



UNIVERSIDAD INDOAMÉRICA

FACULTAD DE INGENIERÍAS

CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

TEMA:

**PROPUESTA DE AHORRO ENERGÉTICO EN EL SISTEMA DE TUBERÍAS
PARA LÍNEAS DE VAPOR Y CONDENSANDO EN EL HOSPITAL GENERAL
IESS AMBATO.**

Trabajo de Integración Curricular previo a la obtención del título de Ingeniero Industrial

Autor

Santamaria Bustos José Octavio

Tutor/a

Mgtr. Romero Morales Estalin José

AMBATO - ECUADOR

2025

**AUTORIZACIÓN POR PARTE DEL AUTOR PARA LA CONSULTA,
REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL, Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA
DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

Yo, Santamaria Bustos José Octavio, declaro ser autor del trabajo de Integración Curricular con el nombre **“PROPUESTA DE AHORRO ENERGÉTICO EN EL SISTEMA DE TUBERÍAS PARA LÍNEAS DE VAPOR Y CONDENSANDO EN EL HOSPITAL GENERAL IESS AMBATO.”**, como requisito para optar al grado de Ingeniero Industrial y autorizo al Sistema de Bibliotecas de la Universidad Indoamérica, para que con fines netamente académicos divulgue esta obra a través del Repositorio Digital Institucional (RDI-UTI).

Los usuarios del RDI-UTI podrán consultar el contenido de este trabajo en las redes de información del país y del exterior, con las cuales la Universidad tenga convenios. La Universidad Indoamérica no se hace responsable por el plagio o copia del contenido parcial o total de este trabajo.

Del mismo modo, acepto que los Derechos de Autor, Morales y Patrimoniales, sobre esta obra, serán compartidos entre mi persona y la Universidad Indoamérica, y que no tramitaré la publicación de esta obra en ningún otro medio, sin autorización expresa de la misma. En caso de que exista el potencial de generación de beneficios económicos o patentes, producto de este trabajo, acepto que se deberán firmar convenios específicos adicionales, donde se acuerden los términos de adjudicación de dichos beneficios. Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Ambato, a los 24 días del mes de septiembre de 2025, firmo conforme:

Autor: Santamaria Bustos José Octavio

Firma:

Número de cedula: 1805309224

Dirección: Tungurahua, Ambato, Pinllo.

Correo Electrónico: jsantamaria6@indoamerica.edu.ec

Teléfono: 0979542068

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del Trabajo de Integración Curricular **“PROPUESTA DE AHORRO ENERGÉTICO EN EL SISTEMA DE TUBERÍAS PARA LÍNEAS DE VAPOR Y CONDENSANDO EN EL HOSPITAL GENERAL IESS AMBATO.”** presentado por Santamaria Bustos José Octavio, para optar por el Título Ingeniero Industrial,

CERTIFICO

Que dicho Trabajo de Integración Curricular ha sido revisado en todas sus partes y considero que reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte los Lectores que se designe.

Ambato, 24 de septiembre del 2025

.....
Mgtr. Romero Morales Estalin José

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Quien suscribe, declaro que los contenidos y los resultados obtenidos en el presente Trabajo de Integración Curricular, como requerimiento previo para la obtención del Título de Ingeniero Industrial, son absolutamente originales, auténticos y personales y de exclusiva responsabilidad legal y académica del autor.

Ambato, 24 de septiembre del 2025

.....
Santamaria Bustos José Octavio

1805309224

APROBACIÓN DE LECTORES

El Trabajo de Integración Curricular ha sido revisado, aprobado y autorizada su impresión y empastado, sobre el Tema: **“PROPUESTA DE AHORRO ENERGÉTICO EN EL SISTEMA DE TUBERÍAS PARA LÍNEAS DE VAPOR Y CONDENSANDO EN EL HOSPITAL GENERAL IESS AMBATO.”** previo a la obtención del Título de Ingeniero Industrial reúne los requisitos de fondo y forma para que el estudiante pueda presentarse a la sustentación del Trabajo de Integración Curricular.

Ambato, 24 de septiembre del 2025

.....

PhD. Buele León Jorge Luis

.....

PhD. Ayala Chauvin Manuel Ignacio

DEDICATORIA

A la eterna memoria de mi amada Madre, Gloria Bustos, cuya luz y recuerdo son mi guía constante desde el cielo.

A mi Padre, Octavio Santamaria, por ser el pilar fundamental de mi vida, por su invaluable apoyo y por la fe inquebrantable que depositó en mi formación.

