



**UNIVERSIDAD NACIONAL
“PEDRO RUIZ GALLO”**



Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica

III PROGRAMA DE TITULACIÓN PROFESIONAL EXTRAORDINARIA

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

Para Optar el Título Profesional de

INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

**“Calderas Pirotubulares y su
Implicancia con el Medio Ambiente
en el Hospital Nacional Almanzor
Aguinaga Asenjo”**

Presentado Por:

Bach. Julius Garcia Portocarrero

ASESOR: Ing. Jorge Rolando Tello Rodriguez.

Lambayeque – Perú

2019



**UNIVERSIDAD NACIONAL
“PEDRO RUIZ GALLO”**



Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica

III PROGRAMA DE TITULACIÓN PROFESIONAL EXTRAORDINARIA

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

Para Optar el Título Profesional de

INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

**“Calderas Pirotubulares y su
Implicancia con el Medio Ambiente
en el Hospital Nacional Almanzor
Aguinaga Asenjo”**

Presentado Por:

Bach. Julius Garcia Portocarrero

Aprobado por el Jurado Examinador

PRESIDENTE: M.Sc. Amado Aguinaga Paz.

SECRETARIO: Ing. Oscar Méndez Cruz.

MIEMBRO: Ing. Robinson Tapia Asenjo

ASESOR: Ing. Jorge Rolando Tello Rodriguez.

Lambayeque – Perú

2019



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA y ELÉCTRICA
III PROGRAMA DE TITULACIÓN PROFESIONAL EXTRAORDINARIA
TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL



TITULO

**“Calderas Piro-tubulares y su Implicancia con el Medio Ambiente en el
Hospital Nacional Almanzor Aguinaga Asenjo”**

CONTENIDOS

CAPITULO I: PROBLEMA DE LA INVESTIGACION.

CAPITULO II: MARCO TEORICO.

CAPITULO III: MARCO METODOLOGICO.

CAPITULO IV: PROPUESTA DE LA INVESTIGACION.

CAPITULO V: ANALISIS E INTERPRETACION DE LOS RESULTADOS.

CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.


REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.

ANEXOS.


AUTOR: Bach. JULIUS GARCIA PORTOCARRERO


M.S. AMADO AGUIRRE PAZ


PRESIDENTE


ING. ROBINSON TAPIA ASENJO

MIEMBRO


ING. OSCAR MÉNDEZ CRUZ

SECRETARIO


ING. JORGE ROLANDO TELLO RODRIGUEZ

ASESOR

Lambayeque – Perú

Lambayeque – Perú

DEDICATORIA

*A mis padres y hermanos, quienes son el sostén
categórico en todas las aspiraciones que promuevo
en mi vida.*

AGRADECIMIENTOS

*A la universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo y a cada
Uno de los docentes de la facultad de Ingeniería
Mecánica y Eléctrica por todas las enseñanzas
Compartidas en mi formación de profesional*

RESUMEN

Este cometido de exploración de nivel descriptivo sobre *“Calderas pirotubulares y su implicancia con el medio ambiente en el Hospital Nacional Almanzor Aguinaga Asenjo”* de Chiclayo, tiene como objetivo dar a conocer algunos elementos sobre la importancia del uso de calderas pirotubulares en hospitales, así como el funcionamiento de estas máquinas. También se da a conocer las Normas Técnicas que se encuentran vigentes a esta fecha, respecto de la emanación de gases, por la cremación de combustible para el cuidado del medio ambiente, así como también, el nivel ruido que se genera para producir el vapor.

Palabras Clave: Medio ambiente, Gases de Combustión, Calderas Pirotubulares, Energía, Impacto ambiental, sonómetro.

ABSTRACT

This descriptive-level exploration task

This descriptive level exploration task on “Pirotubular boilers and their implication with the environment at the Almanzor Aguinaga Asenjo National Hospital” in Chiclayo, and aims to raise awareness of some elements about the importance of using pirotubular boilers in hospitals, as well as the operation of these machines. The Technical Norms that are in force as of this date regarding the emission of gases to the burning of fuel, as well as the noise level that is generated to produce the steam are also disclosed.

Key Word: Environment, Combustion Gases, Pyrotubular Boilers, Energy, Environmental impact, sound level meter.

ÍNDICE

	Pág.
DEDICATORIA	4
AGRADECIMIENTOS	5
RESUMEN	6
ABSTRACT	7
ÍNDICE	8
INTRODUCCIÓN	12
CAPITULO I: PROBLEMA DE INVESTIGACION	13
1.1 Realidad Problemática	13
1.2 Formulación del Problema	14
1.2.1 Problema General	14
1.2.2 Problema Específico	14
1.3 Delimitación de la Investigación	14
1.4 Justificación e Importancia de la Investigación	14
1.5 Limitaciones de la Investigación	15
1.6 Objetivos de la Investigación	15
1.6.1 Objetivos Generales	15
1.6.2 Objetivos Específicos	16
CAPITULO II: MARCO TEÓRICO	17
2.1 Antecedentes de Estudio	17
2.2 Desarrollo de la Temática	20
2.2.1 Calderas o Generadores de Vapor	20
2.2.2 Tipos de Calderas de vapor	20
2.2.2.1 Caldero Pirotubular	21
2.2.2.2 Calderas Acuotubulares	22
2.3 Importancia de Calderas en Hospitales	24
2.2.3.1 La Generación de Vapor	24
2.2.3.2 ¿Por qué se utiliza vapor?	24
2.2.3.3 La producción de vapor	25
2.2.3.4 Uso del generador de vapor en un hospital	26
2.2.3.5 Marco Legal	28
2.2.4 Componentes y principio de funcionamiento de una caldera pirotubular	29
2.2.4.1 Componentes de la Caldera	30
2.2.4.2 Principio de Funcionamiento de la Caldera	377
2.2.5 Combustibles Industriales y Combustión de la Caldera	38

2.2.5.1 Combustible Industriales	38
2.2.5.2 Combustión de la caldera	39
2.2.6 Gases de Combustión o Gases de Escape	43
2.2.7 Analizador de Gases de Escape	50
2.2.8 Sonómetro	53
CAPITULO III: MARCO METODOLÓGICO	56
3.1 Tipo y Diseño de la Investigación	56
3.2 Población y Muestra	56
3.3 Hipótesis	56
3.4 Variables Operacionalización	57
3.5 Métodos y Técnicas de Investigación	59
3.6 Descripción de los Instrumentos Utilizados	60
3.7 Análisis Estadísticos e Interpretación de los Datos	60
CAPITULO IV: PROPUESTA DE INVESTIGACION	61
4.1 Descripción	61
4.2 Técnicas para una mejor combustión	61
4.2.1 Regular el exceso de aire	61
4.2.2 Regulación del tamaño de la llama	66
4.2.3 Temperatura de agua de alimentación	66
4.3 Técnicas para una reducción de ruido	67
4.3.1 Termostato	67
CAPITULO V: ANALISIS E INTERPRETACION DE LOS RESULTADOS	67
5.1 Resultados del Analizador de Gases	67
5.1.2 Estándares ambientales para el monitoreo y control de la emisión de gases en las calderas	76
5.1.3 Límites máximo permisibles para las emisiones de gases en las calderas	77
5.2 Resultados del sonómetro medioambiental	79
5.2.1 Estándares de ruido medio ambiental	81
CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	83
6.1 Conclusiones	83
6.2 Recomendaciones	85
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	86
ANEXOS	899
Anexos 1. Especificaciones técnicas del diésel B5 S-50	899
Anexo 2. Frecuencias de banda de octava del sonómetro medioambiental	90
Anexo 3. Parámetros y Unidades del analizador de gases	911
Anexo 4. Diagrama de Combustión de la Norma Técnica Peruana	922
Anexo 5. Diagrama del quemador usado en las calderas Pirotubulares del Hospital Nacional Almanzor Aguinaga Asenjo	933

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
TABLA 1. TABLA COMPARATIVA CALDERAS PIROTUBULARES Y ACUOTUBULARES.	23
TABLA 2. COMPARACIONES DE POTENCIAS DE CALDERAS BHP	29
TABLA 3. CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICA DEL DIÉSEL B5 S50.	38
TABLA 4. CARACTERÍSTICAS DE MEDICIÓN DEL ANALIZADOR DE GASES.	50
TABLA 5. COMPONENTES DE LOS GASES DE COMBUSTIÓN PARA LA CALDERA.	66
TABLA 6. DATOS DE LOS GASES DE COMBUSTIÓN MES DE ENERO.	68
TABLA 7. DATOS DE LOS GASES DE COMBUSTIÓN MES DE FEBRERO.	69
TABLA 8. DATOS DE LOS GASES DE COMBUSTIÓN MES DE MARZO.	70
TABLA 9. DATOS DE LOS GASES DE COMBUSTIÓN MES DE ABRIL.	71
TABLA 10. DATOS DE LOS GASES DE COMBUSTIÓN MES DE MAYO.	72
TABLA 11. DATOS DE LOS GASES DE COMBUSTIÓN MES DE JUNIO.	73
TABLA 12. DATOS DE LOS GASES DE COMBUSTIÓN MES DE JULIO.	74
TABLA 13. DATOS DE LOS GASES DE COMBUSTIÓN MES DE AGOSTO.	75
TABLA 14. LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES PARA CALDERAS DE VAPOR DE USO INDUSTRIAL.	77
TABLA 15. CUADRO GENERAL DE LOS DATOS DE GASES DE COMBUSTIÓN DE MES DE ENERO A AGOSTO.	78
TABLA 16. DATOS DE NIVELES DE DECIBELES EN LA SALA DE CALDERAS	79
TABLA 17. PUNTOS DE NIVELES DE MEDICIÓN DEL SONÓMETRO.	79
TABLA 18. NIVELES DE ESTÁNDARES NACIONALES DE CALIDAD AMBIENTAL PARA RUIDO.	82

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
FIGURA 1. DIAGRAMA DE FLUJO DEL COMBUSTIBLE PARA LA CALDERA	33
FIGURA 2. PARTES DE UNA CALDERA	34
FIGURA 3. CALDERA PIROTUBULAR DEL HOSPITAL NACIONAL ALMANZOR AGUINAGA ASENJO.	35
FIGURA 4. PLACA DEL CALDERO.	36
FIGURA 5. CHIMENEA DEL CALDERO PARTE LATERAL.	47
FIGURA 6. CHIMENEA DEL CALDERO PARTE FRONTAL.	48
FIGURA 7. VISTA GENERAL CHIMENEA DEL CALDERO.	49
FIGURA 8. ANALIZADOR GASES DE ESCAPE.	51
FIGURA 9. ANALIZADOR DE GASES DE ESCAPE: MARCA Y MODELO.	52
FIGURA 10. SONÓMETRO MEDIOAMBIENTAL.	54
FIGURA 11. MARCA Y MODELO DEL SONÓMETRO.	55
FIGURA 12. NIVELES DE DECIBELES.	59
FIGURA 13. ÍNDICE DE BACHARACH.	64
FIGURA 14. DATOS DE LOS GASES DE COMBUSTIÓN MES DE ENERO.	68
FIGURA 15. DATOS DE LOS GASES DE COMBUSTIÓN MES DE FEBRERO.	69
FIGURA 16. DATOS DE LOS GASES DE COMBUSTIÓN MES DE MARZO.	70
FIGURA 17. DATOS DE LOS GASES DE COMBUSTIÓN MES DE ABRIL.	71
FIGURA 18. DATOS DE LOS GASES DE COMBUSTIÓN MES DE MAYO.	72
FIGURA 19. DATOS DE LOS GASES DE COMBUSTIÓN MES DE JUNIO.	73
FIGURA 20. DATOS DE LOS GASES DE COMBUSTIÓN MES DE JULIO.	74
FIGURA 21. DATOS DE LOS GASES DE COMBUSTIÓN MES DE AGOSTO.	75
FIGURA 22. MAPA DE RUIDO ÁREA DE SALA DE CALDERAS DEL HOSPITAL ALMANZOR AGUINAGA ASENJO.	80

INTRODUCCIÓN

Desde que James Watt en 1776 completó una máquina de vapor de funcionamiento continuo su tecnología llegó a tal punto que dio inicio al desarrollo de la era industrial. Es de aquí la importancia que hasta hoy en nuestro tiempo sigue presente. Es ese vapor como medio de calentamiento y de combustible como recurso energético, los cuales son considerados por su incidencia en los costos de operación de las instalaciones industriales como también en las hospitalarias.

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo *la implicancia del uso de calderas pirotubulares con el medio ambiente*, ya que este tipo de calderas se encuentran instaladas en el “Hospital Nacional Almanzor Aguinaga Asenjo” de Chiclayo.

Las formas que más se asocian a la contaminación por parte de las calderas están asociada a la emisión de gases de escape o de combustión y el ruido generado durante su operación. Para esta investigación se ha utilizado un analizador de la marca Testo modelo 325M, para medir gases y así conocer de primera instancia si la emisión de gases de las calderas de este nosocomio se adecua a las Normas Técnicas establecidas en la ley peruana y también se ha utilizado un sonómetro que nos indica el nivel de ruido en decibelios y si este se encuentra dentro de los límites permitidos en la Norma Técnica.

Se da a conocer también, mediante este proyecto, la gran importancia que tienen las calderas pirotubulares como generadores de vapor en los procesos hospitalarios.

CAPITULO I: PROBLEMA DE INVESTIGACION

1.1 Realidad Problemática

El Hospital Nacional Almanzor Aguinaga Asenjo, con 41 años de creación tiene en sus instalaciones tres calderas pirotubulares horizontales que generan vapor saturado, se entiende por este aquel vapor que se encuentra en contacto con el agua que lo produce, y está a temperatura del punto de ebullición del agua a presión de la instalación generadora. Mientras el vapor se encuentra en contacto con el agua es imposible elevar su temperatura, toda la energía que se añada será empleada en vaporizar más agua. El vapor generado dentro de un recipiente cerrado que se presuriza, por un calor transferido desde unos tubos por cuyo interior pasan humos calientes, producto de la quema de petróleo desde un quemador atomizador, es una caldera. Este vapor saturado es utilizado en los procesos de cocción de alimentos, esterilización de ropa e instrumental quirúrgico, lavado, secado y planchado de ropa hospitalaria.

Como se ha mencionado antes para poder generar el vapor tiene que haber una quema de combustible esto trae consigo emanación de gases calientes que son transferidos por un ducto de humos del caldero y posteriormente emanados a la atmosfera. También al hacer uso de un caldero, este genera ruido por la operación de dicha máquina. Es lo que en este trabajo de investigación vamos a evaluar de las calderas pirotubulares y su implicancia con el medio ambiente.

1.2 Formulación del Problema

1.2.1 Problema General

¿Cuál es la Implicancia de las calderas pirotubulares instaladas en el Hospital Almanzor Aguinaga Asenjo de Chiclayo con el medio ambiente?

1.2.2 Problema Específico

- Observar el nivel de monóxido de carbono (Co) emitido a la atmosfera.
- Medir el nivel de ruido generado por las calderas pirotubulares

1.3 Delimitación de la Investigación

El Hospital Nacional Almanzor Aguinaga Asenjo con 41 años de antigüedad ubicado en el departamento de Lambayeque, provincia de Chiclayo, distrito de Chiclayo.

La investigación se centró en las tres calderas pirotubulares que tiene instaladas este nosocomio que vera la implicancia con en el medio ambiente, es por ello que este trabajo de investigación ha evaluado los gases de combustión comprendida de enero a agosto del presente año y para el nivel de ruido del 12 al 26 de junio del 2019 en horario matutino.

