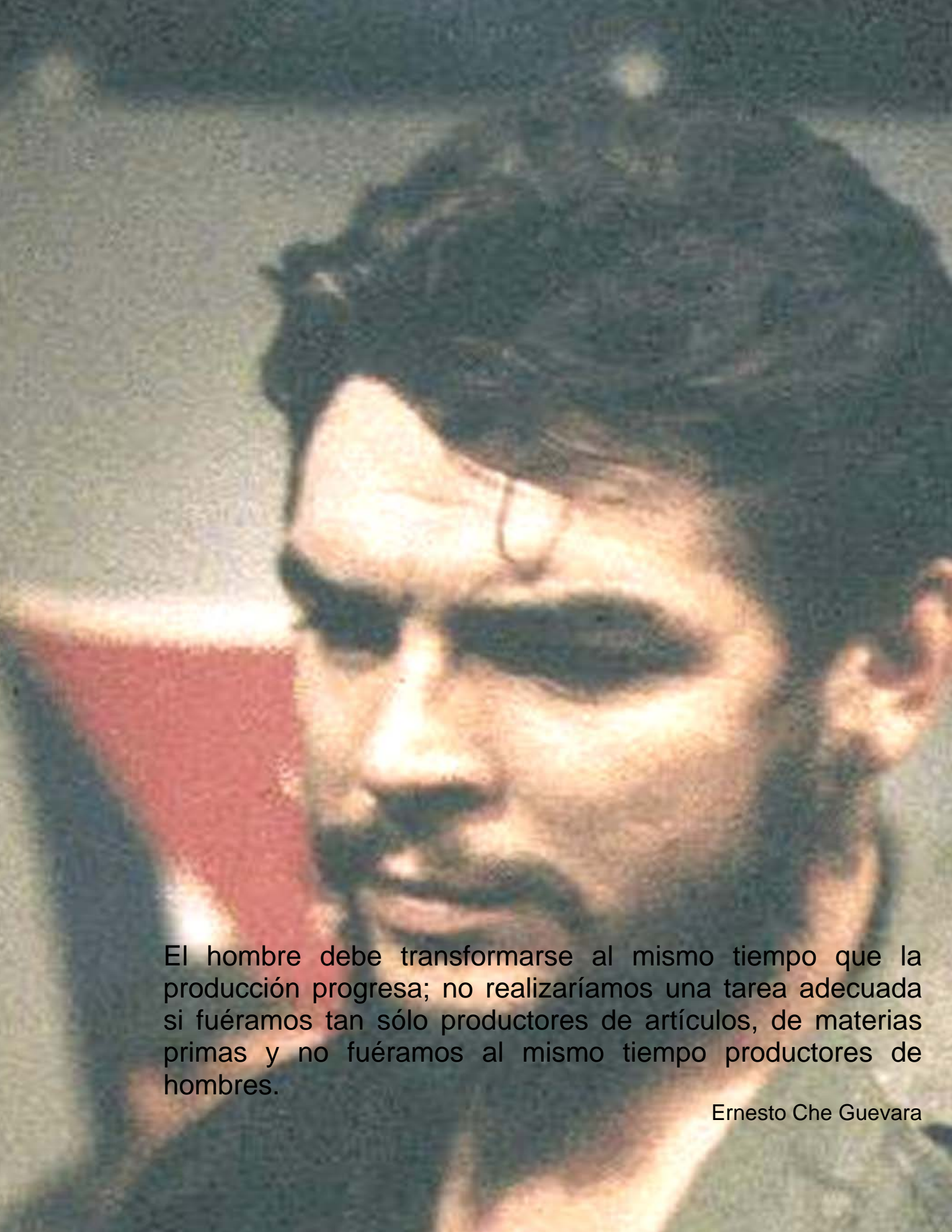
TÍTULO

**PROPUESTA DE UTILIZACIÓN DEL REVAPORIZADO EN EL
SISTEMA DE GENERACIÓN DE VAPOR DE LA
UNIVERSIDAD DE CAMAGÜEY**

Autor: AGUSTÍN HEREDIA SÁNCHEZ

Tutor: Dr. RICARDO GONZÁLEZ GUTIÉRREZ

Camagüey 2011



El hombre debe transformarse al mismo tiempo que la producción progresa; no realizaríamos una tarea adecuada si fuéramos tan sólo productores de artículos, de materias primas y no fuéramos al mismo tiempo productores de hombres.

Ernesto Che Guevara

RESUMEN.

El presente trabajo aborda la importancia y necesidad de extraer y aprovechar al máximo el revaporizado o vapor flash formado en el esquema térmico de la cocina comedor de nuestro centro, con el objetivo de disminuir el consumo de portadores energéticos. Primeramente se aplicó una auditoria energética utilizando la metodología empleada por la comisión provincial de energía, la cual nos permitió detectar las dificultades técnicas que presenta el esquema y nos aportó los datos necesarios para el análisis y los cálculos posteriores que se efectuaron, siempre partiendo de las condiciones reales del sistema. El resultado obtenido nos permitió influir sobre los aspectos negativos para minimizar al máximo las pérdidas energéticas en el esquema. Fue necesario para la obtención de los resultados hacer una serie de cálculos basados en la literatura existente. Utilizando la información brindada por la auditoría se diseñó el tanque de revaporizado que se instalará en el esquema térmico del centro. El vapor flash obtenido en el depósito será empleado para el calentamiento del agua utilizada en la máquina lavadora de vajilla, la cual utiliza actualmente una resistencia eléctrica altamente consumidora de energía, con un consumo de 9 kWh, representando este consumo un gasto económico para la institución de 4106.25 CUP al año por este concepto. Los resultados muestran que el empleo del revaporizado es factible para el uso propuesto y que su empleo disminuirá el consumo eléctrico de la cocina comedor. Se realizó un análisis económico que arrojó que el período de recuperación de la inversión era de aproximadamente 4 años.

INTRODUCCIÓN.	5
CAPÍTULO I: Sistema de generación de vapor	7
1.1 Sistemas de generación de vapor.....	7
1.2 Sala de calderas de la Universidad de Camagüey.	8
1.3. Auditoría Energética.	10
CAPÍTULO II: Análisis para el uso del revaporizado.	19
2.1 Resultados de la aplicación de la guía de inspección y las encuestas aplicadas.	19
2.1.1 Resultados de las encuestas aplicadas a los operadores de calderas.	20
2.2 Balance térmico del generador de vapor. Método indirecto.	22
2.3 Revaporizado o (vapor flash).	28
2.3.1 Determinación de la masa de vapor necesaria para el tachó.	30
2.3.2 Determinación de la cantidad de vapor flash.	31
2.3.3 Cálculo del serpentín	34
2.3.4 Costo económico.	39
CONCLUSIONES	42
RECOMENDACIONES	43
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	46
ANEXOS:	49

INTRODUCCIÓN.

Prácticamente toda la energía que el hombre puede obtener para su uso vital posee por origen el sol, el núcleo atómico y la tierra.

A la humanidad sólo le interesan las fuentes de energía que pueden controlarse, ser usadas a discreción y almacenarse convenientemente.

Las fuentes disponibles son muchas, pero no todas llenan los requisitos anteriores, al menos con el recurso actual de la técnica.(Turrini, 1993)

A lo largo de los siglos XIX y XX, la actividad humana ha transformado la composición química del agua y del aire en la Tierra, ha modificado la faz del propio planeta y ha alterado la vida misma. Las razones son múltiples y complejas. Pero sin lugar a dudas, uno de los factores más notables es la utilización de los combustibles fósiles, que ha suministrado mucha más energía a una población mucho mayor que en cualquier época anterior.

Hacia 1990, la humanidad utilizaba una cantidad de energía 80 veces superior a la que usaba en 1800. La mayor parte de dicha energía procedía de los combustibles fósiles. La disponibilidad y capacidad de uso de esta nueva fuente de energía ha permitido a la humanidad aumentar los volúmenes de producción y de consumo. De forma indirecta, esta fuente de energía ha provocado un rápido crecimiento de la población. Hacia finales de la década de 1990, la población humana era aproximadamente seis veces mayor que la de 1800. Los cambios generalizados que han tenido lugar en el medio ambiente se deben también a otros factores como, por ejemplo, el vertiginoso ritmo de urbanización o la velocidad igualmente vertiginosa de la evolución tecnológica. Otro factor no menos importante es la creciente importancia que los gobiernos modernos otorgan al crecimiento económico.

La producción de calor fue uno de los pasos del hombre en el campo de la técnica; se utilizó en forma relativamente rudimentaria hasta fechas muy recientes. Fue la utilización del vapor como fuerza motriz lo que hizo posible la revolución industrial del

siglo XVIII y el desarrollo del generador de vapor de gran potencia, ha hecho surgir la era de electrificación del siglo XXI. Las fábricas modernas, los grandes edificios y el confort en los hogares, son únicamente posibles gracias a la electricidad.

Pocas tecnologías han aportado tanto al desarrollo de la humanidad como la generación y utilización del vapor en procesos tecnológicos. Los antecedentes de su uso se remontan a épocas antes de nuestra era, y se dice que a partir de ella se produce el desarrollo acelerado de la industria moderna de proceso.

La política económica del Partido y el Estado Cubano abarcan entre otros aspectos, el desarrollo de la eficiencia económica en sus aspectos energéticos (*Lineamientos de la Política Económica Y Social del Partido y la Revolución.*, 2011). Para ello el país dispone de una infraestructura económica y social, así como de recursos humanos, naturales y un desarrollo científico-técnico que es imprescindible utilizar eficientemente en la rama eléctrica y térmica, para incrementar la eficiencia global del sistema. Los mismos se reflejan en los lineamientos de la política económica y social del Partido y la Revolución en su Sexto Congreso en el tema de la política energética como son:

- 249. Elevar la eficiencia de los servicios de reparación y mantenimiento de los equipos eléctricos de cocción con vista a lograr su adecuado funcionamiento.
- 252. Concebir las nuevas inversiones, el mantenimiento constructivo y las reparaciones capitalizables con soluciones para el uso eficiente de la energía, instrumentando adecuadamente los procedimientos de supervisión.
- 253. Perfeccionar el trabajo de planificación y control del uso de los portadores energéticos, ampliando los elementos de medición y calidad de los indicadores de eficiencia e índice de consumo establecidos.
- 254. Proyectar el sistema educativo y los medios de difusión en profundizar en la calidad e integralidad de la política enfocada al ahorro y uso eficiente y sostenible de la energía.

La eficiencia es, por lo tanto el objetivo central de la política económica pues constituye una de las mayores potencialidades con que cuenta el país.

La ciencia, la innovación y la asimilación de tecnologías son elementos esenciales en la elevación y la eficiencia económica y condición primordial para el desarrollo, por lo que seguirán siendo objeto de máxima prioridad, e indispensable para avanzar en la optimización de las instalaciones existentes. (*Lineamientos de la Política Económica y Social del Partido y la Revolución.*, 2011).

El ingeniero mecánico y especialmente el especialista en energía debe tener en todo momento presente la importancia del ahorro de energía y la necesidad que reviste que cada centro laboral economice al máximo los recursos que el estado pone en su disposición en especial el combustible. La situación energética mundial y dentro de esta la extracción del crudo se encuentra sumergida en una profunda crisis, esto nos obliga a trabajar en aras de minimizar el impacto que sobre nuestro país pueda tener esta situación. Esta crisis energética es el aspecto fundamental que justifica el desarrollo de este trabajo.

La realización de una auditoría energética nos da la posibilidad de identificar aquellos puntos donde se puede actuar y ser más efectivos, para así mejorar la eficiencia energética. La misma puede ser llevada a cabo de diferentes maneras dependiendo de la situación o necesidades específicas de la entidad donde será realizada. De igual forma muestra las áreas de desperdicio de energía que pueden, después de impactadas, ser mejoradas, ahorrarle una cantidad significativa de dinero en tan solo pocos meses a la unidad. Durante la misma, se descubren los puntos vulnerables en los cuales se derrocha la energía todos los días. ("Resolución 50-93-78 del Comité Estatal del Trabajo y Seguridad Social," 1978).

En nuestro caso de estudio la Universidad Ignacio Agramonte y Loynaz, de Camagüey, primera Universidad construída en el proceso revolucionario, la cual cuenta entre otros con un edificio donde se encuentra enclavada la cocina comedor, dentro de los múltiples servicios que brinda, tiene la responsabilidad de garantizar la alimentación de estudiantes y trabajadores del centro, por lo que dispone de una instalación para generar el vapor necesario para la cocción de los alimentos. Esta instalación cuenta con dos generadores de aproximadamente 1100 kg/h de

generación de vapor que trabajan de forma alterna, capaces de poner en funcionamiento dos áreas de elaboración de forma alterna: la primera y más importante se encuentra en el segundo nivel del edificio y cuenta con veinte tachos y la segunda en el primer nivel cuenta con once tachos, y presta servicio a la facultad de Química en la especialidad de Alimentos pero puede servir también como cocina alternativa para darle servicio a una comunidad universitaria de aproximadamente de 1500 comensales entre profesores, estudiantes y personal de apoyo.