A mi hija, Kailani Piedad Santamaria, quien ha sido el impulso y la motivación diaria para seguir adelante. A mi familia y demás personas, por el amor, los sabios consejos, la paciencia y la inagotable consideración que me han brindado para alcanzar esta meta profesional.

José Octavio Santamaria Bustos

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, mi profunda gratitud a Dios por haberme concedido la salud y la vida necesarias para transitar y culminar este camino, enriquecido por valiosas experiencias formativas.

De manera muy especial, agradezco a mis padres por su apoyo incansable e incondicional y por ser la inspiración constante que me motivó a la superación académica. Su soporte ha sido fundamental en cada momento crucial, sosteniéndome y alentándome a crecer tanto como persona como profesional.

Finalmente, extiendo mi reconocimiento a mis ingenieros, docentes y al tutor de esta tesis, por su perseverancia, por compartir sus conocimientos y enseñanzas, y por fungir como la guía principal que me permitió alcanzar la meta de culminar mi carrera universitaria.

¡Gracias!

ÍNDICE DE CONTENIDO

PORTADA	i
AUTORIZACIÓN	ii
APROBACIÓN DEL TUTOR	iii
DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD	iv
APROBACIÓN DE LECTORES.....	v
DEDICATORIA.....	vi
AGRADECIMIENTO	vii
ÍNDICE DE CONTENIDO	viii
ÍNDICE DE TABLAS.....	x
ÍNDICE DE IMÁGENES.....	xi
ÍNDICE DE GRÁFICO.....	xii
ÍNDICE DE ANEXOS	xiii
RESUMEN EJECUTIVO	xiv
ABSTRACT	xv
CAPÍTULO I	1
INTRODUCCIÓN.....	1
Antecedentes	2
Justificación.....	3
Objetivo general.....	4
Objetivos Específicos.....	4
CAPÍTULO II.....	5
INGENIERÍA DEL PROYECTO.....	5
Diagnóstico de la situación actual de la empresa	5
Localización Geográfica	7
Organigrama del Hospital	8
Determinación actual del Sistema de Tuberías para Líneas de Vapor y Retorno de Condensado	9
Capacidad del Hospital.....	10
Descripción del ciclo de vapor	11
Datos del Sistema Actual	22
Consumo específico de combustible	27

Costo de generación de vapor	28
Área de estudio.....	30
Modelo operativo	31
Desarrollo del modelo operativo	31
CAPÍTULO III	34
PROPUESTA Y RESULTADOS ESPERADOS	34
Desarrollo de la fase de analizar	34
Benchmarking	35
Desarrollo de Fase de Mejorar	40
Resumen del Proyecto.....	40
Actividades a realizar	42
Cronograma de actividades	44
Aplicación de las 5s	45
Diagnóstico 5's.....	45
Impacto económico	57
CAPÍTULO IV.....	63
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	63
Conclusiones	63
Recomendaciones.....	64
Bibliografía.....	65
ANEXOS	68

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Información en general IESS.....	6
Tabla 2. Diagrama SIPOC Sistema de Generación y Uso de Vapor Hospitalaria.	10
Tabla 3. Datos de la placa calderas.....	13
Tabla 4. Problemas más frecuentes del sistema de tubería.....	20
Tabla 5. Cantidades de tubería	21
Tabla 6. Perdidas de energía.....	23
Tabla 7. Consumo de vapor.....	25
Tabla 8. Perdidas de equipos inoperativos	26
Tabla 9. Área de estudio	30
Tabla 10. Benchmarking general.....	36
Tabla 11. Comparativa de consumos de vapor en el área de lavandería.....	38
Tabla 12. Project Charter.....	41
Tabla 13. Planificación del plan de ahorro energético	42
Tabla 14. Descripción de actividades	43
Tabla 15. Cronograma de actividades detallado.....	44
Tabla 16. Cuadro de componentes deteriorados.....	54
Tabla 17. Tipos de aislantes	56
Tabla 18. Resumen de medidas propuestas	57
Tabla 19. Pérdidas económicas anuales	58
Tabla 20. Costos de inversión	58
Tabla 21. Cálculo del van.....	59
Tabla 22. Resumen de impacto económico.....	59
Tabla 23. Resumen de ahorro de combustible.....	60