1.4 Justificación e Importancia de la Investigación

La presente investigación se justifica debido a la quema de combustible por parte de una caldera pirotubular al emitir gases de combustión y que tanto estos gases afectan al medio ambiente, así como también el nivel de ruido generado durante

el funcionamiento de dicha máquina, ya que este ruido puede afectar al operario. Es por ello que analizaremos si estos (gases de combustión y nivel de ruido) se adecuan a las normas técnicas vigentes establecidas para centros hospitalarios en el territorio nacional del Perú y para el medio ambiente.

Esta investigación es importante ya que conociendo los parámetros de emisiones de gases de combustible producido por la caldera y los niveles de ruido donde operan dichas calderas pirotubulares veremos si afecta a nuestra salud y de ser el caso esta investigación servirá para que se realicen los ajustes necesarios y puedan adecuarse a las normas técnicas vigentes.

1.5 Limitaciones de la Investigación

Esta investigación se ha limitado solo al Hospital Almanzor Aguinaga Asenjo de Chiclayo, ya que actualmente laboro en la empresa que brinda el servicio de operación y mantenimiento a estos equipos.

1.6 Objetivos de la Investigación

1.6.1 Objetivos Generales

Determinar si las emisiones de los gases de combustión de los calderos pirotubulares del Hospital Nacional Almanzor Aguinaga Asenjo generan contaminación al medio ambiente y si la generación de sonido afecta al personal de trabajo.

1.6.2 Objetivos Específicos

- Medir los parámetros de los gases de la combustión.
- Medir el nivel de ruido producido por el funcionamiento de las calderas pirotubulares.
- Contrastar los resultados de medición realizados a los gases de la combustión y nivel de ruido con la norma técnica peruana y los estándares de calidad ambiental para ruido.

CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de Estudio

En la región La libertad, en la provincia de Trujillo, se encuentra la fábrica industrial “Postes del Norte” que sirvió a los profesionales Gonzales Lozada Dante Fausto y Rivera Parra Linda Natali, para sugerir en su tesis *“Mejora de los parámetros energéticos e impacto ambiental de la caldera de vapor en Postes del Norte S.A”*.(Gonzales Lozada et al., 2013a) sustituir el carbón antracita usado como comburente en la caldera, sustituyendo este, por cascara de arroz, cuya finalidad sería mejorar el impacto ambiental en relación a la emanación de cenizas al ambiente, que es lo que estaría afectando a la salud de los pobladores de dicha localidad, concluyendo que este cambio sería una mejora sustancial para la salud de los pobladores.

Pedro Celestino Uribaz Díaz en su investigación INFLUENCIA DE LAS CALDERAS SOBRE EL MEDIO AMBIENTE - Centro de Información y Gestión Tecnológica de Santiago de Cuba, (Celestino et al., 2006) publicado en Redalyc (La Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal), nos da a saber el influjo que tienen los humos propalados al espacio sobre el entorno natural, como resultado de la quema de combustible y expulsados por los ductos de las calderas sobre todo las de vapor de agua que tienen las fábricas industriales, los centros hospitalarios, y algunos centros turísticos, alterando así la atmosfera natural.

Tamajón-Reyes, Carlos H. acompañado de Mojicar-Caballero Segismundo; de la Universidad de Oriente - Santiago de Cuba, 2016, hicieron un análisis de fallos frecuentes de las calderas pirotubulares de baja capacidad, y cuyos resultados del estudio fueron publicados por Redalyc (La Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal), motivados por la teoría de fiabilidad y técnicas de diseño, se propusieron encontrar cuales serían las causas y que efectos o riesgos producen este tipo de equipos en el entorno natural cercano a las instalaciones de estos, a la vez proponer mejoras o algunas soluciones que permitan reducir estos fallos, efectos, riesgos u otros, en beneficio de la colectividad aledaña, una mayor producción por reducción de paralizaciones, incremento de la seguridad para las personas -manteniendo control sobre la concentración de los contaminantes- los equipos y el ambiente (Tamajón-Reyes & Mojicar-Caballero, 2016).

Unidad de Desarrollo Tecnológico - Universidad de Concepción Informe Elaborado sobre “Antecedentes para Elaborar una Norma de Niveles Limite de Emisión, para Calderas y Procesos de Combustión en el Sector Industrial, Comercial y Residencial” para el Ministerio del Medio Ambiente 19 de abril de 2012. Este estudio tiene como objetivo primordial, desarrollar un análisis que contemple incluidas las recomendaciones, que sustenten la formulación de una Norma Técnica sobre el Nivel Máximo Permisible para la emisión de gases producto de la combustión en el uso de calderas de los sectores, industrial, hospitalario, comercial y residencial; contrastando con la regulación internacional: EEUU, Unión Europea, países OCDE, respecto de la calidad de

aire que se debe tener en el ambiente en zonas con gases emitidos (Unidad de Desarrollo Tecnológico & Universidad de Concepción, 2012).

Jiménez Borges, Reinier, Madrigal Monzón, José Alejandro, Lapido Rodríguez, Margarita Josefa, Vidal Moya, David Armando -Método para la evaluación de la eficiencia e impacto ambiental de un generador de vapor- Ingeniería Energética Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría – 2016. Publicado en Redalyc (La Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal)

En el método empleado, haciendo uso de equipos como: analizador de gases, cámara termo gráfica y medidor de flujo ultrasónico, elaboran una matriz para caracterizar algunos parámetros que ayuden a valorar el rendimiento energético de una caldera pirotubular, así como estimar el impacto ambiental de la misma; para ello realizan la trazabilidad de pérdidas que estas producen, contrastándolas con valores internacionales estandarizados, teniendo en cuenta el flujo y temperatura del agua de alimentación, composición y temperatura de gases de combustión, temperatura superficial del cuerpo de la caldera y otros. Todo ello sirve para desarrollar de manera convencional el cálculo energético de forma directa e indirecta y así estimar la irreversibilidad interna de la caldera, como también el sobredimensionamiento si los hubiere en la exploración, y determinar también que impacto genera al ambiente, cuando la caldera se encuentra en funcionamiento (Jiménez Borges et al., 2016).

2.2 Desarrollo de la Temática

2.2.1 Calderas o Generadores de Vapor

(Borroto Nordelo Aníbal & Rubio González Angel, 2007) ,caldera es: “conjunto de equipos y agregados auxiliares, integrados en un esquema tecnológico con el objetivo de producir vapor a partir de agua de alimentación, para lo cual utilizan energía proveniente de una fuente”.

2.2.2 Tipos de Calderas de vapor

Las calderas se catalogan según distintos principios vinculados con la disposición de los gases y su paso, el mecanismo de transferencia de calor fundamental, la clase de comburente empleado, la presión de trabajo, el tiro, el método de trabajo y parámetros externos al caldero ligados a la implantación y posición, lugar de ensamblaje y componentes estructurales. Hablaremos por las de tiro y por la disposición de los fluidos que son las más conocidas y las que más se usan.(MINSA, 2019)

➤ Tiro

Se define como la caída de presión que coadyuva el paso de los fluidos a través de los tubos de la caldera existen 3 clases de tiro: natural, inducido y el forzado

- Tiro natural

Se debe principalmente a la altura de la chimenea y la diferencia de densidad entre los humos de combustión dentro de la chimenea y el aire exterior. De ello, cuanto más caliente son los humos son menos densos y más ligeros, luego el aire exterior expulsa los humos fuera de la chimenea.

- Tiro inducido

Es la corriente de aire que se obtiene en la chimenea por la succión que Ejerce un soplador instalado en la base de la misma.

- Tiro forzado.

Es la corriente de aire que se obtiene en la chimenea por el inyector de aire a la cámara de combustión por medio de un soplador.

➤ **Por la distribución de los fluidos:**

- Acuotubulares (de tubos de agua)
- Pirotubulares (de tubos de gases)

2.2.2.1 Caldero Pirotubular

En las calderas de estos modelos, los fluidos calientes transitan por el interior de los tubos que son zambullidos en agua dentro de un recipiente metálico. Las presiones de diseño de operación son próximas a 125 psi y sus potencias varían entre 20 a 700 BHP equivalentes a producciones de vapor de 24,150 lb/H aproximadamente.(MINSA, 2019)

Estos modelos de calderas son las más usadas en la mayoría de hospitales y plantas industriales de pequeña envergadura.

El mérito de las calderas pirotubulares está en que:

- Su inversión es de bajo costo y son más económicos que los acuotubulares
- Se logra eficiencias del (80%).

- Puede asimilar considerables y súbitas variaciones de carga con leves fluctuaciones de presión justificado por el gran volumen de agua encerrado en el casco.

2.2.2.2 Calderas Acuotubulares

El agua circula por el interior de los tubos que son envueltos por gases calientes generados por la combustión en el interior de un casco. Usualmente su volumen esta expresado en libras de vapor por hora, cuyo rango de producción de vapor oscila entre 2000 lb/hr a 10 millones de lb/hr.(MINSA, 2019) Otras particularidades son las siguientes:

- Son usadas para trabajar a presiones mayores que las calderas pirotubulares.
- Requieren por seguridad más instrumentación que las calderas pirotubulares, por lo tanto, mayores controles.
- Su construcción está clasificada como A, D, Q u otras configuraciones, según el orden de los tubos y domos (domo de vapor en la parte superior y el (los) domo(s) de agua cerca del fondo del casco.

Mostraremos un cuadro comparativo:

Tabla 1. Tabla Comparativa Calderas pirotubulares y acuotubulares.

COMPARATIVA GENERAL PARA CALDERAS DE VAPOR		
CRITERIOS	CALDERA PIROTUBULAR	CALDERA ACUOTUBULAR
Calidad del agua de alimentación	Menores exigencias y posible funcionamiento con salinidad del agua.	Mayores exigencias, siendo necesario un bajo nivel de salinidad para su funcionamiento.
Mantenimiento	Fácil de limpieza y acceso a todas las partes de la caldera.	Más difícil de limpiar y acceso más complejo a todas las partes de la caldera.
Rendimiento	Mayor rendimiento y coste menor de mantenimiento.	Menor rendimiento y coste mayor de mantenimiento.
Contenido de agua	Mayor	Menor
Presiones	Menor	Mayor
Tiempo de puesta en marcha	Menor	Mayor
USOS	Industria en general (hasta 32 bar)	Generación de vapor para producción eléctrica.

Fuente: Andrés Mesa Mora (Curso de Calderas)(Mesa Mora Andrés, 2012)

2.2.3 Importancia de Calderas en Hospitales

Un **hospital** o **nosocomio** es un establecimiento destinado para la atención y asistencia médica a personas enfermas durante 24 horas al día y los 365 días del año. Por ello se requiere que la estancia del paciente sea la mejor posible en todo su entorno.

Las calderas son recipientes cerrados metálicos, fabricados para la producción de vapor, los beneficios de tener una caldera en un centro hospitalario no se diferencian mucho de lo que se puede encontrar en una empresa manufacturera

(MINSA, 2019), por ejemplo

- No se deterioran con facilidad.
- Alta productividad.
- Soportan muchos contratiempos.

2.2.3.1 La Generación de Vapor

La generación de vapor de agua se produce mediante la transferencia de calor del proceso de combustión que ocurre en el interior de la caldera hacia el agua, elevando de esta manera su temperatura, presión y convirtiéndola en vapor.(Rivera Veletanga & Fernando Eduardo, 2008)

2.2.3.2 ¿Por qué se utiliza vapor?

Por las ventajas tan enormes que presenta frente a otros fluidos térmicos(Rivera Veletanga & Fernando Eduardo, 2008)

- Se puede transportar a través de tuberías a diferentes lugares de uso y controlar cómodamente la presión y temperatura.

- Están aptas para transferir gran porcentaje de su volumen energético a una temperatura constante, siendo esta la temperatura de condensación. Esta propiedad es muy importante porque simplifica el equipo de transmisión de calor, al no necesitar disponerlo en controlar la presión y el proceso puede repetirse en idénticas condiciones.
- Se produce a partir del agua que es abundante, de bajo costo y no representa peligro.
- Por unidad de masa, el vapor de agua transfiere un caudal de calor muy superior al que puede transferir otra materia. Por lo que puede hacer posible que flujos máscicos reducidos transfieran grandes cantidades de calor, consiguiendo así un importante ahorro en equipos de transporte.

2.2.3.3 La producción de vapor

Este vapor que por lo regular se genera en el interior de unos contenedores metálicos cerrados a presión llamados calderas y cuya transferencia calorífica se transmite a través de tubos de humos producto de la quema de combustible, empieza a producir vapor cuando llega a la temperatura de ebullición.(Rivera Veletanga & Fernando Eduardo, 2008)

2.2.3.4 Uso del generador de vapor en un hospital

La utilización de los generadores de vapor dentro de los nosocomios es indispensable para el funcionamiento de algunas labores si bien no muchos saben para que es su uso en particular.(Maldonado, 2015)

Se sabe que en un hospital se atiende las 24 horas del día y todos los 365 días del año. Esto crea la necesidad de suministrar energía térmica a los servicios asistenciales de apoyo que necesitan grandes cantidades de calor en sus procesos, para la correcta articulación de las actividades que se realizan en los recintos hospitalarios, como son:

- Procesos de cocción de alimentos.
 - Esterilización de ropa e instrumental quirúrgico, material de laboratorio.
 - Lavado, secado y planchado de ropa hospitalaria.
 - Agua Caliente.
-
- **Esterilización:** Equipos autoclaves a vapor de red, así se les conoce, requieren imprescindiblemente del vapor de agua saturado para cumplir con su finalidad, esterilizar ropa e instrumental quirúrgico, material de laboratorio.

 - **Central de preparación de alimentos:** En la central de producción de alimentación, el vapor es utilizado en las marmitas, que son los equipos donde se cuecen los alimentos para pacientes y personal residente que trabaja en el hospital.

- **Lavandería:** Como en los nosocomios residen pacientes hospitalizados debido a las más diversas enfermedades, y por la bioseguridad que se debe guardar en un nosocomio es imperativo que se cambie reiteradamente la ropa de cama, lo que conlleva a que esta tenga que lavarse y hervirse de forma diaria y cada vez que sea necesario mediante un proceso propio, también, aquí se utiliza el vapor también para el secado y planchado de la ropa a través de secadoras de ropa y planchadores tipo prensa y de rodillos.

- **Agua caliente:** Producir agua caliente para las salas de hidroterapia, duchas de pacientes y de servicios.

2.2.3.5 Marco Legal

- **Resolución Ministerial N° 642-2019/MINSA** (Lima 15 de Julio 2019): Aprueban *“Guía Técnica: Operación y Mantenimiento de Calderas de Vapor Piro tubulares en Establecimientos de Salud”*.(MINSA, 2019)
- **NTP (Norma Técnica Peruana) 350.301:2009 CALDERAS INDUSTRIALES.** Estándares de eficiencia térmica (combustible/vapor) y etiquetado.(NTP, 2009a)
- **NTP (Norma Técnica Peruana) 350.302:209 “EFICIENCIA ENERGETICA. CALDERAS INDUSTRIALES. Proyecto de instalación de calderas con reducción de emisiones requerimientos básicos”**.(NTP, 2009b)
- **NTP (Norma Técnica Peruana) 350.303:2010 “CALDERAS INDUSTRIALES. Inspección de las instalaciones con fines de eficiencia térmica y reducción de emisiones”**.(NTP, 2010)
- Es de vital importancia tener en cuenta, que se debe prevenir y estar continuamente vigilantes **del Artículo I del título preliminar de la ley N° 28611, Ley General Del Ambiente**, en la que se establece abiertamente que (...) *“toda persona tiene el derecho irrenunciable a vivir en un ambiente saludable, a una efectiva gestión ambiental y a proteger el ambiente, así como sus componentes, asegurando particularmente la salud de las personas en forma individual y colectiva, la conservación de la diversidad biológica, el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales y el desarrollo sostenible del país”*.(EL CONGRESO DE LA REPÚBLICA, 2005)
- **REGLAMENTO DE ESTÁNDARES NACIONALES DE CALIDAD AMBIENTAL PARA RUIDO. DECRETO SUPREMO N° 085-2003-PCM** (Presidente de la Republica, 2003)

2.2.4 Componentes y principio de funcionamiento de una caldera pirotubular

Se hablará acerca de las calderas pirotubulares porque son las más comunes y usadas en instalaciones hospitalarias, este tipo de calderas se encuentran en el Hospital Nacional Almanzor Aguinaga Asenjo de Chiclayo.