La explotación del esquema térmico de la Universidad de Camagüey que a pesar de ser una instalación de pocos años de explotación no está exenta de problemas objetivos, lo que representa para el centro un gasto innecesario de recursos humanos, materiales y financieros, problemas que produce malestar e inquietud entre los trabajadores y cuadros de dirección y que merecen ser solucionados.

En análisis técnico del esquema térmico y en aras de buscar una mejor explotación se detecto que existía una fuente de energía desperdiciada que se podía emplear para disminuir el consumo de electricidad en la cocina comedor.

Todo ello permite sintetizar el **problema científico** como sigue:

No se aprovecha lo suficiente las potencialidades del sistema de generación de vapor instalado, lo que trae por consecuencia que se desperdicie energía que puede ser aprovechada en el proceso del lavado de las vajillas.

El Objeto de la investigación es:

El sistema de generación de vapor de la Universidad de Camagüey.

Como Objetivo general se plantea:

Diseñar un sistema de transporte y uso del revaporizado para el sistema de suministro de vapor al lava vajilla de la cocina-comedor y eliminar el consumo actual de energía eléctrica.

Y el Campo de la investigación se enfoca en:

El subsistema de condensado del sistema de generación de vapor.

Hipótesis

Un sistema de transporte y uso del revaporizado del sistema de generación de vapor conectado al equipo de lavado de vajilla permitiría aprovechar la energía desperdiciada y sustituir la resistencia eléctrica que actualmente se emplea para ese fin.

Objetivos específicos:

- Caracterizar la situación actual del circuito termoenergético de la Universidad de Camagüey.
- Obtener el sistema de transporte y uso del revaporizado en su primera etapa.

Principales tareas de investigación:

1. Realizar un diagnóstico del sistema termoenergético de la Universidad de Camagüey aplicando una auditoría energética.
2. Diseñar y calcular el separador de vapor flash y el serpentín del calentador de agua como parte del sistema de transporte y uso del revaporizado.

CAPÍTULO I: Sistema de generación de vapor

1.1 Sistemas de generación de vapor.

Los sistemas de generación de vapor tienen hoy en día un uso muy extenso en aplicaciones diversas, tales como: la generación de energía mecánica y eléctrica, agente calefactor en servicios comerciales e industriales y materia prima en determinados procesos, entre otras.

Las secciones fundamentales en que se puede subdividir un sistema de generación de vapor se clasifican en tres grupos fundamentales:

1. Sala de calderas.
2. Sistema de distribución de vapor y sus accesorios.
3. Consumidores.

Cuando James Watt observó que se podría utilizar el vapor como una fuerza económica que remplazaría la fuerza animal y manual, se empezó a desarrollar la fabricación de calderas.

Según Instituto técnico central (ITC) -MIE-AP01 de Colombia, caldera es todo aparato a presión en donde el calor procedente de cualquier fuente de energía se transforma en energía utilizable, a través de un medio de transporte en fase líquida o vapor.

El elemento central en un sistema de generación de vapor lo constituye la caldera, el cual tiene la función de transferir al agua la energía en forma de calor proveniente de los gases producto de la combustión, para que esta se convierta en vapor, en la cantidad necesaria, con los parámetros de trabajo establecidos, con su respectiva calidad para ser usados en el momento requerido por los equipos de uso final, en forma continua y en operación económica y segura, a

partir de la energía liberada en la combustión de un combustible. (Borroto y col., 2010).

1.2 Sala de calderas de la Universidad de Camagüey.

La sala de calderas de la Universidad de Camagüey está constituida por dos calderas, una 1,0 t/h marca GONELLA ("Manual de Operación y mantenimiento calderas Gonella. S.A.," 1970) con datos de chapa (Ver Anexo 1) la cual se encuentra paralizada por problemas de reparación capital, una vez que se ponga en funcionamiento trabajará de forma alternativa con la nueva caldera ALASTOR-UMISA (ALASTOR, 2007) de 1,1 t/h de generación de vapor cuyos datos de chapa aparecen en el (Anexo2), para que exista una en funcionamiento y otra en reserva con todos sus accesorios para su correcta explotación, un suavizador de 100litros de resina del tipo Alastor-Prendes Bottle Plus-2750/100 un distribuidor de vapor (ALASTOR, 2007) con todas las salidas necesarias para los consumidores, un lazo de recirculación de combustible con el calentador de fuel-oil correspondiente y tanque de combustible y otro de agua que son indispensables para el funcionamiento del equipamiento instalado. Consta de dos válvulas de seguridad por equipo las cuales están diseñadas, reguladas y verificadas para hacerse disparar en caso de sobre presión en el equipo.

Constará de dos chimeneas independientes para cada una de las calderas que se acoplarán con cada una de las cajas de gases de los respectivos equipos y tendrán una altura aproximadamente de 9 metros con relación al piso de la casa de caldera, con el objetivo de expulsar los gases de escape de la combustión que deben tener entre 12 y 14 % de dióxido de carbono. Hasta este momento se encuentra instalada una sola, la otra se instalara cuando a la caldera se terminen los trabajos de reparación planificados

El combustible utilizado para el funcionamiento de la caldera es Fuel Oil, esta almacenado en un tanque situado en el área de almacenamiento de combustible a la izquierda de la sala de calderas en un lugar de fácil acceso para su reabastecimiento. Por la utilización de un sistema para el mejoramiento de las características de trabajo del combustible se prescinde de la utilización de un tanque de combustible diario.

El tanque tiene una cobertura aproximada de 15 días de suministro, trabajando aproximadamente 10 horas diarias a plena capacidad de generación.

El lazo de recirculación de combustible se diseñó con el objetivo de que este llegue al quemador de la caldera con las condiciones óptimas requeridas. Esta constituido por dos bombas de recirculación, una de trabajo y otra de reserva, un calentador eléctrico-vapor y una válvula relief, además de otros accesorios necesarios. El sistema debe garantizar a la succión de las bombas de las calderas, el fuel oil una presión de 2 bar y a una temperatura mínima de 60°C.

EL generador de vapor ó caldera debe entregar el vapor para la cocción de los alimentos para trabajadores y estudiantes en una cifra aproximadamente de 1500 comensales.

La caldera que se encuentra en funcionamiento está diseñada para producir 1100 kg/h de vapor, el cual es capaz de poner en funcionamiento dos áreas de elaboración de forma alterna, la primera y más importante se encuentra en el segundo nivel del edificio y cuenta con 20 tachos y la segunda en el primer nivel cuenta con 11 tachos y presta servicio a la facultad de Química y Alimentos, pero puede servir también como cocina alternativa para la misma cantidad de comensales.

Basado en la teoría explicada en el capítulo anterior podemos afirmar que después de una inspección minuciosa a la instalación de generación y uso del

vapor se fueron determinando puntualmente los lugares donde era posible que la energía producida se perdiera innecesariamente para así desarrollar una serie de medidas que hicieran que la instalación fuera lo más eficiente posible.

Para la alimentación de agua a la caldera se utiliza el tanque existente en la sala de calderas donde llegará el agua de reposición a través del suavizador de agua. A ese mismo tanque se conectará el retorno de condensado.

Nuestro trabajo se enfoca en el circuito termoenergético en el centro de estudio, con él se pudo detectar una serie de problemas, que a nuestro juicio influyen directamente en la eficiencia energética como son:

1. Las pérdidas de energía en la línea de condensado.
2. El funcionamiento incorrecto de las trampas de vapor.
3. Existencia de salideros de vapor a lo largo de todo el sistema de tubería y consumidores de vapor.

1.3. Auditoría Energética.

La auditoria energética: es el modelo en el cual se asienta un plan estructurado de actividades encaminadas al ahorro de energía, para su aplicación, se basa en una labor de recogida de información, análisis, clasificación y propuesta de alternativas, para la toma de decisiones, la cual se debe realizar sobre determinadas áreas o equipos donde se aprecie pérdidas ("Resolución 50-93-78 del Comité Estatal del Trabajo y Seguridad Social," 1978).

Una vez terminada la auditoria se redacta un informe en el cual se exponen una serie de medidas para corregir el exceso de consumo energético.

Cada una de las medidas se clasifican en:

- Ahorro energético.
- Ahorro económico.

Entre los beneficios más importantes se destacan:

- La descripción total del sistema de vapor y condensado e identificación de las oportunidades de mejora.
- La propuesta de solución a los problemas encontrados de acuerdo a un criterio técnico confiable.

La auditoría es algo similar a un análisis médico, se diagnostica el estado de salud del esquema térmico enfocada tanto en la parte de operación como en posibles fallos de la instalación, los objetivos de la misma son:

- Formular recomendaciones que permitan disminuir los sobre consumos y pérdidas energéticas.
- Cuantificar los posibles ahorros que pueden obtenerse.
- Elevar la cultura y la disciplina económica-energética del personal que labora en las entidades inspeccionadas.

Los datos obtenidos en las auditorías son útiles para:

- Control de la explotación del esquema térmico.
- Definición de puntos básicos para el mantenimiento.
- Determinación de los puntos sobre los que se puede actuar para reducir el consumo, así como una buena indicación para fijar las prioridades.
- Posibles mejoras.

El ahorro de los portadores de energía, en especial en las condiciones en que se desarrolla el país tiene una gran importancia para la economía nacional. Es necesario seguir perfeccionando la planificación de los recursos energéticos, asignarlos racionalmente, seguir una estricta política de ahorro y medir de forma concreta sus resultados.

CAPÍTULO I: Sistema de generación de vapor

La guía de inspección energética y la encuesta a aplicar están basadas en la Resolución 50-93-78 del Comité Estatal del Trabajo y Seguridad Social, y son usadas por la comisión de energía provincial de nuestro territorio.

Con vista a comprobar la situación técnica del esquema térmico de esta alta casa de estudios se aplicó la guía de inspección y las encuestas a través de las cuales pudimos obtener la información necesaria para la confección de este trabajo.

La guía de inspección y las encuestas utilizadas aparecen reflejadas a continuación.

Guía de inspección

	ASPECTOS A VALORAR	Si	No
1.	Examinar si la caldera tiene la placa indicadora con los datos de trabajo de la misma		
2.	Examinar si la entidad que explota la caldera de vapor tiene habilitado controles en los cuales anote los resultados de las comprobaciones efectuadas al equipo, así como la hora en que se realicen las extracciones de fondos y el tiempo de duración de estas.		
3.	Examinar si la entidad tiene el pasaporte o documentación técnica de la caldera con toda la información requerida.		
4.	Verificar si existe el libro de control individual en el cual se anoten los trabajos de reparación, limpieza y de mantenimiento y de existir si están actualizadas		
5.	Verificar que las tuberías, válvulas y elementos de las calderas en los que la temperatura de la superficie externa		

CAPÍTULO I: Sistema de generación de vapor

	supere los 45 ° C se cubran con material termoaislante.		
6.	Verificar el estado técnico de las calderas.(sobre todo con respecto al aislamiento térmico)		
7.	Inspeccionar el orden y limpieza del lugar donde se encuentra instalado el generador de vapor.		
8.	Determinar frecuencia con que se comprueba el buen funcionamiento de las válvulas de seguridad mediante el accionamiento forzado.		
9.	Verificar la existencia de manómetros en la tubería de alimentación de agua entre la bomba de alimentar y la válvula de retención.		
10.	Verificar la existencia de manómetros en la tubería de combustible antes del quemador.		
11.	Examinar si la bomba de agua de alimentar tiene fijado su chapa de identificación con los datos técnicos necesarios y si está fijada al suelo.		
12.	Observar si en la tubería de combustible existen instalados filtros antes del quemador.		
13.	Observar si en la tubería de combustible antes que el quemador existen instalados termómetros para la medición de la temperatura.		
14.	Verificar si los accesorios de cierre que están instalados en la caldera de vapor o en la tubería tienen la chapa indicadora de sus datos técnicos.		
15.	Verificar la instalación de la válvula de cierre principal de vapor y su correcto montaje para caldera única.		

CAPÍTULO I: Sistema de generación de vapor

16.	Verificar que para las calderas situadas en baterías y que estén conectadas a una tubería maestra de vapor, se sustituya la válvula principal de vapor por una válvula de no retorno.		
17.	Verificar la instalación entre la válvula de cierre principal y la válvula de retención de la válvula de desagüe con un diámetro no menor de 20 mm.		
18.	Observar si en la tubería de agua de alimentación está montada la válvula de retención y comprobar su estado técnico.		
19.	Verificar el estado técnico de las mirillas instaladas en el hogar para permitir la observación del proceso de combustión.		
20.	Verificar si al agua que alimenta las calderas se le hace el tratamiento químico apropiado.		
21.	Verificar si existe la instrucción para el tratamiento del agua.		
22.	Comprobar la existencia del libro de control donde se reflejen los resultados del tratamiento del agua.		
23.	Verificar la existencia del termómetro encargado de medir la temperatura de los gases de escape y su estado técnico.		
24.	Verificar el estado técnico de las chimeneas y si tienen gorros.		
25.	Verificar que no existan salideros en las tuberías de combustible, agua y vapor.		
26.	Verificar con que frecuencia se le da mantenimiento a los siguientes elementos de los quemadores: <ul style="list-style-type: none">• Pastillas y atomizadores.• Filtros.• Electrodo de pre encendido.		