ÍNDICE DE IMÁGENES

Imagen 1. Hospital General Ambato IESS	5
Imagen 2. Ubicación del Hospital IESS	7
Imagen 3. Casa de Maquinas IESS.....	7
Imagen 4. Esquema general de los sistemas.....	12
Imagen 5. Calderas Superior	13
Imagen 6. Tanque de tratamiento de agua	14
Imagen 7. Sistema de dosificación de químicos.....	14
Imagen 8. Tanque de condensado	15
Imagen 9. Sistema de recirculación de agua.....	16
Imagen 10. Tanques de combustible	17
Imagen 11. Tanque de Calderos	17
Imagen 12. Sistema de distribución de vapor.....	20
Imagen 13. Formato para el etiquetado	46
Imagen 14. Programa de codificación	48
Imagen 15. Programa de codificación parte inferior	49
Imagen 16. Programa de codificación parte revisión editable.....	49
Imagen 17. Programa de codificación parte árbol jerárquico.....	50
Imagen 18. Formato de control de limpieza e inspección visual	51
Imagen 19. Formato de ficha de mantenimiento	52
Imagen 20. Formato de ficha técnica.....	53

ÍNDICE DE GRÁFICO

Gráfico 1. Organigrama de área de estudio del Hospital IESS.	8
Gráfico 2. Proceso de generación de vapor	11
Gráfico 3. Histograma de diésel del periodo 2024	18
Gráfico 4. Porcentaje de tubería	22
Gráfico 5. Porcentaje de pérdidas en generación de vapor.....	24
Gráfico 6. Porcentaje de pérdidas por distribución	24
Gráfico 7. Modelo operativo	31
Gráfico 8. Diagrama de Ishikawa	34
Gráfico 9. Diagrama de Pareto	35
Gráfico 10. Diagrama de red del proyecto	43
Gráfico 11. Diagrama de funcionamiento de codificación.....	47
Gráfico 12. Curva "s" del proyecto	62

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Organigrama del IESS	68
Anexo 2. Placa informativa con especificaciones de calderos	68
Anexo 3. Matriz de consumo 2024-2025	69
Anexo 4. Precio de venta de combustible mayo - junio 2025	70
Anexo 5. Informe técnico infraestructural IESS	71
Anexo 6. Formato de entrevista área de lavandería.....	75
Anexo 7. Requerimientos de consumo de equipos de lavandería	77
Anexo 8. Propiedades del Diesel industrial #2.....	79
Anexo 9. Medidas de ahorro de energía para mejora de eficiencia.....	80
Anexo 10. Proformas.....	81
Anexo 11. Aplicación de la auditoria de las 5s	85
Anexo 12. Criterio de evaluación de las 5s	87
Anexo 13. Manual de usuario AssetCode Studio– Codificación	88
Anexo 14. Enlace del programa de codificación.....	90
Anexo 15 Matriz de evaluación de riesgos la matriz GTC-45	91
Anexo 16. Equipos y datos	92
Anexo 17. Visitas de campo	93

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA

FACULTAD DE INGENIERÍAS

CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

TEMA: “PROPUESTA DE AHORRO ENERGÉTICO EN EL SISTEMA DE TUBERÍAS PARA LÍNEAS DE VAPOR Y CONDENSANDO EN EL HOSPITAL GENERAL IESS AMBATO.”

AUTOR: Santamaria Bustos José Octavio

TUTOR: Mgtr. Romero Morales Estalin José

RESUMEN EJECUTIVO

El consumo energético en hospitales constituye un aspecto crítico para la sostenibilidad operativa y económica de estas instituciones, dado que el uso intensivo de vapor en procesos como lavandería, esterilización y calefacción suele generar pérdidas significativas de calor. En el caso del Hospital General IESS Ambato, se identifican deficiencias en su sistema de tuberías para líneas de vapor y condensado, tales como falta de aislamiento, bajo retorno de condensado, equipos obsoletos y deterioro de componentes, lo que incrementa los costos operativos y reduce la eficiencia global del sistema. El presente estudio desarrolla una propuesta de ahorro energético en dicho sistema, aplicando la metodología DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar) como marco de mejora continua. Para ello, se realizaron entrevistas al personal técnico, inspecciones de campo y análisis de registros históricos de consumo, complementados con herramientas de ingeniería como diagramas de Ishikawa, Pareto, benchmarking y evaluación económica-financiera. Los resultados esperados de la propuesta incluyen la optimización del aislamiento térmico, la implementación de mantenimiento preventivo, la recuperación de condensado y el reemplazo de equipos críticos. Con estas acciones se proyecta una mejora en la eficiencia térmica del sistema hasta un 85,75%, una reducción del consumo de combustible en un 3,75% y un ahorro económico aproximado de 4.297,66 USD anuales. Además, se estima un impacto positivo en la sostenibilidad ambiental al disminuir las emisiones de CO₂ asociadas al uso de diésel, fortaleciendo la resiliencia operativa del hospital frente a la variabilidad de los costos energéticos.