Como se mencionó antes la fuerza (bhp) del caldero varía entre 20 BHP y 700 BHP, siendo que la presión de referencia del diseño es de aproximadamente 125 libras por pulgada cuadrada; y su rendimiento de vapor varía entre 690 y 24,150 libras de vapor por hora.(MINSA, 2019)

Tabla 2. Comparaciones de Potencias de calderas BHP

Potencia □ del Caldero (HP)	Producción Vapor (Kgs/hr)	Area de Calentamiento (m2) (gl/hr)	Diesel N°2 Consumo	Dimensiones del Caldero (m)		
				Largo	Alto	Ancho
20	313.6	9.302	6	3.05	1.52	1.22
30	470.5	13.95	9	3.05	1.52	1.37
40	627.3	18.60	12	3.35	1.52	1.52
50	784.0	23.25	15	3.50	1.67	1.52
60	941.0	27.90	18	4.27	1.83	1.52
80	1254.5	37.21	24	3.96	1.83	1.67
100	1568.2	46.51	30	4.27	1.98	1.83
125	1960.0	58.14	37	4.57	2.13	1.83
150	2352.3	69.77	45	4.88	2.13	1.83
200	3136.4	93.02	60	5.33	2.28	1.98
250	3920.5	116.28	75	4.88	2.28	2.13
300	4704.5	139.54	90	5.49	2.28	2.13
350	5488.6	162.79	105	5.79	2.44	2.28
400	5909.1	186.05	120	6.10	2.75	2.44
500	7841.0	232.56	150	7.01	2.75	2.44
600	9409.1	279.08	180	7.01	2.89	2.59
700	10977.3	325.58	210	7.62	3.05	2.75

Especificaciones técnicas generales de calderos pirotubulares.

Fuente: Manual de operación, mantenimiento y ahorro de energía en calderas y redes de vapor
- Repositorio de Información Científico - Técnica del MINSA

2.2.4.1 Componentes de la Caldera

Según (Concepción -rey Balduino Bélgica et al., 2019)

Hogar: Zona interna de la caldera donde se realiza la quema del comburente.

Anillo: Componente de material refractario, cuya función específica es darle forma a la flama y evitar la propagación del calor al quemador.

Cuerpo: Cilindro de acero al carbono cerrado herméticamente, y expuesto al calor de los gases, compuesto este cilindro por una cámara de agua, una cámara de vapor, por la superficie de calefacción y la superficie de vaporización.

Cámara de Agua: Sitio ocupado por el agua hasta su nivel de ocupación, considerando un volumen de provisión dado por los requisitos máximo y mínimo de funcionamiento.

Cámara de Vapor: Área ocupada por el vapor; incrementada ésta según necesidad por medio de un domo llamado también, colector de vapor.

Superficie de calefacción o de calentamiento: Corresponde a las áreas que mantienen fricción con el agua de una parte, (interna o externa de los tubos de calentamiento) y también con la temperatura de los gases que salen por los tubos de transferencia de calor, producido por la combustión.

Superficie de Vaporización o de ebullición: Corresponde al espacio que por un segundo el agua en estado líquido pasa a ser llenado por el vapor.

Conducto de humos: Es toda canalización o componente por el que se trasladan los humos del hogar hasta el cimientado de la chimenea propiamente dicha.

Tiro: Caída de presión que ayuda, a que el paso de los humos en la caldera pueda ser normal, provocado por la chimenea, o artificial provocado por maquinas, pudiendo ser de tiro forzado (con sopladores) o tiro inducido (con aspiradores).

Chimenea: Cauce por el que salen los humos de la combustión al ambiente, a una altura suficiente que no cause incomodidad.

Conjunto del Quemador: Elementos esenciales que componen este conjunto son:

- a) Impelente del ventilador.
- b) Transformador de ignición.
- c) Guía del aire primario.
- d) Boquilla del combustible diésel.
- e) Válvula de circulación del diésel.
- f) Línea principal de combustible.
- g) Anillo del aire primario.
- h) Conjunto del registro.
- i) Brazo de horquilla.
- j) Entrada de Diésel.
- K) Anillo del aire secundario.
- l) Interruptor de límite bajo.

m) Amortiguador de aire.

n) Regulador de presión de vapor.

o) Cuerpo del ventilador.

p) Mallas de admisión de aire.

q) Motor.

Ventilador: Componente que permite suministrar caudal y presión de aire suficiente para que se produzca la combustión.

Compresor: Suministra aire a presión más elevada, para vaporizar el combustible.

Sistema de Ignición: Con la ayuda de un transformador elevador de voltaje genera un arco eléctrico en las puntas de los electrodos, para dar comienzo a la combustión.

Control de Flama: Célula fotoeléctrica infrarroja o ultravioleta que localiza la presencia de flama y ante la carencia de esta corta el combustible y apaga la caldera.

Bomba de combustible: Los quemadores de las calderas dentro de sus componentes tiene unos dispositivos llamados toberas, que para quemar el combustible debe ser gasificado, esto lo da la bomba de presión. (MINSA, 1998)

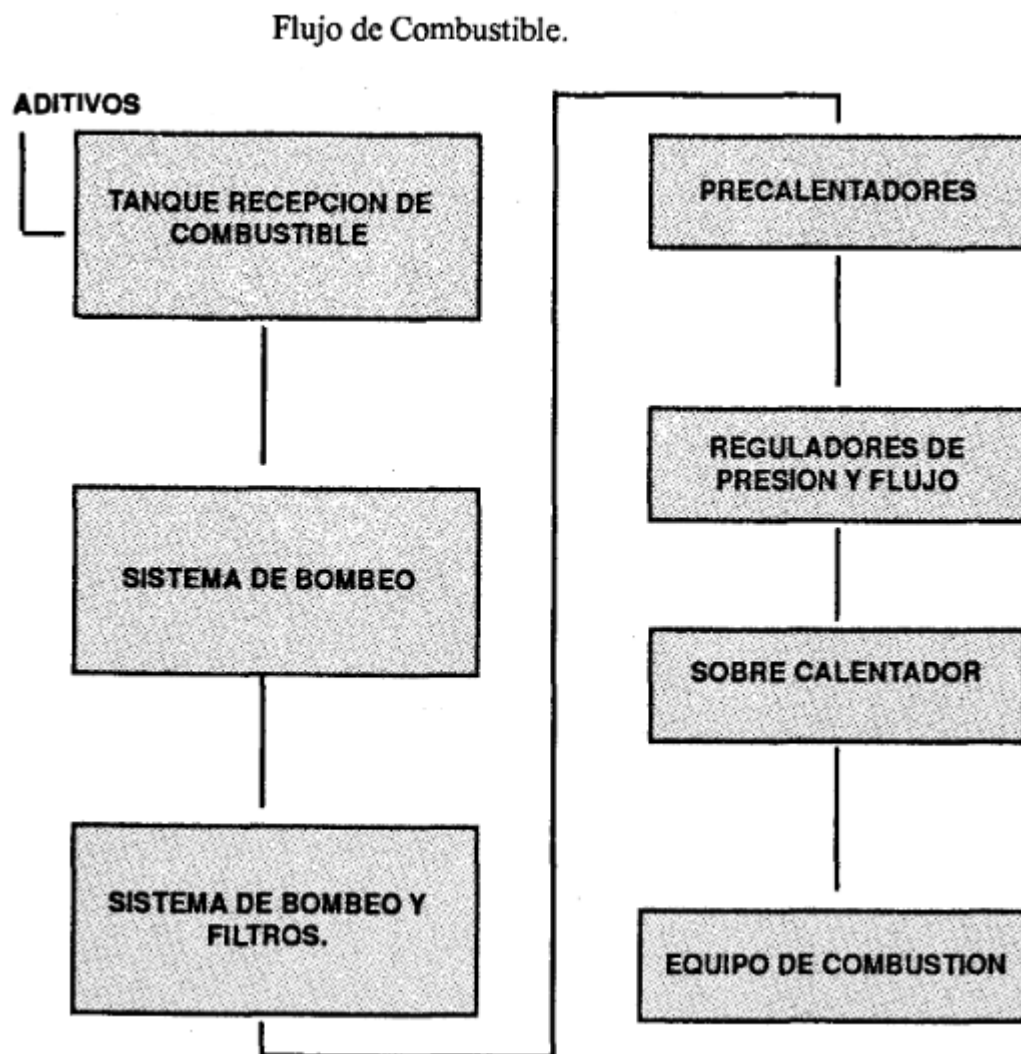


Figura 1. Diagrama de Flujo del Combustible para la caldera

Fuente: "Manual de operación, mantenimiento y ahorro de energía en calderas y redes de vapor

- Repositorio de Información Científico - Técnica del MINSA"(MINSA, 1998)

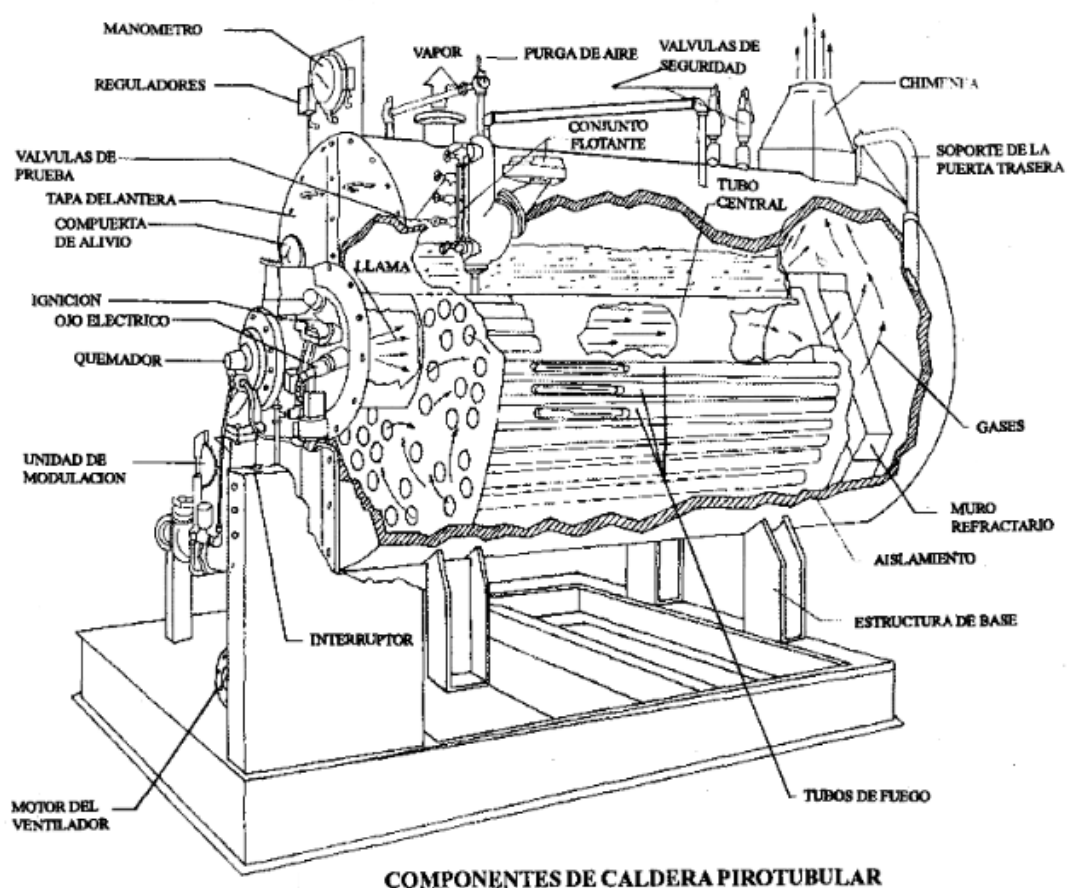


Figura 2. Partes de una Caldera

Fuente: "Manual de operación, mantenimiento y ahorro de energía en calderas y redes de vapor
- Repositorio de Información Científico - Técnica del MINSA"



Figura 3. Caldera Piro-tubular del Hospital Nacional Almanzor Aguinaga Asenjo.

Fuente propia: Fotografía de Sala de Calderas del Hospital Nacional “Almanzor Aguinaga Asenjo”



Figura 4. Placa del Caldero.

Fuente propia: Fotografía de Sala de Calderas del Hospital Nacional "Almanzor Aguinaga Asenjo"

2.2.4.2 Principio de Funcionamiento de la Caldera

En el hogar se genera la combustión a través de la quema de combustible, ocasionando que se forme un gran caudal de humos calientes, estos humos empiezan a transitar por toda la superficie de transferencia, constituida por una notable cantidad de tubos de reducido diámetro llamados fluses. Desde la zona interna de la caldera llamada hogar y en su trayecto a través de los tubos que forman la superficie de calentamiento, los humos van transfiriendo su calor al agua que se ubica en el exterior, pero encerrada dentro de la carcasa, hasta que escapen con una temperatura menor y bajo poder energético. El calor absorbido por el agua es el que empieza a generar vapor en la cantidad requerida con los indicadores de temperatura y presión que requiere el proceso. (Lapido Rodríguez et al., s/f)

2.2.5 Combustibles Industriales y Combustión de la Caldera

2.2.5.1 Combustible Industrial

Sustancias que al mezclarse con oxígeno y detentar combustión genera calor. Los productos destilados del petróleo que sirven como combustible, son aquellos destilados que emergen por el fondo de la torre de destilación. (Gonzales Lozada et al., 2013b)

El tipo de combustible usado en las calderas pirotubulares del Hospital Nacional “Almanzor Aguinaga Asenjo” de Chiclayo, es el Diésel B5 se muestra un cuadro de las características Fisicoquímicas de este combustible.

Tabla 3. Características Fisicoquímica del Diésel B5 S50.

CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS	
FÓRMULA	: Mezcla de Diesel N°2 + 5% Biodiesel B100
APARIENCIA, COLOR, OLOR	: Líquido claro y brillante, color visual ámbar y olor característico.
GRAVEDAD ESPECÍFICA 15.6/15.6°C	: 0.84 – 0.87 aprox
PUNTO DE INFLAMACIÓN, °C	: 52 mín.
LÍMITES DE INFLAMABILIDAD, % vol. en aire:	De 1.3 a 6.0
PUNTO DE AUTOIGNICIÓN, °C	: 257 aprox.
SOLUBILIDAD EN AGUA	: Insignificante
FAMILIA QUÍMICA	: Hidrocarburos (Derivado de petróleo).
COMPOSICIÓN	: Mezcla de 95% Diesel N°2 + 5% Biodiesel B100.
Nota: El Diesel B5 cumple con las mismas especificaciones del Diesel N°2, de conformidad a la R.M. N° 165-2008-MEM.	