CAPÍTULO I: Sistema de generación de vapor

	<ul style="list-style-type: none">• Válvula de solenoide.• Vidrio visor.		
27.	El forro de los cables eléctricos del quemador debe ser de material incombustible o de baja combustión.		
28.	Verificar que los sistemas de alarma y señalización funcionen adecuadamente.		
29.	La eficiencia de la caldera no será menor del 2% de la recomendada por el fabricante de la caldera.		
30.	Es requisito indispensable la limpieza diaria del quemador, pizarras y equipos dentro de la sala de calderas. En el difusor del quemador, velar por la no formación de escorias, y en el caso de quemadores rotatorios la limpieza diaria de las capas, también realizar diariamente la limpieza de la celda fotoeléctrica.		
31.	Tiempo transcurrido desde la última limpieza de la caldera hasta la inspección.		
32.	Verificar la existencia de un termómetro encargado de medir la temperatura del agua de alimentación y su estado técnico.		
33.	Realizar análisis de los gases producto de la combustión para determinar los elementos que lo integran.		
34.	Verificar la realización de las extracciones de fondos a la caldera y el valor porcentual de la misma.		
35.	Verificar la instalación y uso del emulsor de combustible en las calderas.		
36.	Verificar el uso de los magnetizadores de agua en los sistemas de tuberías de agua de las calderas.		
37.	Verificar el buen estado técnico de las líneas de distribución de vapor desde la caldera hasta el consumidor.		

CAPÍTULO I: Sistema de generación de vapor

38.	Verificar el buen estado técnico del aislamiento desde la caldera hasta la válvula reguladora.		
39.	Verificar la utilización del retorno del condensado.		
40.	Verificar el sistema de aislamiento de las tuberías del condensado.		
41.	Verificar el uso de manómetros en los consumidores, así como a ambos lados de las válvulas reductoras.		
42.	Verificar el uso de la válvula de seguridad y su buen estado técnico.		
43.	Verificar el buen funcionamiento del sistema de precalentamiento del combustible.		
44.	Verificar que todos los instrumentos de medición tengan el sello amarillo del CEN actualizado que los acredita como aptos para su uso.		
45.	Verificar la existencia y el buen funcionamiento de las trampas de vapor.		
46.	Verificar que los tanques de combustible estén aforados y los medios utilizados para medir su contenido estén verificados por el CEN.		
47.	Comprobar que el personal que opera las calderas este evaluado en la especialidad.		

Cuestionario para ser llenado por los operadores de calderas

- 1- Nombre y Apellidos:
 - 2- Centro de trabajo:
 - 3- Empresa:
 - 4- Nivel de escolaridad:
 - 5- Año de graduación como operador de calderas
 - 6- Años de experiencia laboral como operador de calderas
 - 7- ¿Cuántos cursos de superación profesional usted ha recibido desde que se graduó?
 - 8- ¿Con qué frecuencia usted inspecciona su(s) equipo(s) para comprobar su buen estado técnico?
 - 9- ¿Qué importancia tiene para usted ser operador de calderas?
 - 10- ¿Se considera usted estimulado por la dirección de su centro de trabajo?
 - 11- ¿Conoce usted la Resolución N° 5093 del CETSS?
 - 12- ¿Ha tenido usted alguna vez en sus manos el manual de operación y mantenimiento de su(s) caldera(s)?
 - 13- ¿Sabe usted cuáles son sus derechos y deberes como operador de caldera?
- Si_____ No_____

Mencione algunos

En términos generales, la auditoría energética fue el medio de investigación eficaz empleado para obtener el diagnóstico correcto del sistema de generación, y distribución de vapor y de el sistema de retorno del condensado en el esquema termoenergético de nuestro centro encontrándose con su ayuda las oportunidades de ahorro, uso y administración de la energía y por tanto ahorro en los costos operativos, mejor calidad del vapor y mayor productividad.

Por otra parte en la auditoría aplicada a la instalación se notó que los aspectos fundamentales que afectan la eficiencia de la instalación radican en:

- Los salideros de vapor existentes.
- La falta de capacitación de los operarios encargados de explotar la instalación.
- La no utilización óptima de la energía existente en el condensado.

Este último aspecto es el más importante para este trabajo pues por medio de él podemos obtener antes de evacuar este condensado al tanque de alimentación de la caldera su revaporizado para ser utilizado en otro proceso.

Las pérdidas innecesarias en el ciclo termoenergético llevaron a realizar una serie de razonamientos para así desarrollar medidas que contribuyeran a que la instalación fuera más eficiente.

CAPÍTULO II: Análisis para el uso del revaporizado.

2.1 Resultados de la aplicación de la guía de inspección y las encuestas aplicadas.

Como resultado de la aplicación de esta guía, de los 47 puntos analizados (anexo 4) a la instalación termoenergética de la Universidad de Camagüey detectamos que 29 de ellas se estaban cumpliendo y que 18 se incumplían por varios razones como son:

- 1- No se cuenta con la documentación técnica del equipo generador de vapor instalado recientemente.
- 2- El área de la casa de caldera debe estar mejor organizada.
- 3- Los operadores deben probar con frecuencia el accionamiento manual de las válvulas de seguridad.
- 4- Las válvulas principales de la instalación deben estar señalizadas para operarlas con seguridad.
- 5- No existe la válvula intermedia entre la válvula principal y la válvula de cheque.
- 6- La mirilla o visor que se utiliza para ver el estado de la llama debe ser limpiada cada vez que este impida visualizar la cámara de fuego.
- 7- Confeccionar la guía para realizar las operaciones de tratamiento de agua.
- 8- Llevar a cabo el control del tratamiento de agua en un registro diseñado al efecto, ya que en este momento no hay evidencia de control.
- 9- Se detectaron salideros tanto de vapor como de combustible que deben ser eliminados.
- 10- Cuidar la limpieza de las pizarras y áreas aledañas a la caldera que permitan ver con facilidad todos los instrumentos de medición.
- 11- No existe un termómetro en la instalación que permita saber la temperatura del agua de alimentación de la caldera.
- 12- No se realizan los análisis de los gases de salida a la caldera por no poseer los instrumentos necesarios para acometerlos.
- 13- No se utilizan emulsionadores para los combustibles.

14-La instalación no cuenta con magnetizadores.

15-Se aplica el calentamiento del combustible antes de entrar a la caldera, pero en el proceso de montaje no se instaló el calentador de combustible eléctrico que venía diseñado, lo que a la hora de la arrancada trae problemas en el encendido.

16-Se detectaron instrumentos de medición sin los respectivos sellos de verificación emitidos por el CEN.

17-Se debe revisar las trampas de vapor para realizar sobre ellas tareas de mantenimiento.

18-Se detectó que los operadores que tenían bajo su responsabilidad la explotación de la instalación no contaban con los conocimientos suficientes para la tecnología de reciente adquisición por lo que se recomienda su capacitación

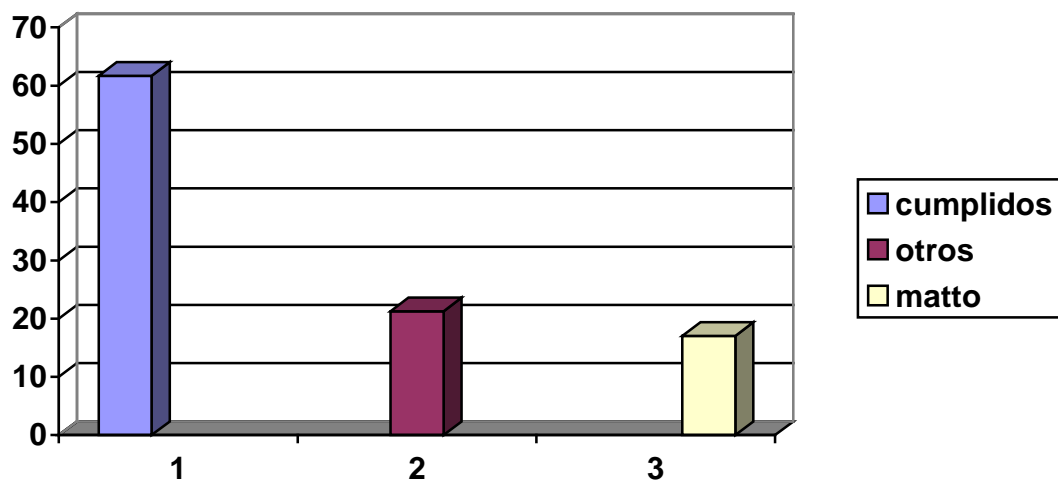


Figura 1. Resultados de la guía aplicada.

2.1.1 Resultados de las encuestas aplicadas a los operadores de calderas.

Es importante señalar que esta encuesta se aplica a los dos operadores, ya que laboran en días alternos y uno solo no ofrece la información completa necesaria para realizar el informe de los resultados que necesitamos para este trabajo

1. De los dos operarios con los que cuenta el centro solamente uno tiene el 12^{grado}.
2. No han recibido cursos de capacitación para la tecnología recibida recientemente.
3. El 50% de los operadores se sienten estimulados por la labor que realizan en el centro.
4. El 100% de los operadores desconocen o conocen de manera muy escueta lo que plantea la Resolución N° 5093 del CETSS.
5. Los operadores nunca han tenido el manual de explotación de la Caldera en sus manos.
6. No conocen con exactitud cuáles son sus deberes y derechos como operadores.

Como se reflejan en la Figura 2 las tareas a realizar con el factor humano para mejorar la explotación y optimizar los recursos, pueden ser cumplidas en breve tiempo, contribuyendo de manera radical a un mejor funcionamiento de la instalación.

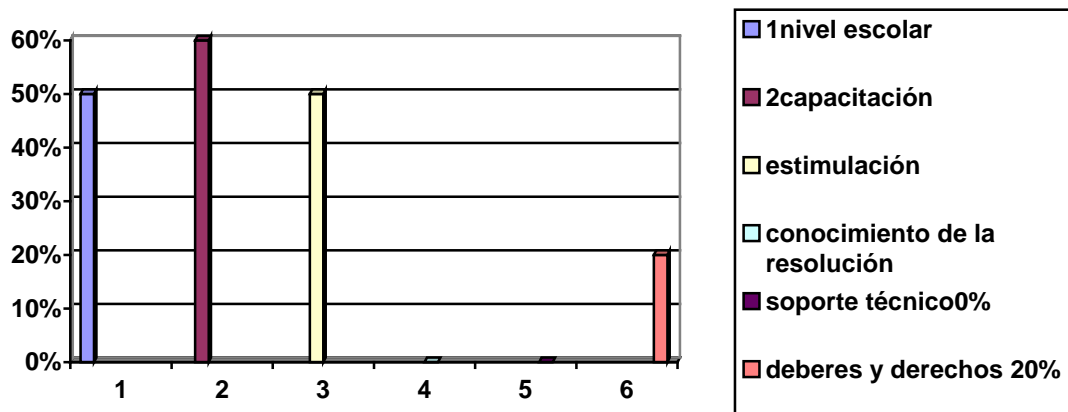


Figura 2. Resultados de la encuesta aplicada a los operadores.

2.2 Balance térmico del generador de vapor. Método indirecto.

La realización del balance térmico al generador de vapor basado en la metodología planteada en Aníbal Borroto y Nelson Tanquero (Borroto y *col.*, 2010; Tanquero y *col.*, 1987) que nos da la posibilidad de determinar la eficiencia térmica así como otras características operacionales.

Datos iniciales

Temperatura de los productos de la Combustión en la base de chimenea: 180°C

Temperatura ambiente: 30°C

Temperatura del combustible: 125°C

Temperatura del agua de alimentación: 37°C

Presión de trabajo manométrica 8 kg/cm²

Composición del combustible (mezcla). Información obtenida de Cupet.

C=84.89%, H=11.41%, O=0.3%, N=0.3%, S=2.47%, W=0.59%, A=0.04%

Cálculos

$$\sum_{ENTRADA} energía = \sum_{SALIDA} energía$$

Para determinar el calor disponible aplicamos la siguiente formulación

$$Q_d = Q_{bc} + Q_{pca} + Q_{at} + Q_{fc} \frac{kJ}{kg} \quad (2.1)$$

Donde

Q_{bc} = valor calórico bajo del combustible (kJ/kg) ó (kJ/m³)

Q_{pca} = calor físico del aire en el precalentador de aire. (kJ/kg) ó (kJ/m³)

Q_{at} = calor introducido por el vapor de atomización. (kJ/kg)

Q_{fc} = calor físico del combustible. (kJ/kg) ó (kJ/m³)

El calor introducido por el precalentador de aire y el vapor de atomización es igual a cero por que en estas calderas no existe precalentador de aire ni atomización de vapor.