Descriptores: Ahorro energético, vapor, condensado, aislamiento térmico, eficiencia hospitalaria, metodología DMAIC.

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA
FACULTY OF ENGINEERING
INDUSTRIAL ENGINEERING

AUTHOR: SANTAMARIA BUSTOS JOSÉ OCTAVIO

TUTOR: MSC. ROMERO MORALES ESTALIN JOSÉ

ABSTRACT

**ENERGY SAVING PROPOSAL FOR THE STEAM AND CONDENSATION
PIPING SYSTEM OF THE AMBATO GENERAL HOSPITAL OF THE IESS.**

Energy consumption in hospitals is a critical factor for their operational and economic sustainability, since the intensive use of steam in processes such as laundry, sterilization, and heating often leads to significant heat losses. At Ambato General Hospital of the IESS, deficiencies have been identified in the steam and condensate piping system, including lack of insulation, low condensate return, obsolete equipment, and deteriorated components, which increase operating costs and reduce overall system efficiency. This work develops an energy-saving proposal for the hospital's steam and condensate system, applying the DMAIC methodology (Define, Measure, Analyze, Improve, and Control) as a continuous improvement framework. The research included technical interviews, field inspections, and analysis of historical consumption records, complemented with engineering tools such as Ishikawa and Pareto diagrams, benchmarking, and financial evaluation. The expected results include the optimization of thermal insulation, the implementation of preventive maintenance, the recovery of condensate, and the replacement of critical equipment. These measures are projected to improve the thermal efficiency of the system up to 85.75%, reduce fuel consumption by 3.75%, and generate annual savings of approximately USD 4,297.66. Additionally, the proposal is expected to have a positive environmental impact by lowering CO₂ emissions associated with diesel use, thus strengthening the hospital's operational resilience against energy cost variability.

Keywords: Energy saving, steam, condensate, thermal insulation, hospital efficiency, DMAIC methodology.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

El ahorro energético es un tema de consideración global debido a su impacto en la reducción del consumo de recursos y la mitigación del cambio climático. En el sector hospitalario, el uso de vapor es esencial para procesos como calefacción, esterilización y lavandería, pero su ineficiencia provoca un desperdicio considerable de energía y costos significativos (IYCSA, 2024). Diversos estudios han evidenciado que las prácticas de optimización y modernización de los sistemas de vapor pueden disminuir el consumo energético en hasta un 30% (Vapor para la Industria, 2024). Asimismo, normativas internacionales como la ASME EA-3-2009 establecen lineamientos para evaluar y mejorar la eficiencia de estos sistemas (Alex et al., 2024).

A nivel sectorial, la industria hospitalaria en América Latina enfrenta desafíos relacionados con la gestión energética debido a la antigüedad de sus infraestructuras y a la falta de mantenimiento preventivo en sus sistemas de vapor y condensado. Un diseño deficiente en la distribución del vapor puede ocasionar pérdidas energéticas y costos operativos considerables (Spirax Sarco, 2024). En Ecuador, varios hospitales han identificado problemas en la conservación del calor y acumulación de condensado, lo que genera fallos en el sistema y mayor consumo de energía (Servienergy, 2024). En este contexto, la aplicación de estrategias de mejora energética se ha convertido en una necesidad prioritaria para fortalecer la sostenibilidad operativa y financiera de los hospitales públicos y privados (Alebat, 2024).

El Hospital General IESS Ambato, un centro importante en la región, se enfrenta a restricciones operativas ya que su sistema de distribución de vapor y condensado opera de forma limitada solo para lavandería y para el agua caliente, dejando inactivas áreas

críticas como dietética y esterilización. Esta situación se origina en deficiencias técnicas, que incluyen tuberías oxidadas, fugas, trampas de vapor defectuosas, y un bajo nivel de aislamiento, generando ineficiencia en el sistema de generación y recuperación de condensado. Las consecuencias directas de esta problemática son un sobreconsumo de diésel que resulta en altos costos de operación y una mayor huella ambiental (Alex et al., 2024). Por ello, es de importancia proponer un plan de ahorro energético que, a través de acciones de mejoras como el aislamiento, recuperación de calor, la sustitución de equipos obsoletos y la ejecución de mantenimiento preventivo, contribuya a reducir las pérdidas económicas y el impacto ambiental, a la vez que permita restablecer la plena operatividad del hospital.