Fuente: Ficha Técnica: Petroperú

2.2.5.2 Combustión de la caldera

Entendemos por combustión el conjunto de procesos fisicoquímicos en los que un elemento combustible (petróleo, gas, madera, entre otro) se mezcla con un componente comburente (usualmente oxígeno en forma de O₂ gaseoso) desencadenando luz y calor. De tal modo, se tiene como resultado de la combustión, la formación de una flama, manifestándose visualmente con fuego. (MINSA, 2019)

Las fases o etapas, en el interior de la cámara de combustión, que se producen para librar el poderío calorífico de los combustibles residuales son: atomización, calentamiento, cracking en estado líquido, gasificación, cracking en la fase gaseosa, combustión de fluidos, combustión de humos y combustión de carbón.

Atomización del Residual:

El excedente residual, para calentarse, vaporizarse y combustionar en forma rauda y eficaz, tendrá que entregar la mayor extensión específica, y para lograrlo deberá ser pulverizado en millones de insignificantes gotitas.

Se considera que al lograr una buena pulverización cada cm³ de combustible se fracciona en unos 7 millones de insignificantes gotitas; el nivel en que se logre este propósito, constituye el nivel de pulverización del excedente residual. (MINSA, 2019)

Requerimientos fundamentales para alcanzar una combustión eficaz:

- Menos dimensión de gotitas, mayor rapidez de catálisis.

- Dimensión homogénea para combustión uniforme.
- Repartición homogénea para vigilar efectivamente el abastecimiento de aire

Calentamiento y Gasificación:

El residual que ingresa finalmente pulverizado a la cámara de combustión es expuesto a la elevada temperatura existente en el interior. Las gotitas de combustible, en la medida que presentan menores diámetros, serán rápidamente calentadas hasta las temperaturas que permitan su gasificación.

Considerando la composición heterogénea de los residuales y dado que sus componentes no poseen características similares en lo que se refiere a calor específico y puntos de combustión, se sucederán varios pasos en la pulverización de los excedentes residuales.(MINSA, 2019)

Formación de Coque y Hollín:

Aunque tanto el coque como el hollín están constituidas básicamente por carbón tanto en sus características como el papel que desempeñan en el curso de la combustión, presentan diferencias que resulta necesario puntualizar.

El carbón es fruto del cracking, del residual en estado líquido, sometido a una fuerte variación de temperatura, en el instante que ingresa a la cámara de combustión. Presenta una forma de residuo esponjoso de carbono.

El hollín proviene del cracking en ciclo gaseoso del combustible después de la gasificación inicial de las gotitas de líquido.(MINSa, 2019)

Reacción de combustión:

La combustión de residuales se realiza en dos formas posibles:

- a) Como reacción entre gases, a partir de la fracción del residual gasificado y el aire aportado por el quemador en proporción adecuada y uniformemente distribuida.
- b) Como reacción de difusión en la superficie de las partículas sólidas, entre el carbón y el aire disponible en la atmosfera interna.(MINSa, 2019)

Formación y Características de las llamas:

La flama propiamente dicha es la zona donde ocurre la combustión y muestra una manifestación visible de la condición en que se elabora. La forma y el calor de las flamas de desecho es un criterio especialmente útil para conocer la temperatura que ocurre en cada punto.(MINSa, 2019)

Factores que Afectan la calidad de la combustión:

La cualidad de la combustión obedece a distintas causas entre ellas:

- a) Características Físico – químicas del residual
- b) Condición de trabajo.

Respecto a las condiciones de trabajo, estas son muy diversas y su influjo se expresa en las calderas. Entre las causas más populares tenemos:

- La relación aire/combustible, debe ser óptima. Un incremento o disminución perjudicará la calidad de la combustión, frecuentemente un minúsculo porcentaje de exceso de aire es requerido para una mejor combustión.
- Aire falso, al filtrarse en el hogar afectan la combustión, ya que hacen que la flama, se enfríe sin permitir que el combustible amortizado se queme por completo.
- Los electrodos de encendido, que se encuentran desgastados o mal calibrados aplazan el encendido y en algunos casos no se producirá la combustión.
- Los quemadores inadecuados, pueden causar obstáculos en la combustión del residual.
- La viscosidad, es probablemente el agente más significativo de la combustión, es aún más importante en el caso de los residuales. Esta propiedad, relacionada con la presión superficial es decisiva para una beneficiosa combustión y gestación de hollín, acrecentándose considerablemente el gasto de combustible.(MINSA, 2019)

2.2.6 Gases de Combustión o Gases de Escape

Una definición breve tenemos que los gases de salida o de escape de combustión son los gases que salen al medio ambiente por un conducto, que es un tubo o canal por el que se transportan los gases de salida de un generador, horno o caldera de vapor.

La combustión produce gases que contienen distintos componentes entre ellos tenemos.(Testo Argentina SA, 2018)

Nitrógeno (N₂):

Uno de los componentes principales del aire es el nitrógeno, cuyo volumen es del 79 %, siendo este de color transparente, sin sabor y sin olor. No actúa directamente en el proceso de combustión, pero si lo atraviesa regresando a la atmosfera. Junto con el oxígeno aviva la combustión formando partículas peligrosas de óxidos, que si son aspirados por las personas pueden provocar mareos o somnolencia.(Testo Argentina SA, 2018)

Anhídrido carbónico (CO₂):

El dióxido de carbono conocido también como anhídrido carbónico, siendo un gas transparente y con sabor sutilmente desagradable, se origina a partir de la quema de combustible y de la respiración. En virtud a su poder de filtración del calor de radiación, permite que se produzca el impacto invernadero. Su concentración en el aire es del 0,03% y el límite máximo permitido en los puestos laborales es del 0,5% de anhídrido carbónico (CO₂); concentraciones superiores al 15% en el aire, si son inhalados provocan desvanecimiento y desorientación en la memoria de los seres humanos.(Testo Argentina SA, 2018)

Vapor de agua (humedad):

Los hidrógenos mezclados con el oxígeno presente en los combustibles forman agua (H_2O). Los gases producidos por la combustión y superado a la temperatura (FT), se manifiesta simultáneamente con el agua del combustible y el aire de la combustión, en forma de humedad, estos gases de combustión se les conoce como (a FT alta) y al condensado (a FT baja). (Testo Argentina SA, 2018)

Sustancias sólidas (polvo, hollín):

Las partículas presentes en los humos, producto de la combustión se generan a partir de componentes no combustibles, así como también de comburentes sólidos y líquidos. Incluyen en concreto, silicio, aluminio, óxido de calcio en el carbón y sales de varias sustancias en el fuel oil. Los efectos nocivos del polvo en los humanos están relacionados principalmente con los elementos dañinos que producen cáncer, que se encuentran depositadas en las moléculas de polvo. (Testo Argentina SA, 2018)

Oxígeno (O_2):

Tan necesario para la vida como para la combustión, cuando hay exceso en el proceso de combustión, El oxígeno no utilizado, se manifiesta en los humos de combustión y sirve también para medir su eficiencia. Utilizado también como una variable de referencia para la determinación de indicadores. (Testo Argentina SA, 2018)

Monóxido de carbono (CO):

El monóxido de carbono, nombrado óxido de carbono es un gas carbonoso incoloro y altamente tóxico e inodoro. Se produce en cada momento que se está quemando combustible de forma incompleta, sobre todo los usados en motores para producir electricidad y motores vehiculares. El monóxido de carbono es por lo habitual, inofensivo ya que rápidamente se une con el oxígeno del aire formando el CO₂. En ambientes encerrados, el CO es muy perjudicial, puede causar la muerte, individuos que inhalan aire con un límite de acumulación mayor a 1200 ppm podrían fenecer en tiempo corto. En las áreas de trabajo el nivel debe ser menor a 700 ppm.(Testo Argentina SA, 2018)

Óxidos de nitrógeno (NO y NO₂, fórmula total NO_x):

Durante la combustión el nitrógeno del combustible al mezclarse con el oxígeno contenido en el aire de la combustión y a temperatura alta se forma el óxido nítrico (NO) en un primer momento, para luego oxidar y al mezclarse con el oxígeno de los humos de combustión en el trayecto de salida, es decir en el ducto, al tener contacto con la atmosfera se forma un toxico peligroso llamado dióxido de nitrógeno (NO₂) muy perjudicial al ser humano cuando es respirado.(Testo Argentina SA, 2018)

Anhídrido sulfuroso (SO₂):

Este gas que no tiene color, que es toxico y que al olfato es picante; y que, como consecuencia del azufre contenido en el combustible, se forma la oxidación, consiguiendo así obtener, este gas llamado anhídrido sulfuroso (SO₂). Se diluye rápidamente en agua, y bajo presión es un líquido. No está permitido más de 5 ppm en los sitios laborales, ya que al mezclarse con el agua o condensado, se

obtiene el ácido sulfuroso (H_2SO_3) y el ácido sulfúrico (H_2SO_4), estando ambos relacionados con el deterioro de la naturaleza en diversas formas como son la vegetación, edificios, etc. (Testo Argentina SA, 2018)

Hidrocarburos (HC o C_xH_y):

Dentro del vasto conglomerado de misturas químicas, se encuentran los hidrocarburos, constituidos por átomos de carbono e hidrogeno. Los hidrocarburos son la materia más significativa en la química del carbono, pudiendo ser estos: el gas natural, el carbón, el petróleo, que se hallan debajo de la superficie de la tierra, y cuando son industrializados en refinerías pueden conducir al deterioro del suelo. (Testo Argentina SA, 2018)



Figura 5. Chimenea del caldero parte lateral.

Fuente propia: Fotografía de Sala de Calderas del Hospital Nacional “Almanzor Aguinaga Asenjo”



Figura 6. Chimenea del caldero parte frontal.

Fuente propia: Fotografía de Sala de Calderas del Hospital Nacional “Almanzor Aguinaga Asenjo”



Figura 7. Vista general Chimenea del caldero.

Fuente propia: Fotografía de Sala de Calderas del Hospital Nacional “Almanzor Aguinaga Asenjo”

2.2.7 Analizador de Gases de Escape

Emisión de gases son los gases tóxicos provenientes de la combustión del combustible de las calderas se vierten al medio ambiente, como el dióxido de carbono (CO₂), monóxido de carbono (CO), óxido de nitrógeno (NO_x), y el dióxido de azufre (SO₂) entre otros.

La medición de la cuantía de un contaminante del aire, que se encuentra presente en un torrente de gases de salida o en el entorno atmosférico, requiere mucha vigilancia y el uso de equipos de medición sensible, puesto que, en cualesquiera de los casos, la concentración del contaminante que se desea es pequeña. (Wark et al., 1990)

El analizador de gases de escape utilizado en esta investigación es de la marca: Testo, modelo: 325 M ("Testo 325-Introduction to Professional Flue Gas Analysis", s/f)

Tabla 4. Características de medición del analizador de gases.

Measuring ranges and accuracies

testo 325 M

Measurement type	Meas. range	Accuracy	Resolution	Adapt. time 90%
Temperature ¹	- 40 to +600°C	< 100°C ± 0,5°C > 100°C ± 0.5% of reading	0.1°C	Depending on probe used
Efficiency	0 to 120%	-	0.1%	-
Oxygen	0 to 21%	± 0.2%	0.1%	Approx. 30s
Carbon dioxide	0 to CO _{2max}	-	0.1%	Approx. 40s
Carbon monoxide ²	0 to 4000ppm	< 400ppm ± 20ppm 400 to 1000ppm ± 5% of reading > 1000ppm ± 10% of reading	1ppm	Typically 60s
Pressure (Delta P1) ³	0 to 40hPa	< 3hPa ± 0.03hPa > 3hPa ± 1.5% of reading	0.01hPa	-
Pressure (Delta P2) ³	0 to 200hPa	< 50hPa ± 0.5hPa > 50hPa ± 1.5% of reading	0.1hPa	-

Fuente: Manual de Instrucción Testo.



Figura 8. Analizador Gases de Escape.

Fuente propia: Fotografía del Analizador de Gases



Figura 9. Analizador de Gases de Escape: Marca y modelo.

Fuente propia: Fotografía del Analizador de Gases

2.2.8 Sonómetro

Una descripción del sonómetro sería: Un **sonómetro** es un equipo de medición, por lo general portátil, diseñado para medir niveles de presión sonora de forma normalizada, es decir, ponderado en frecuencia y tiempo (de los que depende). Resumiendo, el sonómetro se usa para medir el nivel de ruido que está presente en un lugar y momento determinado. La unidad de medida con la que trabaja el sonómetro es el decibelio.

Las amenazas por ruido se encuentran identificadas como una gran preocupación a resolver para la sanidad ambiental, ya que estas son formas de energía potencialmente perjudiciales al ambiente, y que pueden surgir en una peligrosidad inmediata o continua de alcanzar un daño cuando se transmite en cantidades suficientes a personas expuestas. La liberación de energía acústica puede ser inesperada y no controlada como es el caso de un sonido fuerte como el de un explosivo, o un ruido mantenido más o menos bajo control como en las condiciones laborales con exposiciones a largos periodos de tiempo y a niveles inferiores de ruido constante. (Dra. Isabel Amable Álvarez et al., 2017)

Clasificación del ruido según niveles:

Ruido según niveles		
Entre 10 y 30 dBA	Muy bajo	Típico de una biblioteca
Entre 30 y 55 dBA	bajo	Como el de un ordenador personal de los 80
A partir de 55 dBA	Ambiente ruidoso	
65 dBA		Un aspirador, un tv con volumen alto
75 dBA		Un camión recolector de residuos sólidos
Entre 75 y 100 dBA	Ruido fuerte	
100 dBA	Ruido intolerable	Como el de una discoteca o el de una

		vivienda próxima a un aeropuerto
--	--	----------------------------------



Figura 10. Sonómetro medioambiental.

Fuente propia: Fotografía del Sonómetro medioambiental propiedad del Hospital Nacional “Almanzor Aguinaga Asenjo”



Figura 11. Marca y Modelo del sonómetro.

Fuente propia: Fotografía del Sonómetro medioambiental propiedad del Hospital Nacional “Almanzor Aguinaga Asenjo”

CAPITULO III: MARCO METODOLÓGICO

3.1 Tipo y Diseño de la Investigación

La investigación como se ha descrito en párrafos anteriores es de tipo descriptiva porque a través de un analizador de gases de escape y un sonómetro se evaluará a las calderas pirotubulares del Hospital Nacional “Almanzor Aguinaga Asenjo” de Chiclayo y su influencia con el medio ambiente y si esta se encuentra dentro de los estándares establecidos en la norma técnica peruana.

3.2 Población y Muestra

La investigación ha sido ejecutada dentro de las instalaciones de la Casa de Fuerza del Hospital Nacional “Almanzor Aguinaga Asenjo” de la ciudad de Chiclayo, propiamente en la sala de calderas.

Esta muestra quedó determinada de forma no probabilística y la conformó el área de la sala de calderas del Hospital Nacional “Almanzor Aguinaga Asenjo” de la ciudad de Chiclayo.

3.3 Hipótesis

El porcentaje de emisiones de los gases de combustión y el número de decibeles que emite la operación de las calderas pirotubulares del Hospital Nacional Almanzor Aguinaga Asenjo. Originan alguna implicancia con el medio ambiente.

3.4 Variables Operacionalización

- Medición de Temperatura: °C
Rango de medición: -40 a +600 °C
- Dióxido de carbono: CO₂

$$CO_2 = \frac{CO_{2m\acute{a}x} \times (O_{2ref}\% - O_2)}{O_{2ref}}$$

CO₂máx: Valor de CO₂máx específico del combustible
O₂ref: Valor referencia O₂
O₂: Nivel de oxígeno medido en %

- Perdidas por Chimenea: qA

$$qA = \left((TH - TA) \times \left(\frac{A_2}{O_{2ref} - O_2} + B \right) \right) - Kk$$

TH: Temperatura de los PdC.
TA: Temperatura ambiente
A₂/ B: Parámetro específico del combustible
O₂ref: Valor de referencia O₂
O₂: Contenido en oxígeno medido en %
Kk: Valor calculado teniendo en cuenta el calor de condensación recuperado cuando se alcanza el punto de rocío inferior (para sistemas con valor de combustible).