De aquí calculamos por separado, primeramente el calor físico del combustible

$$Q_{fc} = c_c \cdot t_c \frac{kJ}{kg} \quad (2.2)$$

Donde

c_c : Calor específico del combustible (kJ / kg °C)

t_c : Temperatura del combustible (°C)

Para combustible líquido aplicamos la siguiente ecuación

$$c_c = 1.738 + 0.0025t_c \frac{kJ}{kg} \quad (2.3)$$

Sustituyendo tenemos que el calor específico del combustible es

$$c_c = 2,0505 \frac{kJ}{kg}$$

Sustituyendo este valor en (2) obtenemos

$$Q_{fc} = 256,3125 \frac{kJ}{kg}$$

Determinamos el valor calórico bajo del combustible a través de la ecuación de Mendeleiv

$$Q_t^i = 339 \cdot C_t + 1030 \cdot H_t - 109 \cdot (O_t - S_t) - 25 \cdot W_t \quad (2.4)$$

Aplicando la fórmula de poder calórico inferior para sólidos y líquidos sabiendo que nuestro combustible es (fuel oil) y donde C_t , H_t , O_t , S y W representan los porcentajes de carbono, hidrógeno, oxígeno, azufre y humedad, respectivamente en la masa de trabajo del combustible, sustituyendo los valores en (2.4) obtenemos:

$$Q_t^i = 40751,79 \frac{kJ}{kg}$$

Sustituyendo en (2.1) tenemos

$$Q_d = 41008,1025 \frac{kJ}{kg}$$

Para determinar las pérdidas de calor

$$q_2 = \frac{(I_{ge} - a_{ge} \cdot I_{af})(100 - q_4)}{Q_d} (\%) \quad (2.5)$$

Coeficiente de exceso de aire a la salida del generador de vapor:

$$N_2 = 100 - CO_2 - O_2 \%$$

$$N_2 = 100 - 12.7 - 2.9$$

$$N_2 = 84.4\%$$

$$\alpha = \frac{1}{1 - 3.62 \left(\frac{O_2 - 0.5 \cdot CO}{N} \right)} \quad (2.6)$$

$$\alpha = \frac{1}{1 - 3.62 \left(\frac{2.9 - 0.5 \cdot 0.0085}{84.4} \right)}$$

$$\alpha = 1.14$$

Entalpía del aire frío tabla 2,1 pág. 35 (Tanquero y col., 1987)

$$t_{af} = 30^\circ C$$

$$I_{af}^o = 38,02 \frac{kJ}{kg}$$

Volumen de aire teórico.

$$V^o_a = 0.089 \cdot (C + 0.375 \cdot S) + 0.265 \cdot H - 0.033 \cdot O_2 \quad (2.7)$$

$$V^o_a = 0.089 \cdot (84.89 + 0.375 \cdot 2.47) + 0.265 \cdot 11.41 - 0.033 \cdot 0.5$$

$$V^o_a = 10.63 \frac{m^3}{kg}$$

Entalpía de los gases de salida.

$$I_g = I_g^o + (\alpha - 1)I_a^o \quad (2.8)$$

$$I^o_g = V_{RO2} \cdot i_{RO2} + V_{N2} \cdot i_{N2} + V_{H_2O} \cdot i_{H_2O} \frac{kJ}{kg} \quad (2.9)$$

Con la temperatura de los gases de salida igual 180°C se busca en la tabla 2,1 pág. 35 (Tanquero y col., 1987).

$$I_{RO2} = 320 \frac{kJ}{m^3}$$

$$I_{N2} = 233,84 \frac{kJ}{m^3}$$

$$i_{H_2O} = 273,7 \frac{kJ}{m^3}$$

$$I^o_g = 235,12 \frac{kJ}{kg}$$

Volumen de los gases triatómicos.

$$V_{RO2} = 0.01866(C + 0.375 \cdot S) \quad (2.10)$$

$$V_{RO2} = 0.01866 (84.89 + 0.375 \cdot 2.47)$$

$$V_{RO2} = 1.60 \frac{m^3}{kg}$$

Volumen teórico de nitrógeno.

$$V^0 N_2 = 0.79 V_a^0 + 0.008 \cdot N \left(\frac{m^3}{kg} \right) \quad (2.11)$$

$$V^0 N_2 = 0.79 \cdot 10.63 + 0.008 \cdot 0.3$$

$$V^0 N_2 = 8,4001 \frac{m^3}{kg}$$

Volumen teórico del vapor de agua.

$$V_{H_2O} = V^0_{H_2O} + 0.00161 \cdot da \cdot (\alpha - 1) V^0 a \left(\frac{m^3}{kg} \right) \quad (2.12)$$

$$V_{H_2O} = 0.111 \cdot H + 0.0124 \cdot W + 0.00161 \cdot da \cdot V^0 a$$

$$V_{H_2O} = 0.111 \cdot 11.41 + 0.0124 \cdot 0.59 + 0.00161 \cdot 10 \cdot 10.63$$

$$V_{H_2O} = 1.43 \left(\frac{m^3}{kg} \right)$$

$$V^o_{H_2O} = 1.431 + 0.00161 \cdot 10 \cdot (1.48 - 1) \cdot 10.63$$

$$V^o_{H_2O} = 1.51 \frac{m^3}{kg}$$

$$I^0_g = 1.60 \cdot 320 + 8.4 \cdot 233.84 + 1.51 \cdot 273.7$$

$$I^0_g = 2889.543 \frac{kJ}{kg}$$

$$I_g = 2889.543 + 235.12 (1.14 - 1)$$

$$I_g = 2922.4598 \frac{kJ}{kg}$$

Sustituyendo en (2.5)

$$q_2 = \frac{(2922.4598 - 1.14 \cdot 38.02) \cdot (100 - 0.2)}{41008.1025}$$

$$q_2 = 7\%$$

Pérdida de calor por combustión incompleta.

$q_3=0.5\%$ según tabla 3.6 (Tanquero, 1987)

Pérdida por combustible no quemado.

Índice de Bacharach=2

$q_4=0.2\%$

Pérdida de calor por radiación y convección.

$D_n=1.1\text{t/hr}$

q_{5n} se obtiene en el nomograma representado en la fig 3.1 (Borroto y col., 2010; Tanquero y col., 1987).

$q_{5nom}= 2.28\%$

$$q_{5real}=q_{5nom}*\frac{D_{nom}}{D_{real}}=3\frac{1.1}{1.1}=3\%$$

Pérdida con el calor físico de los residuos del horno.

$q_6=0$

Eficiencia por el método indirecto.

$$\eta = 100 - q_2 - q_3 - q_4 - q_5 \quad (2.13)$$

$$\eta = 100 - 7 - 0.5 - 0.2 - 3$$

$$\eta = 89,3\%$$

Estos resultados nos indican que la caldera esta trabajando en los parámetros de eficiencia recomendado por el fabricante que debe estar entre un η 88 a 92%

Calor útil.

$$Q_1 = D_{vs} (i_{vs} - i_{aa}) \frac{kJ}{kg} \quad (2.14)$$

$$Q_1 = 1100(2774 - 125.7)$$

$$Q_{1_i} = 2.9 \cdot 10^6 \frac{kJ}{kg}$$

Consumo de combustible:

$$B_c = \frac{Q_1}{Q_d \cdot \eta} 100 = \frac{2.9 \cdot 10^6}{41008,1025 \cdot 89,3} 100 \quad (2.15)$$

$$B_c = 79,19 \frac{kg}{h}$$

2.3 Revaporizado o (vapor flash).

Aún existen instalaciones en que se evacúa sin aprovechar la totalidad de la mezcla de condensado y vapor de expansión, simplemente por miedo al costo de la reforma de la instalación o por el hecho de que el condensado esté sucio y no sirva para alimentar la caldera.

Uno de los objetivos más importantes que debe proponerse cualquier sistema de vapor es la recuperación de la energía contenida en el condensado que sale de los procesos industriales. En la actualidad se utilizan principalmente tres métodos para recuperar la energía contenida en el condensado, en dependencia al uso que se le vaya a dar:

1. Alimentando la caldera con condensado caliente.
2. Mediante el uso del revaporizado (flash).
3. Empleando el condensado para otro proceso industrial.

La línea principal de vapor de cada caldera conducirá el flujo hacia el distribuidor de vapor y de este saldrá el flujo en dirección al área de trabajo. El condensado generado en el esquema de distribución, excepto los del sistema de calentamiento de combustible y del distribuidor de vapor que no se recuperaran y son conducido hacia la purga; se envían al tanque de agua de alimentación. En toda la trayectoria se mantendrá una pendiente del 1% en dirección del vapor para facilitar la evacuación del condensado. ("Mantenimiento de Calderas," 2010).

Es evidente que mientras más caliente sea el agua de alimentación de la caldera menor será la cantidad de combustible que se requiere para una determinada producción de vapor. Pero además ofrece otras ventajas, el condensado (no contaminado) es agua suavizada y su alimentación caliente a la caldera, implica un ahorro en su tratamiento e incluso cuando no existe éste, reduce las incrustaciones en los tubos de la caldera y las pérdidas en la purga debido a la disminución de lodos o sedimentos.

Es difícil asegurar la pureza de este condensado, debido a que el que se forma en los calentadores de petróleo con frecuencia no regresa a la fuente de calor, ya que al producirse una avería en los tubos del calentador puede contaminar el ciclo agua-vapor (Borroto y col., 2010).

El revaporizado o vapor flash, aparte de su origen, no tiene ninguna característica especial. Es tan útil como el vapor saturado a la misma presión procedente de calderas. Con ayuda de una instalación adecuada, en muchos casos se puede recuperar y usar económicamente. ("Equipamiento de SpiraxSarco. Cálculo de vapor flash.," 2011).

El revaporizado se forma en el momento en que tiene lugar la caída de presión, que es precisamente cuando el condensado atraviesa la válvula de descarga del purgador. Por tanto a partir de este punto el sistema de recuperación ha de ser capaz de transportar la mezcla de condensado y revaporizado al tanque de expansión. Muchas instalaciones de retorno de condensado sufren problemas de contrapresión debido a un dimensionado inadecuado.

El problema que se nos presenta es separar el revaporizado del condensado. Esto lo realizaremos en un tanque de expansión o (revaporizado) que no es más que un depósito vertical de tales dimensiones que la disminución de velocidad que sufre el flujo de vapor y condensado permite a este caer al fondo por gravedad, siendo drenado por un purgador de boya cerrada (SPIRAXSARCO) ("Equipamiento de SpiraxSarco. Cálculo de vapor flash.," 2011) mientras el revaporizado sale por la parte superior del tanque. Las dimensiones del tanque deben estar de acuerdo con los caudales a manejar. Por una parte la altura ha de tener un mínimo para evitar el arrastre de gotas de agua por el vapor saliente. Por otro el diámetro ha de ser tal que

la velocidad del vapor no sea superior a los 3 m/s, favoreciéndose así la separación del revaporizado del condensado.

Los ahorros asociados a la compra de productos químicos para el tratamiento y calentamiento del agua hacen muy atractiva las inversiones necesarias para la recuperación del vapor extraído del condensado. La necesidad de controlarlo depende del uso que se haga del revaporizado, en algunos casos no es preciso el control.

Con demasiada frecuencia la recuperación del revaporizado es una solución para evitar el exceso de temperatura en el tanque de alimentación de calderas, así como el que la nube de vapor que escapa por el conducto de aireación del tanque perjudique las estructuras del edificio.

Las pérdidas en este sistema están normalmente asociadas a las siguientes áreas:

- Pérdidas de vapor.
- Pérdidas de calor a través del aislante térmico.
- Pérdida de condensado.
- Pérdidas de vapor flash.

Estas áreas son fundamentales en la eficiencia energética del sistema de vapor y las oportunidades de ahorro de energía y reducción de costos en ellas son, generalmente, económicamente atractivas. (Borroto y col., 2010).

2.3.1 Determinación de la masa de vapor necesaria para el tacho.

Para los cálculos de pérdidas de calor en el tacho se asumen por norma técnica un 5% de la suma del calor absorbido por el agua para elevar su temperatura hasta la temperatura de saturación más la del cambio de fase. Posteriormente realizaremos el cálculo para determinar el consumo de vapor de los tachos considerando que el agua contenida en su interior es de 200 lit. y a la misma se le elevará su temperatura desde 25°C hasta 100°C durante una hora y posterior a que llegue a 100°C mantenerla 30 min para determinar el consumo de vapor del mismo. Consideraremos en nuestro caso un factor de pérdidas al medio ambiente de 1.1. (Himmelblau, 1997).

$$m_v = \frac{(m_{H_2O} \cdot C_{P_{H_2O}} (100 - 25) + m \cdot r_{agua})}{r_{vapor}} 1.1 \quad (2.16)$$

Donde:

m_v : Masa de vapor suministrada al tachó (kg)

m_{H_2O} : Masa del agua (Kg)

$C_{P_{H_2O}}$: Calor específico del agua (kJ/kg K)

r_{H_2O} : Calor latente (kJ/kg)

$$m_v = 43.29 \text{ Kg/h.}$$

Teniendo en cuenta que estén funcionando los 20 tachos a (100 %) de capacidad, entonces multiplicando (m_v) x 20

$$m_v = 865,8 \text{ kg/h}$$

La cantidad de agua revaporizada dependerá del salto de presión que se tenga. Cuanto mayor sea la presión inicial y menor la presión a la que se descarga el condensado mayor será la cantidad de revaporizado formado.

Normalmente no es recomendable instalar una planta central de recuperación de revaporizado sino que es mucho más eficaz hacer recuperaciones parciales, ya que la revaporización del condensado tiene lugar inmediatamente en la descarga del purgador. Así además, evitaremos pérdidas por radiación y rozamiento.

2.3.2 Determinación de la cantidad de vapor flash.

Cuando el agua caliente a temperatura t_1 y presión P_1 se le reduce la presión a P_a atmosférica ($P_a < P_1$) su temperatura disminuye hasta la temperatura de saturación (t_{sa}) que corresponde a P_a . La energía antes y después de ese proceso debe conservarse, por lo que parte de la energía inicial es destinada a evaporar cierta cantidad de agua. Esto ocurre siempre que ($t_1 > t_{sa}$).

El vapor producido a determinada presión puede ser utilizado en algún proceso industrial que trabaje a esa presión, el mismo se calcula realizando el balance del flash obteniéndose la expresión:

$$G_{vap} = \frac{mc(h' - ha)}{r} \text{ kg / s} \quad (2.17)$$

Dónde:

G_{vap} Vapor flash producido a presión y temperatura de saturación (kg/s).

mc : Cantidad de agua a presión P_1 y temperatura t_1 (kg/s).

h' : Entalpía del agua a presión P_1 y temperatura t_1 (kJ/kg).

ha : Entalpía del agua saturada a presión atmosférica (kJ/kg).

r : Calor latente a la presión de saturación correspondiente (kJ/kg).

La producción de vapor flash puede resultar en una pérdida considerable tanto de energía como de agua ante determinadas situaciones. ("Equipamiento de SpiraxSarco. Cálculo de vapor flash.," 2011)

Para utilizar el vapor flash debemos poder determinar con precisión la cantidad que se nos generara ("Equipamiento de SpiraxSarco. Cálculo de vapor flash.," 2011). Esto podremos saberlo mediante un cálculo a base de los datos que nos ofrece la tabla de vapor anexo (4)

El condensado que llega al purgador a una presión de 0,3 kg/cm² tendrá una temperatura de 106,45°C y un calor sensible de 446,32 kJ/kg_c. A presión atmosférica su máximo calor sensible será de 419,04 kJ/kg_c. La diferencia de 27,28 kJ/kg_c (6,51 kcal/kg_c) es el exceso de calor latente de vaporización de parte del condensado.

A la presión atmosférica el vapor tiene un calor latente de vaporización de (2257 kJ/kg_v) 539,69 kcal/kg_v por tanto con los 6,51 kcal/kg_c de que disponemos, la cantidad de vapor a presión atmosférica formado será:

$$6,51 / 539,68 = 0,012 \text{ kg}_v/\text{kg}_c$$

Si el sistema de tachos está entregando 865,8kg/h la cantidad total de revaporizado a la presión atmosférica será de $865,8 \cdot 0,012 = 10,3896 \text{ kg/h}$

Evidentemente, no es necesario recuperar el revaporizado a la presión atmosférica, se puede en realidad recuperar a cualquier presión.

En el Anexo 7 se da en % las cantidades de revaporizado que se producirán, al recuperarlo a distintas presiones en función de la presión en el purgador. Ténganse en cuenta que estas tablas se han confeccionado suponiendo que los purgadores descarguen el condensado a la misma temperatura del vapor.

Una vez calculada la cantidad de revaporizado producido es conveniente considerar que en realidad aprovechamos un 2% menos debido a las pérdidas térmicas de la instalación de recuperación. ("Equipamiento de SpiraxSarco. Cálculo de vapor flash.," 2011).

- Si tenemos en cuenta que se pierde un 2% entonces sería 10,181808 kg/h de revaporizado. Esto es lo que se produciría en los 20 tachos a los que suministra la caldera. Si queremos saber cuanto revaporizado se produce en un tacho dividimos $10,3896 / 20 = 0,51948 \text{ kg/h}$.
- Posteriormente calculamos el consumo de vapor que demanda la lava vajilla conociendo que la masa de agua es de 125 lit y que queremos llevar el agua desde 25°C a 80°C obtenemos:

$$mv = \frac{m_{H_2O} \cdot C_{P_{H_2O}} (T_f - T_i)}{r_{vapor}} \text{ Kg/h} \quad (2.18)$$

m_{H_2O} = Masa del agua en el lava vajilla (kg)

$C_{P_{H_2O}}$ = Calor específico del agua ($\frac{kJ}{kg \cdot K}$).

T_f = Temperatura final del agua en el lava vajilla (°C).

T_i = Temperatura inicial del agua en el lava vajilla (°C).

r_{vapor} = Entalpía del vapor ($\frac{kJ}{kg \cdot K}$)

$$1m^3 = 1000lit$$

$$V=0.125 m^3$$

$$\rho = \frac{m}{V}$$

$$m = \rho V$$

$$m = 972 \cdot 0.125$$

$$m = 145.8kg$$

$$m_{H_2O} = \frac{121.5 * 4.19 * (80 - 25)}{2686.64}$$

$m = 10.42kg$ si se considera el 2% de pérdida entonces sería 10.62kg.

En nuestro caso decidimos que el vapor flash fuera incorporado al ciclo, pero esta vez cumpliendo una función técnico-económica a través de un circuito que llevará este vapor desechado a un serpentín que estaría ubicado en la fuente de agua de las máquinas lavadoras de vajillas y así sustituir la resistencia eléctrica encargada de calentar el agua de dicho equipo para su funcionamiento.

Para lograr los valores de aprovechamiento del revaporizado se realizaron algunos cálculos que nos dieron la cuantía de la cantidad de vapor útil que se despreciaba por ese concepto.

El mismo dio como resultado 10.62 kg, es preciso resaltar que este vapor es obtenido del proceso sin costo alguno de combustible por lo que su utilización se considera una ganancia limpia de energía.

La propuesta de solución a los problemas encontrados de acuerdo a un criterio técnico será la sustitución de la resistencia que consume 9 kw/h.

2.3.3 Cálculo del serpentín.

Con los resultados anteriores vamos a calcular y seleccionar el serpentín para el calentamiento periódico del agua en un recipiente (en condiciones de convección libre) agua en cantidad de 125 litros para calentarse desde 25°C á 80 °C durante el tiempo de trabajo el calentamiento se efectúa con vapor cuya presión absoluta es de

0.3kg/cm².. El serpentín de cobre está fabricado de tubo de 12mmx1.5mm de diámetro(Romankov y col., 1981).

$$\Delta t_m = \frac{\Delta t_{int} - \Delta t_{fin}}{2.3 \log \frac{\Delta t_{in}}{\Delta t_{fin}}} \quad (2.19)$$

$$\Delta t_{in} = 100 - 25 = 75 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta t_{fin} = 100 - 80 = 20 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta t_m = \frac{75 - 20}{2.3 \log \frac{75}{20}}$$

$$\Delta t_m = \frac{55}{2.3 \log 3.75}$$

$$\Delta t_m = 41,65 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$t_{H_2O} = t_{cond} - \Delta t_m$$

$$t_{H_2O} = 100 - 41,65$$

$$t_{H_2O} = 58,35 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

El consumo de calor a transmitir es.

$$\rho_{in} = 996,95 \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) \quad \text{Tabla A-4 pág. 351 Mijeeva}$$

$$\rho_{fin} = 971,8 \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right)$$

$$\bar{\rho} = \frac{\rho_{fin} + \rho_{in}}{2} \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) \quad (2.20)$$

$$\bar{\rho} = 984,375 \quad \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right)$$

$$v = 0,125 \quad \text{m}^3$$

$$m = \bar{\rho} * v$$

$$m = 123,046875 \quad \text{kg}$$

$$Q = m_a \cdot c_{pa} (t_{fin} - t_{in}) \quad (2.21)$$

$$Q = 123,046875 * 4,195 * (80 - 25)$$

$$Q = 28390 \quad (\text{kJ})$$

Calculo del número de Reynolds

$$R_e = \frac{w * d}{\vartheta} \quad (2.22)$$

$$w=3 \quad \text{m/s}$$

$$d=12 \quad \text{mm}$$

$$\vartheta=20,02 \times 10^{-6} \quad \text{m}^2/\text{s}$$

$$R_e = \frac{3 * 0,012}{20,02 * 10^{-6}}$$

$$R_e = 1798,201$$

$$R_e < R_{e \text{ crit } 1} \quad \text{Flujo laminar}$$

$$G_r = \frac{g d^3 \rho^2 \beta}{\mu^2} \quad (2.23)$$

$$\beta = \frac{\rho_{in} - \rho_{fin}}{\rho_{in} \Delta t}$$

$$\Delta t = t_c - \Delta t_m$$

$$\Delta t = 100 - 41,65$$

$$\Delta t = 58,35 \quad ^\circ\text{C}$$

$$\beta = \frac{996,95 - 971,8}{996,95 * 58,35}$$

$$\beta = \frac{25,15}{58172,0325}$$

$$\beta = 4,32e - 4 \quad ^\circ\text{C}$$

$$G_r = \frac{9,81 * 0,012^3 * 984,37^2 * 4,32 * 10^{-4}}{(11,97 * 10^{-6})^2}$$

$$G_r = \frac{0,00709}{0,0000000001432809}$$

$$G_r = 49483217,93$$

$$P_{rf}=1,08 \quad \text{Tabla A-5 pág. 352 Bibliografía 17}$$

$$P_{rp} = 2,23$$

Calculo del producto del $G_r * P_r$

$$G_r * P_r = 53441875,36$$

Como

$$10^3 < G_r * P_r < 10^8$$

Utilizamos para realizar el cálculo del Nusselt

$$\overline{Nu}_f = 0,50(G_r P_r)^{0,25} \left(\frac{P_{rf}}{P_{rp}} \right)^{0,25} \quad (2.24)$$

$$\overline{Nu}_f = 35,66$$

El coeficiente de emisión térmica para el agua es

$$\alpha_{H_2O} = \frac{Nu\lambda}{d} \quad W/m^2C \quad (2.25)$$

$$\alpha_{H_2O} = \frac{35,66 * 0.627}{0.012}$$

$$\alpha_{H_2O} = 1863,235 \quad W/m^2C$$

Donde $\lambda = 0.627 \text{ W/(m } ^\circ\text{C)}$ es el coeficiente de conductividad térmica del agua a $41,65 \text{ } ^\circ\text{C}$ (Romankov y col., 1981)

$$q = \alpha_{vap} \Delta t_{vap} = \frac{\Delta t_{par}}{\sum r_{par}} = \alpha_{H_2O} \Delta T_{H_2O} \quad (2.26)$$

$$\text{Entonces } q = \alpha_{H_2O} \Delta T_{H_2O} = 111794,1 W/m^2$$

El área necesaria para la superficie de intercambio de calor es

$$F = \frac{Q}{q} = \frac{28390}{111794,1} = 0,25 \text{ m}^2 \quad (2.27)$$

La longitud del serpentín es:

$$L = \frac{F}{\pi * d} \text{ m} \quad (2.27)$$

$$L = \frac{0,25}{3.14 * 0.015}$$

$$L = 5.3 \text{ m}$$

Los resultados obtenidos anteriormente nos ofrecen los valores de área y longitud para el diseño del serpentín necesario para nuestra instalación propuesta.

Con los resultados anteriores obtenidos, a partir de los cálculos realizados partiremos del esquema de la instalación actual, como se puede observar en el anexo 8 para proponer el diseño de la instalación nueva que una vez acometida nos llevaría a alcanzar un ahorro considerable de energía eléctrica al sustituir las resistencias eléctrica (que son las encargada de calentar el agua del equipo lava vajilla) y que sin las cuales no se podría brindar un servicio tan importante a la cocina comedor, para esto es necesario intersertar una tubería a la línea de condensado lo mas próximo posible a los tachos para hacer llegar este condensado al tanque separador de vapor flash con su máxima energía posible, posteriormente como su nombre lo indica en el separador el vapor flash o revaporizado se separa del condensado y este sigue a hacia el lava vajilla seleccionado para trabajar pasando por los serpentines de cobre que nos servirá de intercambiador de calor entre el agua que esta depositada en la cuba del equipo y el vapor que hacemos llegar al mismo, esto se hace por convención libre, una vez cedido su calor el condesado regresa a través de una tubería que se conecta a línea de condensado final, este a su vez se une con la línea de condensado que sale del tanque separador vapor flash que la transporta de regreso al tanque de alimentación de la caldera para cederle el calor restante al agua de alimentación de la caldera, como podemos observar el Anexo.9 que aparece en el trabajo.

Para el diseño del tanque de revaporizado se tuvo en cuenta los cálculos realizado en el trabajo así como los criterios mostrados en la literatura ("Equipamiento de SpiraxSarco. Cálculo de vapor flash"). (2011). asimismo se tuvieron en cuenta para su elaboración las normas internacionales vigentes como se puede observar en el Anexo 10.

2.3.4 Costo económico.

El costo económico parte de valorar el gasto de energía eléctrica que se utiliza para calentar el agua para el lavado de las vajillas (Valero Capilla y col., 1994) que es de 9kW, si consideramos que la misma funciona 5 horas al día y que el kW para el sector estatal está valorado 0.25 CUP entonces, para un día de trabajo consume

45kW, que tiene un costo de 11.25 CUP y considerando que este equipo trabaja diariamente tenemos entonces 337.5 CUP al mes y 4106.25 CUP al año.