- Rendimiento: REN

$$\eta = 100 - qA$$

qA: Pérdidas por chimenea

- Exceso de Aire: λ

$$\lambda = 1 + \frac{V_{AGtrMin}}{V_{LMin}} \times \frac{O_2 - \frac{CO}{2}}{O_{2ref} - O_2 + \frac{CO}{2}}$$

VAGtrMin: Volumen de gas de comb. seco con combustión estequiométrica

V_LMin: Necesidad de aire para la combustión estequiométrica del combustible

O₂ref: Valor referencia O₂

O₂: Contenido en oxígeno medido en %

- Monóxido de Carbono: CO

$$CO [mg/m^3] = \frac{21\% - O_{2ref}}{21\% - O_2} \times CO [ppm] \times 1.25$$

21%: Contenido de oxígeno del aire

O₂: Contenido de oxígeno medido

O₂ref: Valor de referencia de O₂ en % específico del combustible

- Decibeles : dB

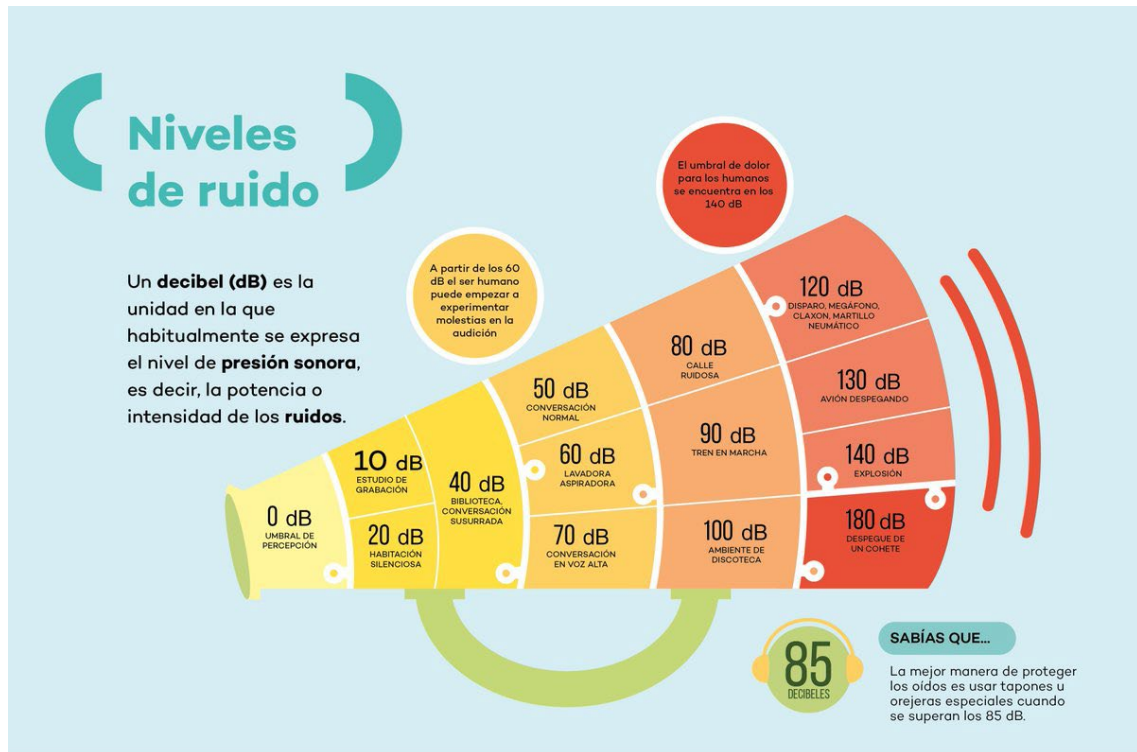


Figura 12. Niveles de Decibeles.

Fuente: El Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - Perú

3.5 Métodos y Técnicas de Investigación

El procedimiento utilizado fue la recolección de datos esta información fue obtenido por el analizador de gases y el sonómetro medioambiental.

La técnica utilizada para el procesamiento de información fue a través del programa Excel Microsofot officce y los resultados que nos brindaron el analizador de gases y el sonómetro medioambiental.

3.6 Descripción de los Instrumentos Utilizados

Los mecanismos de acumulación de datos fueron los compatibles con cada una de las metodologías antes señaladas, en tal sentido se emplearon las fichas de registro de mediciones por los equipos ya mencionados que fue el analizador de gases y el sonómetro medioambiental del Hospital Nacional “Almanzor Aguinaga Asenjo” de la ciudad de Chiclayo.

3.7 Análisis Estadísticos e Interpretación de los Datos

Para la argumentación de los datos de este trabajo de investigación fueron utilizadas las técnicas estadísticas descriptivas, esto se hizo con la intención de interpretar los porcentajes de los gases de combustión y los decibeles proporcionados por el equipo de medición.

CAPITULO IV: PROPUESTA DE INVESTIGACION

4.1 Descripción

Describir las recomendaciones a tener en cuenta para tener una buena combustión en la caldera y ello conlleva a que las emisiones de gases de escape se encuentre dentro de los parámetros establecidos por la norma técnica peruana para el cuidado del medio ambiente y aplicar técnicas de medición para protección al personal.

4.2 Técnicas para una mejor combustión

4.2.1 Regular el exceso de aire

El dominio del exceso de aire es uno de los métodos más efectivos para la mejora de la combustión y con ello también la eficiencia del consumo de combustible de una caldera con inversiones, que pueden ser bajas a moderadas obedeciendo al sistema de dominio que se adopte.

Esto, se basa en manipular los flujos de aire (mediante la apertura o cierre del dámper o rejilla del ventilador, y del combustible (mediante el grifo de ingreso de combustible al quemador) de tal forma que se conserve una relación aire-combustible, y que logre un mínimo de aire sobrante (evidenciado por la concentración de oxígeno en chimenea) equivalente a la potencia del quemador con que se trabaje y con una ínfima obtención de inquinados (especialmente hollín y CO (Monóxido de carbono))

Entre los distintos sistemas para dominar el exceso de aire en los quemadores de las calderas, se pueden unificar de la siguiente manera:

- Control mecanizado manual
- Control con mecanismo automático
- En bucle invertido
- Con línea de retorno (retroalimentación)
- Con anticipo

los mismos están sujetos a la potencia del quemador de la caldera y al tipo de combustible usado.

Los diferentes tipos de dominio pueden dar origen a diversos métodos como son:

- En serie
- En paralelo
- En serie-paralelo o con límites cruzados

Incluso dichos métodos pueden incluir como refinamiento, detectores de oxígeno y/o Monóxido de carbono.

En hospitales como en las empresas pequeñas y medianas. Que usan calderas de hasta de unos 1000 BHP, lo más usual lo compone un sistema mecánico de eje, que es una configuración simple de dominio posicionarte y en paralelo. Que reacciona a una señal posicionando eléctricamente un motor, haciendo que mecánicamente se accione un eje, la válvula de combustible (a través de una leva) y el dámper o rejilla de ventilación de aire de combustión, procurando sostener la relación aire- combustible más o menos constante.

En el sistema mecánico de dominio posicionante y en paralelo, ocurre constantemente que estos no están concordados para sostener un exceso de aire al mínimo posible, esto debido a que la regulación aire-combustible no es precisa y por lo común con altos excesos de aire, producto de adaptación simple en base a reconocimiento visual de los humos de la chimenea.

Por lo que se requiere regular el sistema para adquirir un mínimo de exceso de aire, a través de la apertura y cierre del dámper o rejilla de aire (ajuste grueso) y la abertura y cierre del grifo de combustible, posicionando favorablemente los pines de la leva (ajuste grueso) y la abertura y cierre del grifo de combustible posicionando favorablemente los pines de la leva (ajuste fino), por eso, con los análisis de gases medidos, de O₂ y CO₂ mas la evaluación de la opacidad de humos a través del índice de bacharach. Este índice cualitativo se apoya en el oscurecimiento de un papel filtro al ser atravesado por la muestra, por acción de una bomba manual. El color resultante en el papel filtro se confronta con una escala de magnitudes de grises que va del 0 (blanco) al 9 (negro)



Figura 13. Índice de bacharach.

Fuente: Testo Analizador de Gases

El sistema es frecuentemente regulado para la situación específica de funcionamiento cuando la caldera es instalada por primera vez o después de habersele realizado un mantenimiento. Es imprescindible que el sistema deba adecuarse a las alteraciones de la calidad de combustible y al ajuste mecánico del sistema de combustión en su conjunto, los mismos, que deben realizarse con frecuencia para mantener el exceso de aire deseado, tratando de prevenir la formación de hollín y CO.

Para ejecutar una regulación del exceso de aire, y lograr una combustión apropiada se requiere alcanzar una buena mezcla aire-combustible. Esto se logra alcanzar poniendo preliminarmente el sistema de combustión a punto, es decir, realizando un mantenimiento minucioso a bombas, filtros, calentadores, electroválvulas de control, mecanismos de atomización del quemador, cono

refractario, entre otros; sin aquello no es posible lograr una buena regulación del exceso de aire.

Así mismo se requiere realizar una limpieza en el lado del agua de la caldera y en el lado de salida de gases.

El resultado que se logra al disminuir el exceso de aire es:

- Menores pérdidas de calor con el gas de chimenea que abandona la caldera, en virtud de que se deja calentar innecesariamente aire en exceso que es evacuado junto con los gases. A menor volumen de gases de chimenea, menor es la pérdida de calor.
- Menor emisión de gases contaminantes (NO_x, SO₂, CO) al reducir la cantidad de combustible que se quema para cumplir con la demanda de vapor requerida.

Tabla 5. Componentes de los gases de combustión para la caldera.

Componentes de los gases de combustión para la caldera

COMBUSTIBLE	DIESEL	GAS NATURAL GN – GLP
% Exceso de Aire	15 – 30	10 - 15
% CO ₂ Dióxido de Carbono (*)	9 – 12.0	7 - 10
% O ₂ Oxígeno	2 – 5	2 – 6
Monóxido de Carbono (CO)	350 ppm	100 ppm
Óxido de Nitrógeno (NO _x)	200 ppm	500 ppm
Dióxido de Azufre (SO ₂)	105 ppm	525 ppm
Eficiencia %	> 85	

Fuente: Normas ASME VI (*) y MINAM

4.2.2 Regulación del tamaño de la llama

Una llama es el espacio en el que tiene lugar la combustión y constituye la manifestación visible de una reacción de combustión cuando se utilizan combustibles líquidos o sólidos. Para que la caldera funcione con la máxima eficiencia, el tamaño y la forma de la llama deben ser adecuados para la cámara de combustión (hogar).

4.2.3 Temperatura de agua de alimentación

El agua que es usada para alimentar la caldera, debe mantener una temperatura adecuada, para no afectar su eficiencia y su estructura mecánica.

Cuando la temperatura del agua es más elevada, la caldera consume menor combustible, debido a que cuando el agua está más caliente menor es el calor que necesita para llegar a la temperatura de ebullición, por tanto, se quema menos combustible y a la vez los gases que salen por chimenea serán también menores contribuyendo así con el medio ambiente.

4.3 Técnicas para una reducción de ruido

En la caldera, el ruido es consecuencia de los diferentes factores mecánicos, propios de su funcionamiento uno de ellos es:

4.3.1 Termostato

Cuando este dispositivo funciona deficientemente, debe sustituirse lo más rápido posible, para garantizar de que no va a provocar un sobrecalentamiento.

CAPITULO V: ANALISIS E INTERPRETACION DE LOS RESULTADOS

5.1 Resultados del Analizador de Gases

Se mostrará el resultado de enero a agosto del año 2019 realizado por el analizador de gases en las calderas pirotubulares del Hospital Nacional Almanzor Aguinaga Asenjo.

Enero

testo 340	
V1.11	61063111/E
HAAA	
HAAA	
28.01.2019	11:31:38
Combustible:	Gasoleo A
O2ref.:	3.0%
CO2max:	15.5%
236.9	*C Temp. Gas. com
30.6	*C TA
5.85	% O2
0	ppm CO
11.18	% CO2
1.36	Lambda
89.4	% REN
10.6	% qA
kg/h Caudal másico	

Figura 14. Datos de los gases de combustión mes de enero.

Fuente: Analizador Testo.

Tabla 6. Datos de los gases de combustión mes de enero.

ENERO		
Elemento	Unidad	Magnitud
Temp. Gas. Com	° C	236.9
TA(Temperatura del ambiente)	° C	30.6
O2(Oxígeno)	%	5.85
CO(Monóxido de carbono)	ppm	0
CO2(Dióxido de carbono)	%	11.18
Lambda(Exceso de aire) λ	-	1.36
REN(Rendimiento)	%	89.4
qA(Perdidas por chimenea)	%	10.6

Fuente:

Elaboración Propia.

Febrero

testo 340	
VI. 11	61063111/E
HAAA	
HAAA	
25. 02. 2019	09:19:06
Combustible:	Gasoleo A
O2ref.:	3.0%
CO2max:	15.5%
236.5	*C Temp. Gas. com
31.0	*C TA
5.78	% O2
0	ppm CO
11.23	% CO2
1.36	Lambda
89.5	% REN
10.5	% qA
kg/h Caudal másico	

Figura 15. Datos de los gases de combustión mes de febrero.

Fuente: Analizador Testo

Tabla 7. Datos de los gases de combustión mes de febrero.

FEBRERO		
Elemento	Unidad	Magnitud
Temp. Gas. Com	° C	236.5
TA(Temperatura del ambiente)	° C	31.0
O2(oxígeno)	%	5.78
CO(Monóxido de carbono)	ppm	0
CO2(Dióxido de carbono)	%	11.23
Lambda(exceso de aire)	-	1.36
REN(Rendimiento)	%	89.5
qA(perdidas por chimenea)	%	10.5

Elaboración

Fuente:
Propia

Marzo

testo 340		
VI. 11	61063111/E	

HAAA		
HAAA		
29. 03. 2019	13:21:48	
Combustible:	Gasoleo A	
O2ref. :	3. 0%	
CO2max:	15. 5%	

232. 6	*C	Temp. Gas. com
28. 6	*C	TA
5. 78	%	O2
0	ppm	CO
11. 23	%	CO2
1. 36		Lambda
89. 6	%	REN
10. 4	%	qA
-----	kg/h Caudal másic	

Figura 16. Datos de los gases de combustión mes de Marzo.

Fuente: Analizador Testo.

Tabla 8. Datos de los gases de combustión mes de Marzo.

MARZO		
Elemento	Unidad	Magnitud
Temp. Gas. Com	° C	232.6
TA(Temperatura del ambiente)	° C	28.6
O2(Oxígeno)	%	5.78
CO(Monóxido de carbono)	ppm	0
CO2(Dióxido de carbono)	%	11.23
Lambda(Exceso de aire) λ	-	1.36
REN(Rendimiento)	%	89.6
qA(Perdidas por chimenea)	%	10.4

Elaboración

Fuente:
Propia.