El costo de la instalación que proponemos en este trabajo es de aproximadamente de 1151.73 CUP (ver tabla en Anexo 6 y 7) y para su montaje por concepto de mano de obra para su ejecución está valorada en 682.88 CUP lo que al sumar los costos de inversión resulta en 12234,61 CUP, este valor de inversión se amortizaría en aproximadamente 4 años, a partir de los cuales se comenzaría a obtener ganancias por concepto de ahorro de energía.

Se utilizaría para esta inversión un préstamo bancario con un interés del 10 % anual. Luego de realizado el análisis económico, en el cual las ganancias estarían representadas por el ahorro energético, se obtuvo como resultado un VAN (Valor Actual Neto) de 21,805.29 CUP al cabo de 10 años, un TIR (Tasa Interna de Retorno) de 31 %. Estos valores son ambos positivos lo que indican una positiva efectividad económica del proyecto. Por otra parte la recuperación se efectuaría en aproximadamente 4 años como se muestra en la Figura 3.

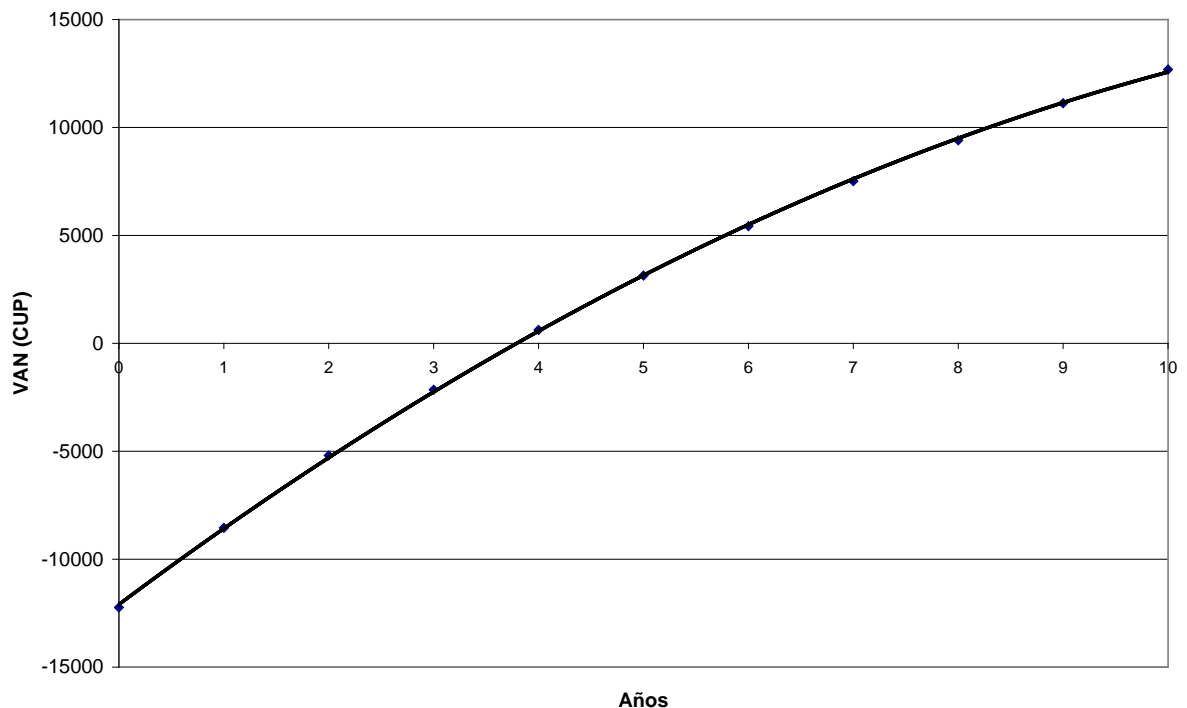


Figura 3. Gráfica de VAN contra años para el análisis económico del proyecto.

En este gráfico podemos observar que a finales del tercer año de explotación la inversión ya estaría amortizada y a partir de este momento se empezarían a obtener ganancias.

.

CONCLUSIONES

1. Se demuestra la factibilidad de la utilización del revaporizado en el esquema térmico de la Universidad de Camagüey.
2. Se elimina el consumo eléctrico para el calentamiento del agua utilizada para el lavado de las vajillas de la cocina comedor.
3. La utilización del revaporizado permitirá extraer el máximo de energía que porta el condensado formado en el esquema térmico de la cocina comedor de nuestro centro.
4. El costo económico de la instalación del sistema propuesto se amortizaría en un periodo de aproximadamente 4 años con una ganancia neta de 21 805,29 CUP al cabo de 10 años y una tasa interna de retorno de 31 %.

RECOMENDACIONES

- 1 Se construya e instale el sistema propuesto de utilización del revaporizado en el esquema térmico de la cocina comedor.
- 2 Perfeccionar el sistema termoenergético con vista a eliminar los desperfectos existentes que fueron detectados en la auditoría energética.

Hoja de nomenclatura.

C^t	- Concentración gravimétrica de trabajo de carbono en el combustible	(%)
H^t	- Concentración gravimétrica de trabajo de hidrógeno en el combustible.	(%)
S^t	- Concentración gravimétrica de trabajo de azufre en el combustible.	(%)
O^t	- Concentración gravimétrica de trabajo de oxígeno en el combustible.	(%)
Q_{bc}	- Valor calórico bajo del combustible.	(kJ/kg)
η_{gv}	- Eficiencia bruta del G. V.	(%)
q_2	- Pérdidas de calor en los gases de escape.	(%)
I_{ge}	- Entalpía de los gases de escape.	(kJ/kg)
I^0_g	- Entalpía teórica de los gases de la combustión.	(kJ/kg)
I^0_a	- Entalpía teórica del aire.	(kJ/kg)
α_{ge}	- Coeficiente de exceso de aire a la salida del G. V.	
I^0_{af}	- Entalpía teórica del aire frío.	(kJ/kg)
V^0_a	- Volumen teórico del aire seco.	(m ³ /kg)
i_{af}	- Entalpía del aire frío.	(kJ/m ³)
Q_d	- Calor disponible.	(kJ/kg)
Q_{fc}	- Calor físico del combustible.	(kJ/kg)
q_3	- Pérdidas de calor por incombustión química.	(%)
β	- Coeficiente de gases en función de la composición de combustible.	
q_4	- Pérdidas de calor por incombustión mecánica.	(%)
q_5	- Pérdidas de calor al medio ambiente.	(%)

G_{vs}	- Flujo del vapor sobrecalentado.	(kg/s)
B	- Consumo de combustible.	(kg/s)
Q_1	- Calor útil.	(kW)
i_{vs}	- Entalpía del vapor sobrecalentado.	(kJ/kg)
l_{aa}	- Entalpía del agua de alimentar.	(kJ/kg)
G_{vap}	Vapor flash producido a presión y temperatura de saturación	(kg/s)
$mc :$	Cantidad de agua a presión P_1 y temperatura t_1	(kg/s)
$h' :$	Entalpía del agua a presión P_1 y temperatura t_1	(kJ/kg)
$ha :$	Entalpía del agua saturada a presión atmosférica	(kJ/kg)
$r :$	Calor latente a la presión de saturación correspondiente	(kJ/kg)
mv	Masa de vapor del tacho	kg
m_{H_2O}	Masa del agua	Kg

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALASTOR. (2007). Proyecto de montaje, Memoria Descriptiva. Grupo de proyectos. Santa Clara.
2. Barriga, X. (2005). Criterios para la elección de la maquinaria. [Electronic Versión]. Recuperado 5 de mayo de 2011 en http://www.molineriaypanaderia.com/html/listado_articulos.php?sSección=Técnica.
3. Borroto, A., y Rubio, A. (2010). *Combustión y Generación de Vapor* (1ra ed. Vol. 1). La Habana: Editorial Félix Varela.
4. Campos Avella, J. C. (1993). Diplomado de ahorro de energía. Facultad de Ingeniería. Universidad de Guadalajara. México.
5. Carl, D., y Shields, S. (1975). *Calderas, tipos, características y sus funciones* (Edición revolucionaria instituto cubano del libro tercera edición ed.). La Habana: Editorial Pueblo y Educación.
6. Barriga, X. (2005). Criterios para la elección de la maquinaria. [Electronic Versión]. Recuperado 5 de mayo de 2011 en http://www.molineriaypanaderia.com/html/listado_articulos.php?Seccion=Técnica.
7. Castro Ruz, F. (1992). *Mensaje de Fidel Castro*. Documento presentado en Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo., Río de Janeiro.
8. Equipamiento de SpiraxSarco. Cálculo de vapor flash. [Electronic (2011). Versión]. Recuperado 8 de septiembre de 2011 en <http://www.spiraxsarco.com/mx/resources/calculators/flash-steam.asp>.
9. Fernández Díaz, P. (2009). *Termodinámica Técnica*. Documento presentado, Departamento de Ingeniería Eléctrica y Energética, Universidad de Cantabria, España.

10. Gorbatenko, V., y Loo Chirino, F. (1986). *Teoría de Generadores de Vapor* (1ra ed. Vol. 1). La Habana: Editorial Pueblo y Educación.
11. Himmelblau, D. (1997). *Principios básicos y cálculos en ingeniería química* (6ta ed. Vol. 1). Texas, USA.: Prentice-Hall Hispanoamericana S.A.
12. Isalchenko, V., Osipova, V., y Sukomel, A. (1987). *Trasmisión de Calor* (3ra ed. Vol. 1). La Habana: Editorial Pueblo y Educación.
13. Hugot, E. (1986). *Manual para Ingenieros Azucareros* (1ra ed. Vol. 1). La Habana: Edición Revolucionaria.
14. Keenan, J. (1973). *SteamTables*.
15. *Lineamientos de la Política Económica Y Social del Partido y la Revolución*. (2011). Documento presentado en Sexto Congreso del Partido Comunista de Cuba, La Habana.
16. M.j.A.Mijeev y IM mijeeva. (1978.) *Fundamentos de la termotransferencia*. Moscú. Editorial Mir.
17. Mantenimiento de Calderas [Electronic (2010). Versión]. Recuperado 3 de abril de 2011 en <http://www.mantenimientodecalderas.com>.
18. Manual de Operación y mantenimiento calderas Gonella. S.A. (1970). Santa Fe, Argentina: Lito Gonella e Hijo I.C.F.I.
19. Moring Faires, V. (1987). *Termodinámica* (1ra ed. Vol. 1). La Habana Revolucionaria.
20. Pérez Garay, L. (1986). *Generadores de vapor* (1ra ed. Vol. 1). La Habana: Editorial Pueblo y Educación.
21. Reparaciones de Calderas [Electronic (2010). Versión]. Recuperado 2 de febrero de 2011 en <http://www.calderasreparacion.es>.
22. Resolución 50-93-78 del Comité Estatal del Trabajo y Seguridad Social. (1978).

23. Rodríguez, O., y Corugedo, Á. (1986). *Dibujo Aplicado para Ingenieros* (1ra ed. Vol. 1). La Habana: Editorial Pueblo y Educación.
24. Romankov, P. G., Pavlov, K. F., y Noskv, A. A. (1981). *Problemas resueltos para el curso de operaciones básicas y aparatos en tecnología química* (1ra ed.). Moscú: Editorial Mir.
25. Ruiz Martell, E., Fernández López, G., Figueredo Coucelo, N., y Rodríguez Piñeiro, A. (2009). *Dibujo Técnico para la Carreras de Ingeniería* (1ra ed. Vol. 1). La Habana: Editorial Félix Varela.
26. Sampier Hernández, R. (2004). *Metodología de la Investigación* (1ra ed. Vol. 1). La Habana: Editorial Félix Varela.
27. Servicios técnicos a calderas [Electronic (2010). Versión]. Recuperado 12 de junio de 2011 en <http://www.serviciotecnicocalderasmadrid.com>.
28. Sokolov, F., y Usob, P. (1971). Problemas de fundamentos de hidráulico y termotecnia (Vol. 1). Moscow: Mir.
29. Tanquero, N., Aballe, L., y Reyes, N. (1987). *Guía metodológica para proyectos de curso de generadores de vapor* (Primera ed. Vol. 1). La Habana: Editorial ISPJAE.
30. Turrini, E. O. (1993). *O caminho do sol* (1ra ed. Vol. 1). Brasília: Editorial Vozes.
31. Valero Capilla, B., y Lozano Serrano, M. A. (1994). *Curso de Termoeconomía. II*. Documento presentado en Curso de Termoeconomía. II, Universidad de Zaragoza. España.