Abril

testo 340	
V1. 11	61063111/E

HAAA	
HAAA	
26. 04. 2019	15:39:13
Combustible:	Gasoleo A
O2ref. :	3. 0%
CO2max:	15. 5%

232. 2	°C Temp. Gas. com
26. 3	°C TA
5. 82	% O2
0	ppm CO
11. 20	% CO2
1. 36	Lambda
89. 5	% REN
10. 5	% qA

kg/h Caudal mássic	

Figura 17. Datos de los gases de combustión mes de abril.

Fuente: Analizador Testo.

Tabla 9. Datos de los gases de combustión mes de abril.

ABRIL		
Elemento	Unidad	Magnitud
Temp. Gas. Com	° C	232.2
TA(Temperatura del ambiente)	° C	26.3
O2(oxígeno)	%	5.82
CO(Monóxido de carbono)	ppm	0
CO2(Dióxido de carbono)	%	11.20
Lambda(exceso de aire)	-	1.36
REN(Rendimiento)	%	89.5
qA(perdidas por chimenea)	%	10.5

Fuente: Elaboración Propia.

Mayo

testo 340	
VI. 11	61063111/E
HAAA	
HAAA	
24. 05. 2019	10:39:01
Combustible:	Gasoleo A
O2ref.:	3.0%
CO2max:	15.5%
232.0	*C Temp. Gas. com
28.7	*C TA
5.76	% O2
0	ppm CO
11.25	% CO2
1.35	Lambda
89.6	% REN
10.4	% qA
kg/h Caudal másic	

Figura 18. Datos de los gases de combustión mes de mayo.

Fuente: Analizador Testo.

Tabla 10. Datos de los gases de combustión mes de mayo.

MAYO		
Elemento	Unidad	Magnitud
Temp. Gas. Com	° C	232.0
TA(Temperatura del ambiente)	° C	28.7
O2(Oxígeno)	%	5.76
CO(Monóxido de carbono)	ppm	0
CO2(Dióxido de carbono)	%	11.25
Lambda(Exceso de aire) λ	-	1.35
REN(Rendimiento)	%	89.6
qA(Perdidas por chimenea)	%	10.4

Fuente:

Elaboración Propia.

Junio

testo 340		
V1. 11	61063111/E	

HAAA		
HAAA		
27. 06. 2019	12:38:41	
Combustible:	Gasoleo A	
O2ref. :	3. 0%	
CO2max:	15. 5%	

237. 0	*C	Temp. Gas. com
32. 0	*C	TA
5. 64	%	O2
0	ppm	CO
11. 34	%	CO2
1. 34		Lambda
89. 6	%	REN
10. 4	%	qA

kg/h Caudal másico		

Figura 19. Datos de los gases de combustión mes de junio.

Fuente: Analizador Testo

Tabla 11. Datos de los gases de combustión mes de junio.

JUNIO		
Elemento	Unidad	Magnitud
Temp. Gas. Com	° C	237.0
TA(Temperatura del ambiente)	° C	32.0
O2(Oxigeno)	%	5.64
CO(Monóxido de carbono)	ppm	0
CO2(Dióxido de carbono)	%	11.34
Lambda(Exceso de aire) λ	-	1.34
REN(Rendimiento)	%	89.6
qA(Perdidas por chimenea)	%	10.4

Fuente:

Elaboración Propia.

Julio

testo 340	
VI. 11	61063111/E
HAAA	
HAAA	
26.07.2019	07:25:54
Combustible:	Gasoleo A
O ₂ ref.:	3.0%
CO ₂ max:	15.5%
280.9	°C Temp. Gas. com
24.1	°C TA
6.22	% O ₂
12	ppm CO
10.91	% CO ₂
1.39	Lambda
86.6	% REN
13.4	% qA
kg/h Caudal mássic	

Figura 20. Datos de los gases de combustión mes de julio.

Fuente: Analizador Testo

Tabla 12. Datos de los gases de combustión mes de julio.

JULIO		
Elemento	Unidad	Magnitud
Temp. Gas. Com	° C	280.9
TA(Temperatura del ambiente)	° C	24.1
O ₂ (Oxígeno)	%	6.22
CO(Monóxido de carbono)	ppm	12
CO ₂ (Dióxido de carbono)	%	10.91
Lambda(Exceso de aire) λ	-	1.39
REN(Rendimiento)	%	86.6
qA(Perdidas por chimenea)	%	13.4

Fuente:

Elaboración Propia

Agosto

testo 340	
V1. 11	61063111/E
HAAA	
HAAA	
28. 08. 2019	08:34:13
Combustible:	Gasoleo A
O2ref.:	3. 0%
CO2max:	15. 5%
236. 4	°C Temp. Gas. com
27. 2	°C TA
5. 06	% O2
5	ppm CO
11. 76	% CO2
1. 30	Lambda
89. 7	% REN
10. 3	% qA
-----	kg/h Caudal másic

Figura 21. Datos de los gases de combustión mes de agosto.

Fuente: Analizador Testo

Tabla 13. Datos de los gases de combustión mes de agosto.

AGOSTO		
Elemento	Unidad	Magnitud
Temp. Gas. Com	° C	236.4
TA(Temperatura del ambiente)	° C	27.2
O2(Oxígeno)	%	5.06
CO(Monóxido de carbono)	ppm	5
CO2(Dióxido de carbono)	%	11.76
Lambda(Exceso de aire) λ	-	1.30
REN(Rendimiento)	%	89.7
qA(Perdidas por chimenea)	%	10.3

Fuente:

Elaboración Propia

5.1.2 Estándares ambientales para el monitoreo y control de la emisión de gases en las calderas

En aras de la protección y vigilancia constante, es indispensable tener en cuenta el artículo primero del título preliminar de la Ley N° 28611, Ley General del Ambiente, que establece claramente que (...) toda persona tiene derechos inalienables Vivir en un ambiente saludable. La gestión ambiental efectiva y la protección del medio ambiente y sus componentes, en particular velando por la salud individual y colectiva de las personas, la protección de la biodiversidad, el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales y el desarrollo sustentable del Estado. ".

Con la finalidad de mantener controlada la emisión de gases contaminantes por parte de las calderas se ha generado la necesidad de establecer normas como estándares de calidad ambiental para aire (ECA) y de límites máximos permisibles (LMP) para dichas sustancias nocivas en la atmosfera.

- **Límites máximos permisibles:** Las sustancias físicas, químicas y biológicas deben permanecer dentro de los límites permisibles de concentración, un aumento de estos límites podría causar malestar al confort humano y al ambiente, pero sobre todo a la salud física de la persona.
- **Estándares de calidad ambiental:** Cuando los niveles de concentración de las sustancias físicas, químicas y biológicas, que se encuentran en el aire en estado de cuerpo receptor, no representa peligro importante para la salud física de las personas y el medioambiente.

5.1.3 Límites máximo permisibles para las emisiones de gases en las calderas

Los LMP están vinculados con mediciones ejecutadas en las fuentes de emisión como las chimeneas de calderas.

Tabla 14. Límites máximos permitidos para calderas de vapor de uso industrial.

Límites Máximos Permisibles para calderas de vapor de uso industrial⁽⁴⁾

Parámetro	Límite de Emisión (mg/Nm ³) ⁽¹⁾		
	Combustible		
	Gas	Líquido	Sólido
Partículas sólidas ⁽²⁾	----- --	150	150
SO ₂	300	1500	1500 (carbón)
			100 (bagazo)
			500 (Bag/petro)
NO _x	320	600	750
CO	100	350	500
Opacidad (Índice Bacharach) ⁽³⁾	0	4	-----

(1) Concentración referida a condiciones normales 0°C, 1 atmósfera, 3% de O₂ para gas y líquidos y 6% de O₂ para sólidos
 (2) Para calderas de potencia mayor o igual a 800BHP (líquido) y 300BHP (sólido)
 (3) Para calderas menores a 800 BHP
 (4) Estos Límites son aplicables a las calderas de vapor pirotubulares y acuotubulares; Asimismo, se aplican a calderas de calentamiento de agua o aceite térmico que queman Diesel, Residual o Gas o en general que queman combustibles fósiles y que pertenecen a las empresas industriales manufactureras pudiendo ser de aplicación por otros sectores.
 NOTA: El monitoreo de las emisiones atmosféricas se realizará conforme al Protocolo de Monitoreo de Emisiones Atmosféricas aprobado por Resolución Ministerial N° 026-2000-ITINCI/DM.

Fuente: **NTP (Norma Técnica Peruana) 350.301:2009 CALDERAS INDUSTRIALES.** Estándares de eficiencia térmica (combustible/vapor) y etiquetado

(Guía Técnica: Operación y Mantenimiento de Calderas de Vapor Pirotubulares en Establecimiento de Salud)

Tabla 15. Cuadro general de los datos de gases de combustión de mes de enero a agosto.

		ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	NTP
Elemento	Unidad	Magnitud	Magnitud	Magnitud	Magnitud	Magnitud	Magnitud	Magnitud	Magnitud	
Temp. Gas. Com	° C	236.9	236.5	232.6	232.2	232.0	237.0	280.9	236.4	
TA(Temperatura del ambiente)	° C	30.6	31.0	28.6	26.3	28.7	32.0	24.1	27.2	
O2(oxígeno)	%	5.85	5.78	5.78	5.82	5.76	5.64	6.22	5.06	
CO(Monoxido de carbono)	ppm	0	0	0	0	0	0	12	5	280
CO2(Dióxido de carbono)	%	11.18	11.23	11.23	11.20	11.25	11.34	10.91	11.76	
Lambda(exceso de aire)	-	1.36	1.36	1.36	1.36	1.35	1.34	1.39	1.30	
REN(Rendimiento)	%	89.4	89.5	89.6	89.5	89.6	89.6	86.6	89.7	
qA(perdidas por chimenea)	%	10.6	10.5	10.4	10.5	10.4	10.4	13.4	10.3	

Fuente: Elaboración Propia

Los límites de concentración permitidos, para las calderas de vapor de uso industrial son: monóxido de carbono (CO) debe ser de 280 ppm y observando la tabla número 15 que es un cuadro general de los gases de combustión las calderas pirotubulares del Hospital Nacional “Almanzor Aguinaga Asenjo” cumple con la norma técnica peruana.

5.2 Resultados del sonómetro medioambiental

Se muestra el resultado de la medición de ruido efectuada en el mes de junio del año 2019 realizado con el sonómetro medioambiental en la sala de calderas del Hospital Nacional “Almanzor Aguinaga Asenjo”.

Tabla 16. Datos de niveles de decibeles en la sala de calderas

		Niveles equivalente de ruido durante las 9 am a 11 am							
		Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 4	Punto 5	Punto 6	Punto 7	Punto 8
Día		P 1	P 2	P 3	P 4	P 5	P 6	P 7	P 8
Mañana	12-jun	80,3	77,9	79,8	79,4	80,3	79,1	80,5	75,8
	13-jun	82,4	81,6	81,1	82,6	83,2	81,1	84,2	79,5
	18-jun	77,5	76,8	74,7	73,3	77,7	81,6	78,5	74,4
	20-jun	78,5	79,3	78,4	73,4	78,6	78,0	77,0	76,2
	20-jun	76,9	74,6	75,8	77,8	74,4	79,0	76,4	69,2
	20-jun	76,0	74,7	75,3	80,2	77,6	80,5	79,9	72,4
	24-jun	78,9	74,3	75,8	80,3	78,4	80,1	81,1	74,2
	26-jun	74,8	78,8	74,8	72,2	78,3	75,9	79,2	72,4
	26-jun	72,6	75,8	70,5	78,0	78,7	74,5	79,8	73,5

Fuente: Elaboración Propia.

Punto 1	Puerta ingreso a sala de calderas
Punto 2	Lado tanque alimentación diésel b5
Punto 3	Manifold banco de pruebas
Punto 4	Entre calderas 2-3 parte delantera
Punto 5	Lado medio de filtros
Punto 6	Lado mesa de trabajo de técnicos con Bombas H2O caliente
Punto 7	Lado entre TG y bombas de H2O
Punto 8	Mezanine área de trabajo administrativo

Tabla 17. Puntos de niveles de medición del sonómetro.

Fuente: Elaboración Propia

Mapa de Ruido

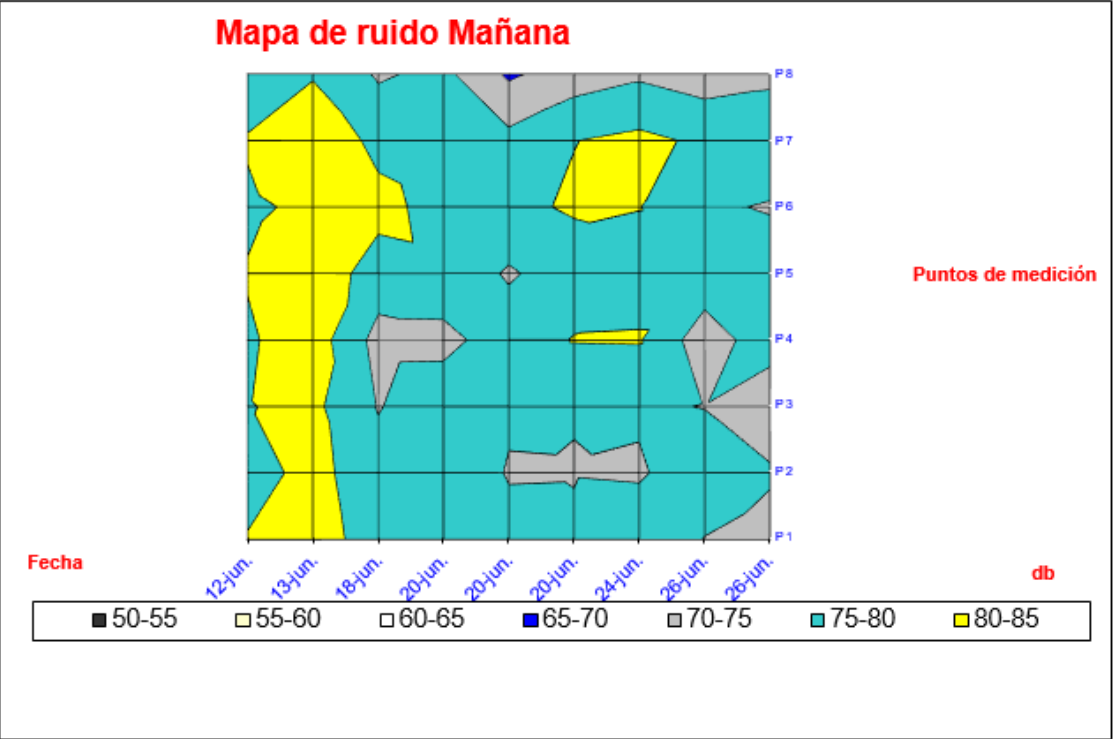


Figura 22. Mapa de ruido área de sala de calderas del Hospital Almanzor Aguinaga Asenjo.

Fuente: Elaboración Propia

5.2.1 Estándares de ruido medio ambiental

REGLAMENTO DE ESTÁNDARES NACIONALES DE CALIDAD AMBIENTAL PARA RUIDO. DECRETO SUPREMO N° 085-2003-PCM (Publicado el 30-10- 2003)

“El Artículo 2° inciso 22 de la Constitución Política del Perú establece que es deber primordial del Estado garantizar el derecho de toda persona a gozar de un ambiente equilibrado y adecuado al desarrollo de su vida; constituyendo un derecho humano fundamental y exigible de conformidad con los compromisos internacionales suscritos por el Estado;”

Con la finalidad de proteger la calidad de vida del operario de caldera, pacientes y trabajadores administrativos que se vean afectados por el ruido que generan las calderas se deben cumplir los estándares de calidad ambiental para ruido.

- Nivel de Presión Sonora Continuo, con ponderación A (**LAeqT**): El nivel de presión sonora constante, expresado en dBA, que en la misma unidad de tiempo (T), contiene la misma energía total que el sonido medido.

Tabla 18. Niveles de estándares nacionales de calidad ambiental para ruido.

Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Ruido

EN L_{aeqT}	VALORES EXPRESADOS	
	ZONAS DE APLICACIÓN	HORARIO NOCTURNO
	HORARIO DIURNO	
Zona de Protección Especial	50	40
Zona Residencial	60	50
Zona Comercial	70	60
Zona Industrial	80	70

Fuente: REGLAMENTO DE ESTÁNDARES NACIONALES DE CALIDAD AMBIENTAL PARA RUIDO. – Gobierno del Perú

Segun los estándares nacionales de calidad medioambiental para ruido en la zona industrial en el horario diurno su límite máximo es de 80 dB y observando la tabla número 16 se observa que en algunos casos el nivel de decibelios supera el límite permisible.

CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

- Las calderas industriales son potencialmente contaminantes para el medio ambiente por ello se debe procurar respetar las normas y leyes establecidas.
- De acuerdo a la medición de los gases de combustión de las calderas pirotubulares del Hospital Nacional “Almanzor Aguinaga Asenjo”, estos se encuentran por debajo de los límites permisibles de monóxido de carbono; del análisis realizado a las emisiones de gases de combustión se constató que estos se encuentran entre 12 ppm en julio y 5 ppm en agosto de monóxido de carbono cumpliéndose así con la normativa peruana que indica que el límite máximo permisible es de 280 ppm.
- Se pudo constatar que el Perú cuenta con normas, leyes y decretos que ayudan a regular las emisiones de gases y el ruido de calderas pirotubulares todo esto en beneficio de la salud de la población y el medio ambiente.
- De acuerdo a las mediciones de nivel de ruido de las calderas pirotubulares del Hospital Nacional “Almanzor Aguinaga Asenjo” se observó que en algunos días supera el límite permisible.

- De acuerdo al estándar nacional de calidad ambiental para el ruido en zona industrial el límite máximo permitido en horario diurno es de 80 db y haciendo una comparación con la tabla número 16 donde se encuentran los valores medidos de ruido, se concluye que el nivel más alto medido es de 84,2 db superando así el límite máximo permitido.
- De todo esto se concluye que el Hospital Nacional “Almanzor Aguinaga Asenjo”, no contamina el ambiente por la emisión de gases de sus equipos de generación de vapor (calderas pirotubulares) por encontrarse las lecturas por debajo de los límites permitidos en la normatividad peruana. Siendo lo contrario en lo que respecta al nivel de ruido que producen sus equipos generadores de vapor al interior de la sala de calderas.
- Esta tesis refleja la realidad actual encontrada en los equipos generadores de vapor (calderas pirotubulares) respecto de los gases de emisión emanados al medio ambiente, como del nivel de ruido que generan al interior de la sala de calderas, pudiendo esta servir para que otras investigaciones puedan profundizar en su estudio y sugerir mejoras para el bien de la sociedad y de los trabajadores del Hospital Nacional Almanzor Aguinaga Asenjo.

6.2 Recomendaciones

- Regular el exceso de aire como una de las técnicas más seguras para mejorar la combustión y con ello mejorar las emisiones de gases de combustión.
- Verificar siempre el termostato, ya que si este no funciona correctamente genera un sobrecalentamiento de la caldera.
- Tener un programa de mantenimiento preventivo para las calderas pirotubulares del HNAAA (Hospital Nacional “Almanzor Aguinaga Asenjo”).
- Mantener una buena eficiencia de las calderas hace que las emisiones de gases de combustión sean menores.
- Las ventanas de sala de calderas deben estar abiertas con la finalidad de evitar la concentración de ruido al interior de esta.
- Se recomienda que el personal que trabaja en la sala de calderas tenga entre sus EPP (equipo de protección personal) la protección auditiva.
- Se debe hacer un seguimiento a los trabajadores de la sala de calderas con exámenes ocupacionales de audiometría.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Borroto Nordelo Aníbal, & Rubio González Angel. (2007). *Combustión y Generación de Vapor*. <https://www.researchgate.net/publication/333903191>
- Celestino, I. P., Díaz, U., Daria, L., Ferro, T., Juan, T., & Ochoa Estévez, O. (2006). *INFLUENCIA DE LAS CALDERAS SOBRE EL MEDIO AMBIENTE*. 1–13. <https://www.redalyc.org/pdf/1813/181322792006.pdf>
- Concepción -rey Balduino Bélgica, S. DE, Santa María, F., Concepción, S., Ignacio Paredes Paredes, D., & Felipe Larson Muñoz, G. (2019). *TRANSFERENCIA DE CALOR*.
- Dra. Isabel Amable Álvarez, Lic. Jesús Méndez Martínez, Dra. Lenia Delgado Pérez, Dr. Fernando Acebo Figueroa, Dra. Joanna de Armas Mestre, & Lic. Marta Lidia Rivero LlopIV. (2017). *Contaminación ambiental por ruido | Amable Álvarez | Revista Médica Electrónica*. <https://revmedicaelectronica.sld.cu/index.php/rme/article/view/2305/3446>
- EL CONGRESO DE LA REPÚBLICA. (2005). *Ley General del Ambiente LEY N° 28611*. <https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/04/Ley-N%C2%B0-28611.pdf>
- Gonzales Lozada, B., Fausto, D., Rivera Parra, B., Natali, L., Raúl, I., & Rosario, P. (2013a). Mejora de los parámetros energéticos e impacto ambiental de la caldera de vapor en Postes del Norte S. A. mediante el cambio de carbón antracita por cáscara de arroz como combustible. *Universidad Privada del Norte*. <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/6376>
- Gonzales Lozada, B., Fausto, D., Rivera Parra, B., Natali, L., Raúl, I., & Rosario, P. (2013b). Mejora de los parámetros energéticos e impacto ambiental de la caldera de vapor en Postes del Norte S. A. mediante el cambio de carbón antracita por cáscara de arroz como combustible. *Universidad Privada del Norte*. <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/6376>
- Jiménez Borges, Reinier, M. M., José Alejandro, Lapidó Rodríguez, Margarita Josefa, Vidal Moya, & David Armando. (2016). *Método para la evaluación de la eficiencia e impacto ambiental de un generador de vapor*. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1815-59012016000200007
- Lapidó Rodríguez, M. J., Madrigal Monzón, J. A., & Vidal Moya, D. A. (s/f). *Funcionamiento y pérdidas en calderas pirotubulares : estudios de casos*.

- Maldonado, R. H. (2015). *Generadores de Vapor en Hospitales*.
https://www.academia.edu/16663589/Generadores_de_Vapor_en_Hospitales
- Mesa Mora Andrés. (2012). *CURSO CALDERAS JULIO 2012: CALDERAS PIROTUBULARES VS ACUOTUBULARES*. <http://curso-calderas-julio-2012.blogspot.com/2012/07/calderas-pirotubulares-vs-acuotubulares.html>
- MINSA. (1998). *Manual de operación, mantenimiento y ahorro de energía en calderos y redes de vapor - Informes y publicaciones - Ministerio de Salud - Plataforma del Estado Peruano*.
<https://www.gob.pe/institucion/minsa/informes-publicaciones/352685-manual-de-operacion-mantenimiento-y-ahorro-de-energia-en-calderos-y-redes-de-vapor>
- MINSA. (2019). *Resolución Ministerial N° 642-2019/MINSA: Guía Técnica: Operación y Mantenimiento de Calderas de Vapor Pirotubulares en Establecimientos de Salud*.
<https://docs.bvsalud.org/biblioref/2019/07/1006654/rm-642-2019-minsa.pdf>
- NTP. (2009a). *NTP 350.301:2009 CALDERAS INDUSTRIALES. Estándares de eficiencia térmica (combustible/vapor) y etiquetado*.
https://planesynormas.mma.gob.cl/archivos/2017/proyectos/11._NTP-350.301-2009-Calderas-estandares-eficiencia_-_Peru.pdf
- NTP. (2009b). *NTP 350.302.2009 EFICIENCIA ENERGÉTICA. Calderas Industriales. Proyecto de Instalación de Calderas Con Reducción de Emisiones. Requisitos Básicos | PDF | Agua | Vapor*.
<https://es.scribd.com/document/545102570/NTP-350-302-2009-EFICIENCIA-ENERGETICA-Calderas-Industriales-Proyecto-de-Instalacion-de-Calderas-Con-Reduccion-de-Emisiones-Requisitos-Basicos>
- NTP. (2010). *NTP 350.303:2010 CALDERAS INDUSTRIALES. Inspección de las instalaciones con fines de eficiencia térmica y reducción de emisiones*.
<https://dokumen.tips/documents/ntp-350303-2010.html?page=1>
- Presidente de la Republica. (2003). *REGLAMENTO DE ESTÁNDARES NACIONALES DE CALIDAD AMBIENTAL PARA RUIDO. DECRETO SUPREMO N° 085-2003-PCM*. https://www.oefa.gob.pe/?wpfb_dl=3692
- Rivera Veletanga, & Fernando Eduardo. (2008). *CD-0307*.
<https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/325/1/CD-0307.pdf>
- Tamajón-Reyes, C. H., & Mojicar-Caballero, S. (2016). *ANÁLISIS DE FALLOS: EL CASO DE CALDERAS PIROTUBULARES Y SU IMPACTO AMBIENTAL FAILURE ANALYSIS: THE HISTORY CASE IN FIRE*

BOILERS AND AN APPROACH TO THE ENVIRONMENTAL IMPACT
Autores.

Testo 325-Introduction to Professional Flue Gas Analysis. (s/f). *Gastech*.
Recuperado el 3 de abril de 2023, de <http://www.gastech.com.au>

Testo Argentina SA. (2018). *Gases de combustión* | *Academia Testo*.
<https://www.academiatesto.com.ar/cms/gases-de-combustion-1>

Unidad de Desarrollo Tecnológico, & Universidad de Concepción. (2012, abril 19). *Antecedentes para Elaborar una Norma de Emisión para Calderas y Procesos de Combustión en el Sector Industrial, Comercial y Residencial*.
https://planesynormas.mma.gob.cl/archivos/2016/proyectos/Informe_Final_Calderas__VF.pdf

Wark, K., Warner, C. F., García Ferrer, C. Alberto., & García Gutiérrez, Alfonso. (1990). *Contaminación del aire : origen y control*. 650.

ANEXOS

Anexos 1. Especificaciones técnicas del diésel B5 S-50

Petróleos del Perú - PETROPERÚ S.A.



ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PETROPERÚ

CLASE DE PRODUCTO		Fecha efectiva:		
COMBUSTIBLE		Enero 2019		
TIPO DE PRODUCTO		Reemplaza edición de:		
DESTILADO MEDIO ULTRA BAJO AZUFRE + 5% BIODIESEL B100		Enero 2014		
NOMBRE DE PRODUCTO				
		DIESEL B5 S-50		
ENSAYOS	ESPECIFICACIONES (a)		MÉTODO	
	MIN.	MAX.	ASTM	OTROS
APARIENCIA	Clara y brillante, libre de agua y partículas en suspensión			Visual
Color ASTM (b)	3.0		D1500, D6045	Visual
VOLATILIDAD				
Gravedad API a 60 °F	Reportar		D1298, D4052	
Destilación, °C (a 760 mmHg)			D96, D2667, D7344, D7345	ISO 3405
Punto inicial de ebullición	Reportar			
5 %V recuperado	Reportar			
10 %V recuperado	Reportar			
20 %V recuperado	Reportar			
50 %V recuperado	Reportar			
90 %V recuperado	282	360		
95 %V recuperado	Reportar			
Punto final de ebullición	Reportar			
Punto de inflamación, °C	52		D93, D3828, D7094	ISO 2719
FLUIDEZ				
Viscosidad cinemática a 40°C, cSt (c)	1.9	4.1	D-445	ISO 3104
Punto de escurecimiento, °C (d)	+4		D97, D5949, D5950	ISO 3016
COMBUSTION				
Número de cetano (e)	45		D613	ISO 5165
Índice de cetano (f)	40		D4737, D676	ISO 4264
COMPOSICION				
Cenizas, % masa	0.01		D482	ISO 6245
Residuo de carbón 10% residuo destilación, %masa	0.35		D4530, D189, D624	ISO 6615
Azufre total, mg/Kg	50		D5453, D2622, D7039, D7220	ISO 20846, ISO 14596
CORROSIVIDAD				
Corrosión lámina de cobre, 3h, 50°C, N°	3		D130	ISO 2160
CONTAMINANTES				
Agua y Sedimentos, %V	0.05		D2709	
ESTABILIDAD A LA OXIDACION				
Estabilidad a la oxidación, mg/100mL	Reportar		D2274, D7545	
LUBRICIDAD				
Lubricidad, diámetro rasgado de uso corregido, HFRR a 60°C, micras	520		D6079, D7688	ISO 12155-1
REQUERIMIENTOS DE OPERATIVIDAD				
Punto de Obstrucción del Filtro, Flujo en Frío, (CFPP ó POFF), °C	-8		D6371	UNE-EN-116
CONDUCTIVIDAD				
Conductividad, pS/m	25		D2624, D4308	
BIODIESEL 100 (B100)				
Contenido, % Vol.	5		D7371	UNE EN 14078

Anexo 2. Frecuencias de banda de octava del sonómetro medioambiental

Frecuencias de banda de octava

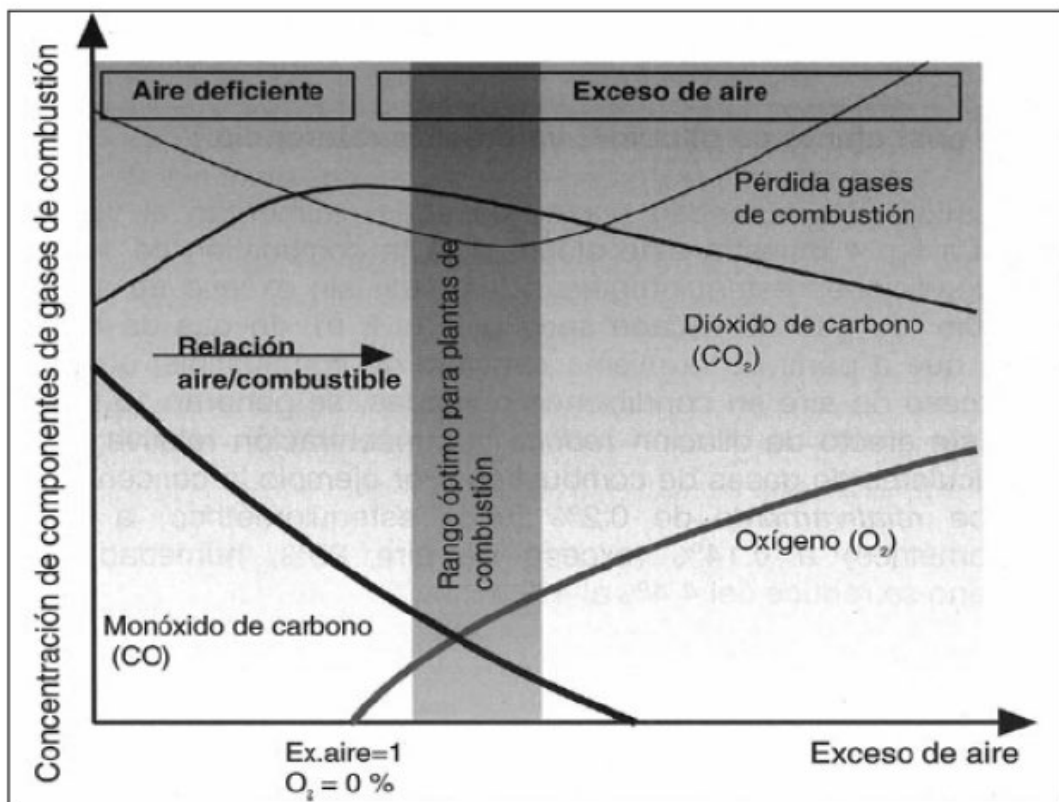
Octava			1/3 de octava		
Frecuencia de corte inferior (Hz)	Frecuencia central (Hz)	Frecuencia de corte superior (Hz)	Frecuencia de corte inferior (Hz)	Frecuencia central (Hz)	Frecuencia de corte superior (Hz)
22	31,5	44	22,4 28,2 35,5	25 31,5 40	28,2 35,5 44,7
44	63	88	44,7 56,2 70,8	50 63 80	56,2 70,8 89,1
88	125	177	89,1 112 141	100 125 160	112 141 178
177	250	355	178 224 282	200 250 315	224 282 355
355	500	710	355 447 562	400 500 630	447 562 708
710	1000	1420	708 891 1122	800 1000 1250	891 1122 1413