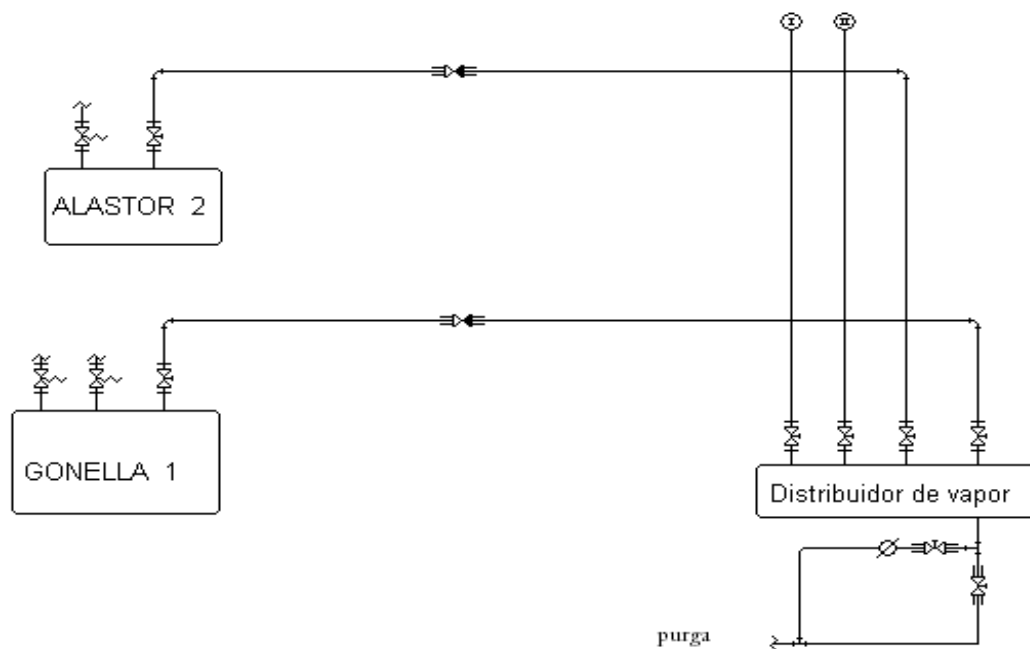
ANEXOS:**Anexo 1. Tabla Datos técnicos de la caldera GONELLA.**

Características.	Parámetros
Fabricante.	GONELLA
Modelo.	3PH 8/10.5
Producción de vapor nominal.	1000Kg/h
Superficie de calefacción.	24.8m ²
Volumen de agua.	3.27 m ³
Presión de diseño.	10/13bar
Temperatura de vapor saturado máxima.	184°C
Combustible principal.	Fuel Oil
Consumo de combustible máximo.	86Kg/h
Peso de la caldera seca.	4980Kg
Peso de la caldera llena.	8960Kg
Salida de vapor principal.	2 pulgada
Válvula de seguridad.	3/4pulgada
Entrada de agua de alimentación.	1 pulgada
Extracción de fondo.	1 pulgada
Temperatura máxima de los gases de escape.	300 °C
Bombas de agua.	Grundfos CR1-15

Anexo 2. Datos técnicos de la caldera ALASTOR UMISA.

Características.	Parámetros
Fabricante.	ALASTAOR_UMISA
Modelo.	CMS-C/1100
Producción de vapor nominal.	1100Kg/h
Superficie de calefacción.	29,3 m ²
Volumen de agua.	2,57 m ³
Presión de diseño.	10/13bar
Temperatura de vapor saturado máxima.	184 °C
Combustible principal.	Fuel Oil
Consumo de combustible máximo.	76Kg/h
Peso de la caldera seca.	3850Kg
Peso de la caldera llena.	6780Kg
Salida de vapor principal.	2 pulgada
Válvula de seguridad.	½ pulgada
Entrada de agua de alimentación.	1 pulgada
Extracción de fondo.	1 pulgada
Temperatura máxima de los gases de escape.	300 °C
Bombas de agua.	Grundfos CR1-15

Anexo 3: Esquema de ciclo de vapor en la casa de caldera.



Anexo 4: Guía de inspección aplicada al sistema termoenergético de la Universidad de Camagüey.

	ASPECTOS A VALORAR	Si	No
1.	Examinar si la caldera tiene la placa indicadora con los datos de trabajo	X	
2.	Examinar si la entidad que explota la caldera de vapor tiene habilitado controles en los cuales anote los resultados de las comprobaciones efectuadas al equipo, así como la hora en que se realicen las extracciones de fondos y el tiempo de duración de estas.	X	
3.	Examinar si la entidad tiene el pasaporte o documentación técnica de la caldera con toda la información requerida. R/ No existe esta documentación pues en el proceso de traslado el embalaje sufrió roturas lo que conllevó a su pérdida.		X
4.	Verificar si existe el libro de control individual en el cual se anoten los trabajos de reparación, limpieza y mantenimiento y de existir si está actualizado.	X	
5.	Verificar que las tuberías, válvulas y elementos de las calderas en los que la temperatura de la superficie externa supere los 45 ° C se cubran con material termoaislante.	X	
6.	Verificar el estado técnico de las calderas.(sobre todo con respecto al aislamiento térmico) R/ Es buena.	X	
7.	Inspeccionar el orden y limpieza del lugar donde se encuentra instalado el generador de vapor.	X	

	R/ El área se encuentra limpia pero puede ser más organizada.		
8.	Determinar frecuencia con que se comprueba el buen funcionamiento de las válvulas de seguridad mediante el accionamiento forzado. R/ Las mismas no son accionadas nunca por los operadores, pero en documento mostrado por el operador se verifica que la misma es revisada mensualmente por los mecánicos de Alastor.		X
9.	Verificar la existencia de manómetros en la tubería de alimentación de agua entre la bomba de alimentar y la válvula de retención.	X	
10.	Verificar la existencia de manómetros en la tubería de combustible antes del quemador.	X	
11.	Examinar si la bomba de agua de alimentar tiene fijada su chapa de identificación con los datos técnicos necesarios y si está fijada al suelo.	X	
12.	Observar si en la tubería de combustible existen instalados filtros antes del quemador.	X	
13.	Observar si en la tubería de combustible antes que el quemador existen instalados termómetros para la medición de la temperatura de el combustible.	X	
14.	Verificar si los accesorios de cierre que están instalados en la caldera de vapor o en la tubería tienen la chapa indicadora de sus datos técnicos. R/ Las válvulas no se encuentran señalizadas.		X
15.	Verificar la instalación de la válvula de cierre principal de vapor y su correcto montaje para caldera única.	X	
16.	Verificar que para las calderas situadas en baterías y que	X	

	estén conectadas a una tubería maestra de vapor, se sustituya la válvula principal de vapor por una válvula de no retorno.		
17.	Verificar la instalación entre la válvula de cierre principal y la válvula de retención de la válvula de desagüe con un diámetro no menor de 20 mm. R/ No fue instalada en el montaje.		X
18.	Observar si en la tubería de agua de alimentación está montada la válvula de retención y comprobar su estado técnico.	X	
19.	Verificar el estado técnico de las mirillas instaladas en el hogar para permitir la observación del proceso de combustión. R/ Las posee pero se recomienda que sean limpiadas con frecuencia.	X	
20.	Verificar si el agua que alimenta las calderas se le hace el tratamiento químico apropiado.	X	
21.	Verificar si existe la instrucción para el tratamiento del agua. R/ No existe la guía de instrucciones para llevar a cabo esta actividad.		X
22.	Comprobar la existencia del libro de control donde se reflejen los resultados del tratamiento del agua. R/ No se lleva el control de esta actividad.		X
23.	Verificar la existencia del termómetro encargado de medir la temperatura de los gases de escape y su estado técnico. R/ Bueno y verificado.	X	
24.	Verificar el estado técnico de las chimeneas y si tienen gorros.	X	
25.	Verificar que no existan salideros en las tuberías de		X

	combustible, agua y vapor. R/ Se detectaron varios salideros de vapor y dos de combustible que aunque no son de gran magnitud deben eliminarse.		
26.	Verificar cada qué tiempo se le da mantenimiento a los siguientes elementos de los quemadores: <ul style="list-style-type: none"> • Pastillas y atomizadores. • Filtros. Electrodos de pre encendido. <ul style="list-style-type: none"> • Válvula de solenoide. • Vidrio visor. R/ No se actúa sobre los elementos anteriores a no ser que existan roturas o mantenimiento general.		X
27.	El forro de los cables eléctricos del quemador debe ser de material incombustible o de baja combustión.	X	
28.	Verificar que los sistemas de alarma y señalización funcionen adecuadamente.	X	
29.	La eficiencia de la caldera no será menos del 2% de la recomendada por el fabricante de la caldera.	X	
30.	Es requisito indispensable la limpieza diaria del quemador, pizarras y equipos dentro de la sala de calderas. En el difusor del quemador, velar por la no formación de escorias y en el caso de quemadores rotatorios la limpieza diaria de las capas, también realizar diariamente la limpieza de la celda fotoeléctrica. R/ En este tipo de caldera no es necesario la limpieza diaria del quemador, en la pizarra y en el equipo se debe ser más celoso con la limpieza.		X
31.	Tiempo transcurrido desde la última limpieza de la caldera		

	hasta la inspección. R/ Desde la última limpieza han transcurrido 3 meses		
32.	Verificar la existencia de un termómetro encargado de medir la temperatura del agua de alimentar y su estado técnico. R/ No existe en la instalación.		X
33.	Realizar análisis de los gases producto de la combustión para determinar los elementos que lo integran. R/No se realizan por no tener la instrumentación necesaria para su medición.		X
34.	Verificar la realización de las extracciones de fondos a la caldera y el valor porcentual de la misma. R/ Realizado por la empresa ALASTOR mensualmente	X	
35.	Verificar la instalación y uso del emulsor de combustible en las calderas. R/ No se cuenta en la instalación.		X
36.	Verificar el uso de los magnetizadores de agua en los sistemas de tuberías de agua de las calderas. R/ Como en el anterior no se cuenta en la instalación.		X
37.	Verificar el buen estado técnico de las líneas de distribución de vapor desde la caldera hasta el consumidor.	X	
38.	Verificar el buen estado técnico del aislamiento desde la caldera hasta la válvula reguladora.	X	
39.	Verificar la utilización del retorno del condensado. R/ Si es recuperado el condensado al tanque de alimentación de la caldera.	X	
40.	Verificar el sistema de aislamiento de las tuberías del condensado.	X	
41.	Verificar el uso de manómetros en los consumidores, así como a ambos lados de las válvulas reductoras.	X	

	R/ En cuanto a los manómetros de los consumidores presentan algunos problemas de rotura, no así los de las líneas ubicados antes y después de la válvula auto operada que se encuentra en buen estado.		
42.	Verificar el uso de la válvula de seguridad y su buen estado técnico.	X	
43.	Verificar el buen funcionamiento del sistema de precalentamiento del combustible. R/ El sistema de precalentamiento de combustible funciona pero es necesario el montaje del calentador eléctrico en el área de tratamiento de combustible que en proyecto esta diseñado, pero no se ejecutó en el montaje.	X	
44.	Verificar que todos los instrumentos de medición tengan el sello amarillo del CEN actualizado que los acredita como aptos para su uso. R/ En el momento de realizada esta inspección se encontraba en proceso de verificación.	X	
45.	Verificar la existencia y el buen funcionamiento de las trampas de vapor. R/ Están montadas pero se señala que deben ser reparadas ya que no todas están trabajando correctamente.		X
46.	Verificar que los tanques de combustible estén aforados y los medios utilizados para medir su contenido estén verificados por el CEN.	X	
47.	Comprobar que el personal que opera las calderas esté evaluado en la especialidad. R/ Sí están evaluados como operadores de caldera pero	X	

	se recomienda que sean capacitados para la tecnología que está montada recientemente pues a nuestro criterio le faltan conocimientos para que exploten la instalación con todos los requisitos que esta tecnología demanda.		
--	--	--	--

Anexo 5: Resultados de la encuesta aplicada a los operadores de caldera.

Cuestionario para ser llenado por los operadores de calderas.

- 1- Nombre y Apellidos:
- 2- Centro de trabajo: Universidad de Camagüey.
- 3- Empresa: MES
- 4- Nivel de escolaridad: 12^o
- 5- Año de graduación como operador de calderas 1982
- 6- Años de experiencia laboral como operador de calderas 29
- 7- ¿Cuántos cursos de superación profesional usted ha recibido desde que se graduó? 2
- 8- ¿Con qué frecuencia usted inspecciona su(s) equipo(s) para comprobar su buen estado técnico?
R/Todos los días.
- 9- ¿Qué importancia tiene para usted ser operador de calderas?
R/ Me gusta mi trabajo y la profesión.
- 10- ¿Se considera usted estimulado por la dirección de su centro de trabajo?
R/ No.
- 11- ¿Conoce usted la Resolución N° 5093 del CETSS?
R/ No.
- 12- ¿Ha tenido usted alguna vez en sus manos el manual de operación y mantenimiento de su(s) caldera(s)?
R/No.
- 13- ¿Sabe usted cuáles son sus derechos y deberes como operador de caldera?
Si_____ No_X_____ Mencione algunos

Operador # 2

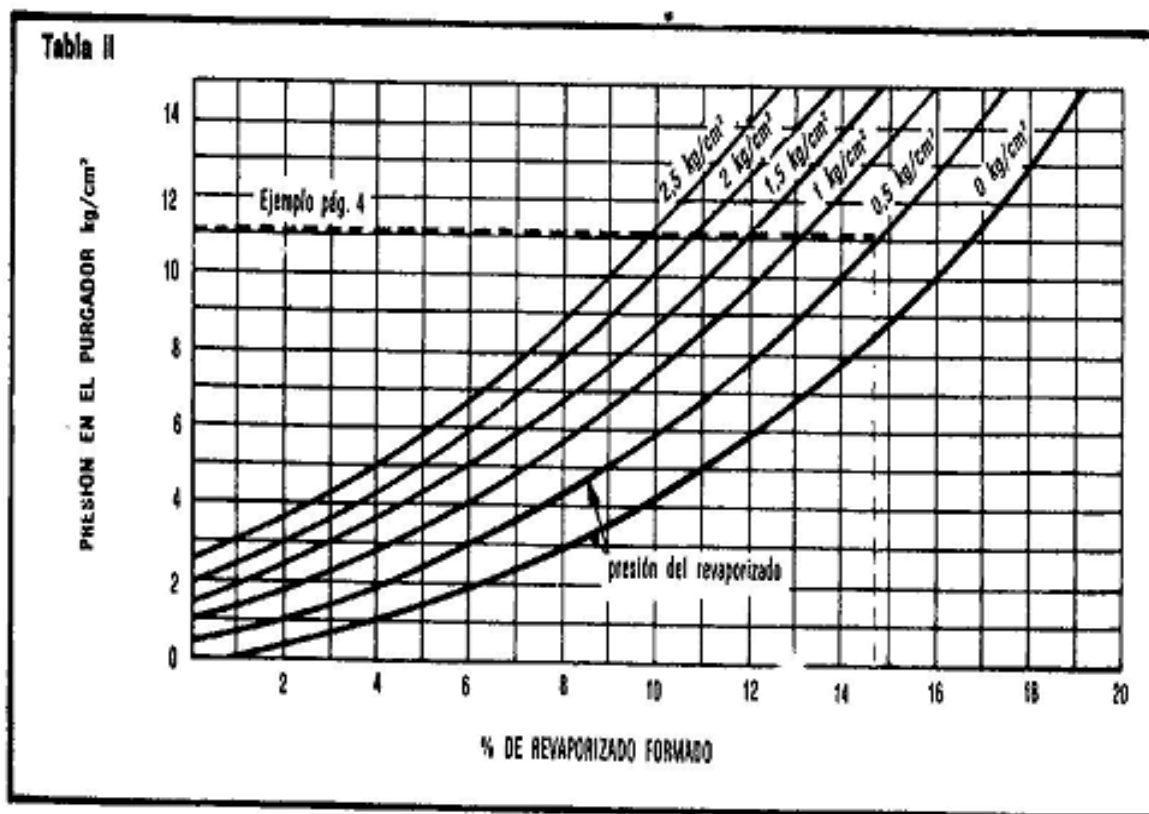
- 1- Nombre y Apellidos:
- 2- Centro de trabajo: Universidad de Camagüey.
- 3- Empresa: MES
- 4- Nivel de escolaridad: 9^{no} Grado
- 5- Año de graduación como operador de calderas 2002
- 6- Años de experiencia laboral como operador de calderas 9 año
- 7- ¿Cuántos cursos de superación profesional usted ha recibido desde que se graduó? 2
- 8- ¿Con qué frecuencia usted inspecciona su(s) equipo(s) para comprobar su buen estado técnico?
- 9- R/Todos los días.
- 10- ¿Qué importancia tiene para usted ser operador de calderas?
R/ Me gusta mi trabajo y la profesión.
- ¿Se considera usted estimulado por la dirección de su centro de trabajo?
R/Si aunque llevo solamente 5 meses laborando en el centro.
- 11- ¿Conoce usted la Resolución N° 5093 del CETSS?
R/ No.
- 12- ¿Ha tenido usted alguna vez en sus manos el manual de operación y mantenimiento de su(s) caldera(s)?
R/No.
- 13- ¿Sabe usted cuáles son sus derechos y deberes como operador de caldera?
- 14- Si _____ No X Mencione algunos

Anexo 6: Tabla de vapor.

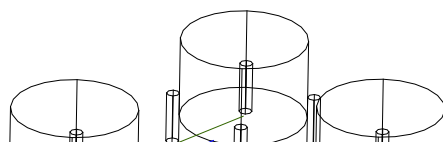
Presiones	Temperatura	Calor	Calor	Calor total	Volumen
-----------	-------------	-------	-------	-------------	---------

absolutas (kg/cm ²)	vapor (°C)	sensible (Kcal./Kg.)	latente (Kcal./Kg.)	(Kcal./Kg.)	(m ³ /Kg.)
0	99,1	99,04	539,68	638,72	1,7224
0,1	101,7	101,79	537,93	639,72	1,5801
0,3	106,45	106,52	534,92	641,44	1,3567
0,5	110,7	110,83	532,08	642,96	1,1852
0,6	112,7	112,87	530,79	643,66	1,1112
0,8	116,3	116,51	528,42	644,93	0,9954
1,0	119,6	119,83	526,21	646,04	0,9019
1,5	126,8	127,14	521,27	648,41	0,7311
2,0	132,9	133,35	516,96	650,31	0,6161
2,5	138,2	138,78	513,16	651,94	0,5332
3,0	142,9	143,62	509,71	653,33	0,4701
4,0	151,2	152,06	503,57	655,63	0,3814
5,0	158,1	159,26	498,22	657,48	0,3207
5,5	161,2	162,53	495,76	658,29	0,2975
6,0	164,2	165,59	493,44	659,03	0,2773
7,0	169,5	171,24	489,10	660,34	0,2445
8,0	174,5	176,36	485,12	661,48	0,2186

Anexo 7: Tabla % de revaporizado o vapor flash.



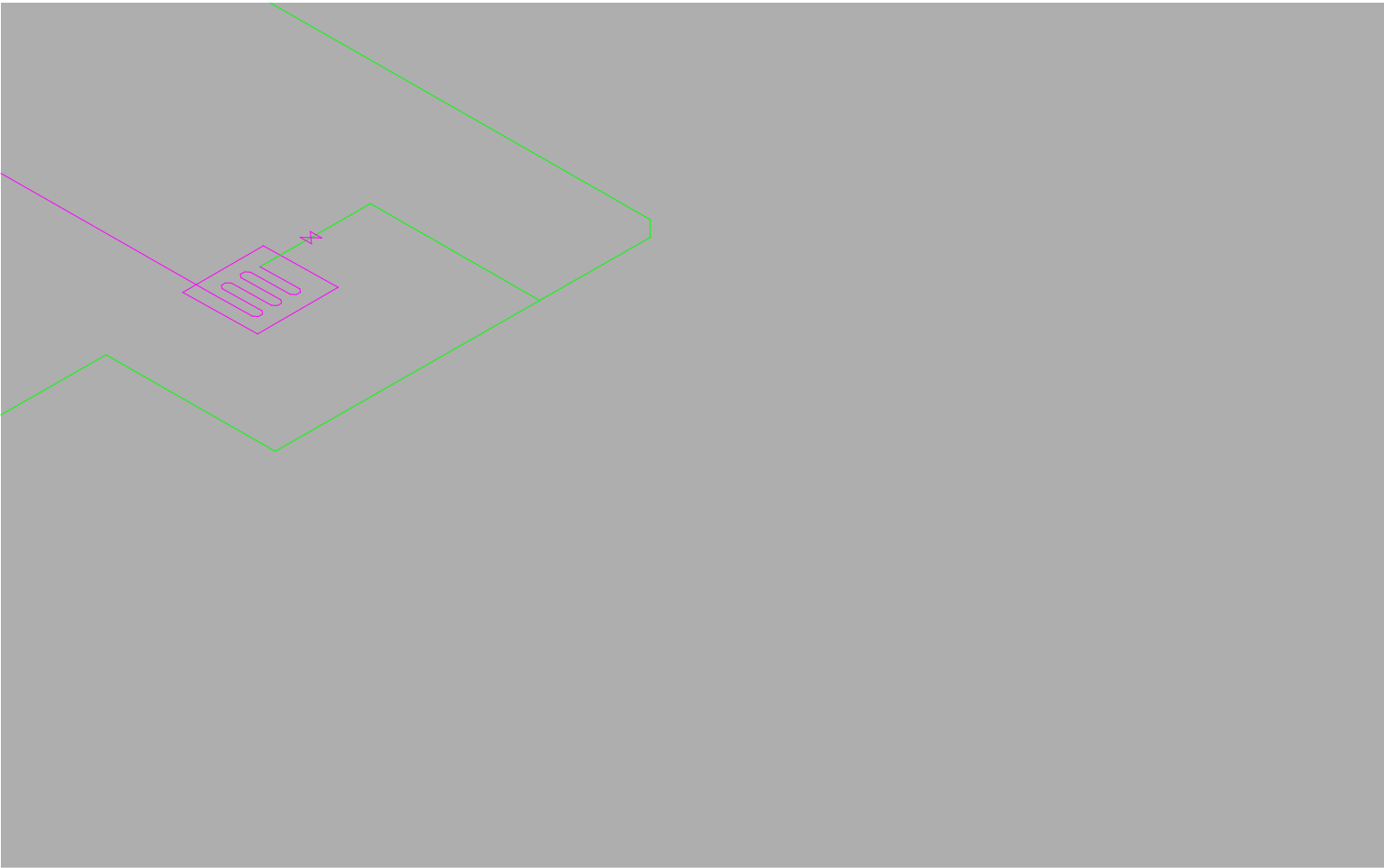
Anexo 8: Esquema de la instalación actual.



VAPOR

CONDENSADO

Anexo 9: Esquema de la instalación propuesta.



Anexo 10: Diseño del Tanque de Revaporizado o vapor flash.

Anexo 11: Tabla Recursos utilizados para la inversión.

Denominación del recurso	U/M	cantidad	CUP
--------------------------	-----	----------	-----

Tubería de acero s/c ASTM A-106 , grado B,Sch 40 de 6	mts	0.94	22,05
Tubería de acero s/c ASTM A-106 , grado B,Sch 40 de 3/4*	mts	25	80,42
Tubería de acero s/c ASTM A-106 , grado B,Sch 40 de 11/2*	mts	6.5	32,06
Tubería de acero s/c ASTM A-106 , grado B,Sch 40 de 21/2*			
Chapa de Aluminio, calidad semiduro, de 0,6 X 1000 X 2000 mm. Aleación 1050, temple H 14	mts	1.5	59,51
Lana mineral en mantas o rollo, incombustionabilidad - A1 según DIN 4102 absorción de humedad no mayor que 1% en peso, con humedad relativa de 97%, temp. máx. de utilización 600°C.Conductividad aprox. 0.04 W/hm°K entre 100 °C y 150°C. , densidad 100 kg/m3.Espesor 50 mm, con respaldo de malla de pollo, de alambre de acero galvanizado		1.5	111,1
Duela(coquilla), de lana de roca, con recubrimiento de papel de Aluminio, espesor 25mm , para tubo día 3/4", long aprox. 1m, (cortada longitudinalmente)	mts	10	47,9
Duela(coquilla), de lana de roca, con recubrimiento de papel de Aluminio, espesor 40mm , para tubo día 2", long aprox. 1m, (cortada longitudinalmente)	mts	10	68
Duela (coquilla), de lana de roca, con recubrimiento de papel de Aluminio, espesor 50mm , para tubo día 2 1/2", long aprox 1m, (cortada longitudinalmente) Remache Cherry, de Aluminio, día 4X12 mm.	mts	2	22,66
Remache Cherry, de Aluminio, día 4X12 mm	cu	1	4,75
Electrodo revestido para soldadura manual (SMAW) para soldar ac. C/bajo contenido de carbono similar al E7018 AWS. Diámetro.3.2.mm.*	kg	2.5	5,25
Teflón en cinta para sellaje de roscas*	Rollo	1	0
Tubería de Cobre flear día 12 mm.	kg	2.3	0,29

Manómetro tipo Bordón rango 0-4 kgf/cm ² Ø de esfera 63mm radial, inmerso en glicerina, salida axial Ø ¼"NPT, temp.100°C, vapor y fuel oil.	U	1	38,78
Válvula. seguridad acción directa, c/ palanca prueba p/ descargar a presión atm, cuerpo de bronce, obturador, As.fijo y vástago de ac. inox, paso angular, p/ vapor saturado h/ 200°C,Pr.disparo 1,0 kgf/cm ² , precintada rosca macho NPT, caudal 120 kg/h.	U	1	602,64
Válvula interrupción tipo globo, cuerpo de bronce, con vástago, asiento fijo y disco móvil de Ac.Inox.(ó asiento fijo de bronce y disco móvil reemplazable de teflón),paso recto, p/vapor saturado hasta 200°C, rosca hembra NPT PN25, de 3/4"(DN 15).	U	2	26,4
Codo 90 grados H Maleable Clase 150, rosca Ø 3/4"NPT, con borde.	U	6	3,3
Codo 90 grados H Maleable Clase 150, rosca Ø 1 1/2"NPT, con borde.	U	6	13,86
Unión Universal H. Maleable Galvanizado, asiento Bronce. Clase 150, rosca Ø 3/4"NPT.	U	4	12,76
		total	1151,73

Anexo 12: Tablas de Horas/Hombre (H/H) para el presupuesto.

Ocupación	Tarifa H/H	Tiempo del trabajo	importe
Pailero B	8.12	32	259.84
ayudante	6.08	32	194.56
Soldador B	7.14	32	228.48
TOTAL			682.88