Anexo 3. Parámetros y Unidades del analizador de gases

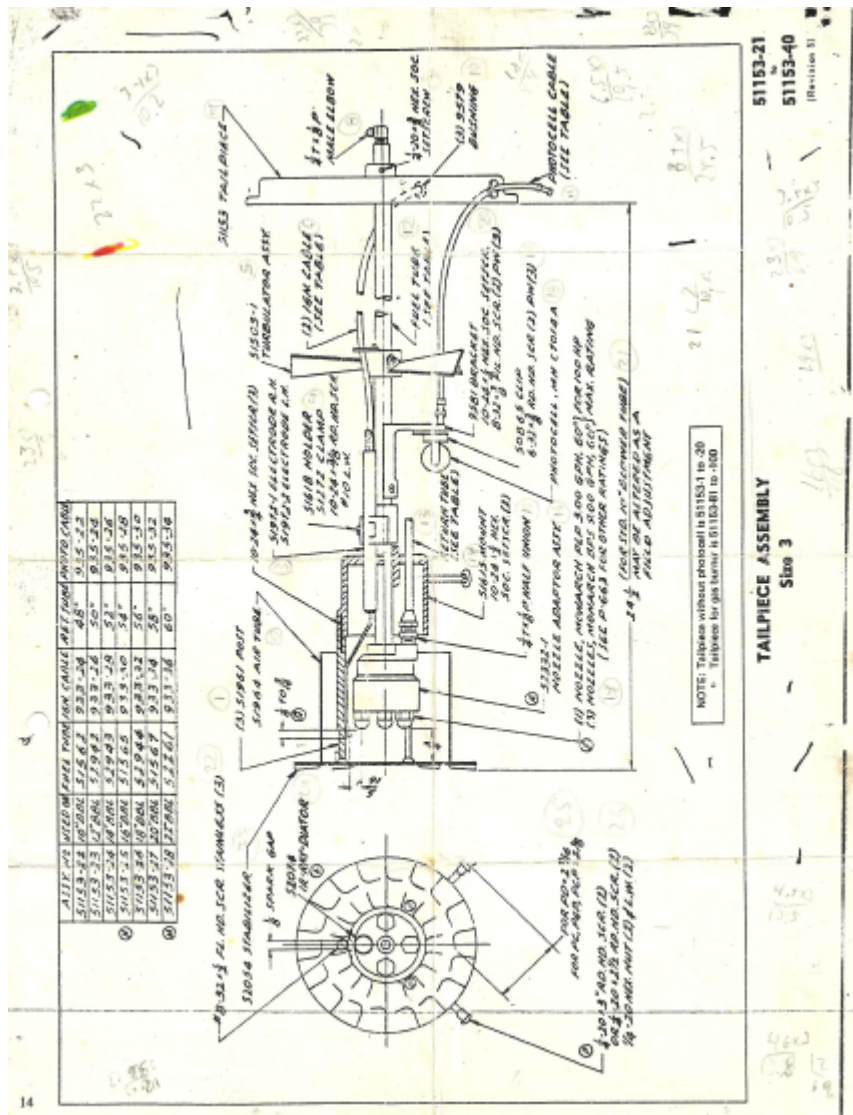
Visual.	Parámetro	Unidades
TH	Temperatura gases comb.	°C, °F
CO2	Dióxido de carbono	%
qA	Pérdidas por chimenea	%
λ	Exceso de aire	-
O2	Oxígeno	%
CO	Monóxido de carbono	ppm, g/GJ, mgm ³ , %, mgKW
COcor	Monóx. de carbono corregido	ppm
η	Rendimiento	%
NO	Monóxido de nitrógeno	ppm, g/GJ, mgm ³ , %, mgKW
NOx	Óxidos de nitrógeno	ppm, g/GJ, mgm ³ , %, mgKW
TA	Temperatura ambiente	°C, °F
Tiro	Tiro	mbar, hPa mmWS, inW, Pa, psi, inHG
S02	Dióxido de azufre	ppm, g/GJ, mgm ³ , %, mgKW
NO2	Dióxido de nitrógeno	ppm, g/GJ, mgm ³ , %, mgKW
temp	Temperatura instrumento	°C, °F
ΔPT ^a	punto rocío del gas	°C, °F

Visual.	Parámetro	Unidades
ΔP2	Presión diferencial (200 hPa)	mbar, hPa mmWS, inW, Pa, psi, inHG
Gasfl	Consumo de gas	m ³ /h, l/min
GasP	Potencia de la caldera	kW
Oilfl.	Consumo del combustible	kg/h
OilP	Presión del combustible	bar
Pot. C.	Salida de potencia caldera	kW
Pabs	Presión absoluta	mbar, hPa mmWS, inW, Pa, psi, inHG
Bomba	Aspiración de bomba	l/m
ΔP2	Presión diferencial (40 hPa)	mbar, hPa mmWS, inW, Pa, psi, inHG
OilP	Velocidad	m/s, fpm
Flow	Flujo de aire	m ³ /s, m ³ /m, m ³ /h, m ³ /d, m ³ /y, f ³ /s, f ³ /m, f ³ /h, f ³ /d, f ³ /y, l/min
MC0, MN0x, MS02	Caudal másico	kg/h, kg/d, t/y, lb/h, t/d
H2 Hidrógeno		ppm

Anexo 4. Diagrama de Combustión de la Norma Técnica Peruana



Anexo 5. Diagrama del quemador usado en las calderas Pirotubulares del Hospital Nacional Almanzor Aguinaga Asenjo



CONSTANCIA DE APROBACION DE ORIGINALIDAD DE TESIS

Yo Jorge Rolando Tello Rodríguez, asesor de tesis del bachiller:

García Portocarrero Julius


TITULADA:

CALDERAS PIROTUBULARES Y SU IMPLICANCIA CON EL MEDIO
AMBIENTE EN EL HOSPITAL NACIONAL ALMANZOR AGUINAGA ASENJO.

Luego de la revisión exhaustiva del documento constato que la misma tiene un índice de similitud de 19% verificable en el reporte de similitud del programa TURNITIN. El suscrito analizó dicho reporte y concluyó que cada una de las coincidencias detectadas NO CONSTITUYEN PLAGIO. A mi leal saber y entender la tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.

Lambayeque, 03 de julio de 2023

Atentamente,



Msc . Ing. Jorge Rolando Tello Rodríguez
Docente -FIME



ACTA DE SUSTENTACION



En la ciudad de Lambayeque siendo las 12:00 a.m. horas del día Viernes 06 de Diciembre 2019, en el auditorio de la Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo de Lambayeque, se reunieron los miembros de Jurado designados mediante Resolución N°231-2019-D-FIME, de fecha 20 de Noviembre de 2019, correspondiente al **III PROGRAMA DE TITULACION PROFESIONAL EXTRAORDINARIA DE LA FACULTAD DE INGENIERIA MECÁNICA Y ELECTRICA.**

Se recibió el Trabajo de Suficiencia Profesional titulado:

“CALDERAS PIROTUBULARES Y SU IMPLICANCIA CON EL MEDIO AMBIENTE EN EL HOSPITAL NACIONAL ALMANZOR AGUIGAGA ASENJO”

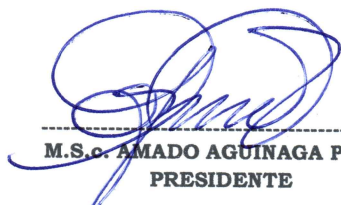
Presentado por su autor Bachiller: **GARCIA PORTOCARRERO JULIUS.**


Finalizada la sustentación, el sustentante respondió acertadamente las preguntas formuladas por el Jurado examinador procediendo a deliberar.

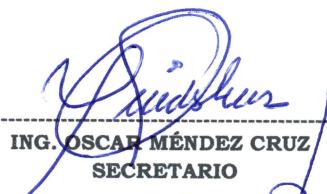
Aprobando el Trabajo de Suficiencia Profesional con el calificativo: Quince (15)

Quedando el sustentante apto para obtener el Título Profesional de Ingeniero Mecánico Electricista, debiendo cumplir antes con las exigencias de las normas legales vigentes.

Siendo las : a.m. horas del mismo día se da por concluido el acto académico, firmando la presente acta el Jurado respectivo:


M.S.c. AMADO AGUINAGA PAZ
PRESIDENTE


ING. ROBINSON TAPIA ASENJO
MIEMBRO


ING. OSCAR MÉNDEZ CRUZ
SECRETARIO


ING. JORGE ROLANDO TELLO RODRIGUEZ
ASESOR

"Calderas Piro-tubulares y su Implicancia con el Medio Ambiente en el Hospital Nacional Almanzor Aguinaga Asenjo"

INFORME DE ORIGINALIDAD

19%	18%	7%	7%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	cybertesis.uni.edu.pe Fuente de Internet	3%
2	hdl.handle.net Fuente de Internet	2%
3	fdocuments.in Fuente de Internet	1%
4	docplayer.es Fuente de Internet	1%
5	Submitted to Universidad Católica de Santa María Trabajo del estudiante	1%
6	sial.segat.gob.pe Fuente de Internet	1%
7	repositorio.unprg.edu.pe Fuente de Internet	1%
8	www.repositorio.usac.edu.gt Fuente de Internet	1%

9	scielo.sld.cu Fuente de Internet	<1 %
10	Submitted to Universidad Autonoma del Peru Trabajo del estudiante	<1 %
11	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
12	e.exam-10.com Fuente de Internet	<1 %
13	bibdigital.epn.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
14	universosur.ucf.edu.cu Fuente de Internet	<1 %
15	vsip.info Fuente de Internet	<1 %
16	www-wds.worldbank.org Fuente de Internet	<1 %
17	jhsearch.library.jhu.edu Fuente de Internet	<1 %
18	repositorio.uss.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
19	www.redalyc.org Fuente de Internet	<1 %
20	repositorio.uap.edu.pe Fuente de Internet	<1 %

21 graphicstoryteller.com <1 %
Fuente de Internet

22 WSP PERU CONSULTORIA S.A.. "ITS del Proyecto Ampliación del Proyecto TG6 Malacas-IGA0001334", R.D. N° 382-2015-MEM/DGAEE, 2020 <1 %
Publicación

23 repositorio.utp.edu.pe <1 %
Fuente de Internet

24 Submitted to Corporación Universitaria Iberoamericana <1 %
Trabajo del estudiante

25 Submitted to Universidad Nacional de Colombia <1 %
Trabajo del estudiante

26 "Condiciones higrotérmicas confortables para el cuerpo humano en espacios fluviales urbanos : las distintas tipologías y ecologías en el rio Mapocho", Pontificia Universidad Catolica de Chile, 2022 <1 %
Publicación

27 renati.sunedu.gob.pe <1 %
Fuente de Internet

28 dspace.esPOCH.edu.ec <1 %
Fuente de Internet

29 www.clubensayos.com
Fuente de Internet

<1 %

-
- 30 BURMESTER SILVA SUSANA ARACELLI. "DIA del Proyecto Planta de Tratamiento de Residuos Sólidos de Establecimientos de Salud y Servicios Médicos de Apoyo en Trujillo-IGA0004041", R.D. N° 00123-2019-SENACE-PE/DEIN, 2021
Publicación

<1 %

-
- 31 1library.co
Fuente de Internet

-
- 32 ECOLOGY YASJOMI E.I.R.L.. "DAA de la Planta de Fabricación de Harina de Plumas-IGA0000999", R.D. N° 722-2019-PRODUCE/DVMYPE-I/DGAAMI, 2020
Publicación

-
- 33 www.coursehero.com
Fuente de Internet

-
- 34 ERM PERU S.A.. "ITS para la Ampliación y Modernización del Aeródromo de Malvinas-IGA0000755", R.D. N° 172-2017-MEM/DGAEE, 2022
Publicación

-
- 35 es.slideshare.net
Fuente de Internet

-
- 36 idus.us.es
Fuente de Internet

37 repositorio.unp.edu.pe <1 %
Fuente de Internet

38 www.ecorfan.org <1 %
Fuente de Internet

39 Clara Álvarez Pamela Lizeth. "Propuesta metodológica para el levantamiento de información para determinar la eficiencia térmica de una caldera", TESIUNAM, 2017 <1 %
Publicación

40 cict.umcc.cu <1 %
Fuente de Internet

41 es.scribd.com <1 %
Fuente de Internet

42 planesynormas.mma.gob.cl <1 %
Fuente de Internet

43 qdoc.tips <1 %
Fuente de Internet

44 www.slideshare.net <1 %
Fuente de Internet

45 EVALUACION Y GESTION AMBIENTAL <1 %
SOCIEDAD ANONIMA CERRADA EVAGAM
S.A.C.. "EIA-SD del Proyecto de Infraestructura
de Tratamiento y Disposición Final de
Residuos Sólidos del Ámbito No Municipal

Ecocentro Aqopampa-IGA0001775", R.D. N°
1801-2016/DSA/DIGESA/SA, 2020

Publicación

46

Submitted to Universidad Cesar Vallejo

Trabajo del estudiante

<1 %

47

b2b.partcommunity.com

Fuente de Internet

<1 %

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 15 words

Excluir bibliografía

Activo




Recibo digital


Este recibo confirma que su trabajo ha sido recibido por **Turnitin**. A continuación podrá ver la información del recibo con respecto a su entrega.

La primera página de tus entregas se muestra abajo.

Autor de la entrega: Julius Garcia
Título del ejercicio: Calderas Piro tubulares y su Implicancia con el Medio Ambie...
Título de la entrega: "Calderas Piro tubulares y su Implicancia con el Medio Ambie...
Nombre del archivo: io_Ambiente_en_el_Hospital_Nacional_Almanzor_Aguinaga_A...
Tamaño del archivo: 2.55M
Total páginas: 93
Total de palabras: 12,092
Total de caracteres: 62,862
Fecha de entrega: 02-may.-2023 11:32a. m. (UTC-0500)
Identificador de la entre... 2082179637



UNIVERSIDAD NACIONAL
"PEDRO RUIZ GALLO"
Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica



III PROGRAMA DE TITULACIÓN PROFESIONAL EXTRAORDINARIA
TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL
Para Optar el Título Profesional de

INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

"Calderas Piro tubulares y su
Implicancia con el Medio Ambiente
en el Hospital Nacional Almanzor
Aguinaga Asenjo"

Presentado Por:

Bach. JULIUS GARCIA PORTOCARRERO

LAMBAYEQUE - PERÚ
2019

1