Antecedentes

En los sistemas de vapor industrial es habitual que ocurran pérdidas térmicas significativas por diversas causas. Entre las más comunes están las fugas de vapor a través de trampas defectuosas y conducciones con juntas malas, lo cual puede representar cerca del 20 % del vapor producido (Nocera et al., 2023). De igual manera, las tuberías y válvulas expuestas emiten calor por radiación y convección cuando no están bien aisladas: por ejemplo, cuatro válvulas de 10" pueden tener área superficial equivalente a unos 6 m de tubería. Un estudio en el Hospital Carlos Andrade Marín encontró que el 82.77 % de la red de vapor carecía de aislamiento térmico, “representando grandes pérdidas energéticas”(Landázuri & Pozo, 2017). También se pierden cantidades de vapor por descargas intermedias blowdown para el manejo de sólidos, y por flash de vapor cuando el condensado a alta presión se reduce de presión. (química & 2023, s/f)

La metodología DMAIC del enfoque Seis Sigma ha sido utilizada para mejorar la eficiencia energética en diversos entornos industriales y de servicios. Aunque originada en manufactura, varios trabajos recientes aplican esta metodología a la gestión de energía con resultados positivos. Por ejemplo, un estudio sudafricano aplicó DMAIC a los datos de consumo eléctrico de un edificio comercial el cual incluía un sistema de calderas, identificando que el 38.3% de la energía era consumida por las calderas, tras implementar mejoras en ese sistema, se logró reducir un 6% el consumo de las calderas equivalente a 2.3% del consumo total mensual (Joseph Lazarus, 2021). Este ejemplo evidencia que la

aplicación correcta de esta metodología puede descubrir las causas raíz de pérdidas energéticas fallas en equipos, hábitos de uso, controles deficientes, etc.

El desempeño real de una caldera está determinado por su diseño, su modo de operación y la carga aplicada. Las calderas que incorporan recuperación de calor de los gases, como las de condensación, pueden alcanzar niveles de eficiencia hasta un 15 % superiores a los de las unidades convencionales, al condensar el vapor de combustión y aprovechar su calor. No obstante, incluso los modelos más modernos presentan rendimientos bajos cuando funcionan entre el 20 y 30 % de su capacidad, descendiendo por debajo del 60 % en promedio anual (Hivimar, 2022). Para mejorar el rendimiento conviene usar múltiples calderas más pequeñas y encenderlas según demanda, evitando ciclos continuos de encendido/apagado. De igual manera es importante el control automático de los quemadores y sopladores para mantener la combustión óptima en toda la carga (Tintayo, 2016)

La casa de máquinas del Hospital General Ambato, tiene un tiempo de funcionamiento de 25 años. Por su alto grado de operatividad ha sufrido desgastes en varios equipos, tuberías, válvulas, trampas de vapor, reguladoras de presión, aislamiento térmico, manómetros, termómetros, tanques y accesorios que generan agua caliente, que son usados por pacientes internos, por la necesidad de obtener un eficiente sistema de agua caliente, es indispensable realizar la reestructuración y optimización de este sistema, por cuanto, el sistema de vapor y retorno de condensado de casa de máquinas existente ya cumplió con su vida útil, siendo necesario reemplazar las tuberías, accesorios y tanques de almacenamiento, para suministro de vapor, agua caliente y condensado del Hospital General Ambato (IESS, 2025).

Justificación

La **importancia** de esta investigación radica en la necesidad de mejorar la eficiencia energética en los sistemas de tuberías de vapor y condensado del Hospital General Ambato IESS, lo que facilitará la disminución del desperdicio de energía y la optimización de los costos operativos. La gestión eficiente en el sector hospitalario no solo atenúa el impacto ambiental, sino que también impulsa la sostenibilidad de las instituciones de salud.

El **impacto** de esta propuesta se traducirá en un uso más racional del vapor, disminución de fallas en el sistema, extensión de la vida útil de los equipos y reducción de los costos de operación y mantenimiento. Además, favorecerá la seguridad del personal y contribuirá al cumplimiento de las normativas energéticas.

Respecto a su **utilidad**, los resultados de este estudio ayudaran a optimizar la infraestructura hospitalaria, ofreciendo un modelo replicable en otras instituciones de salud que enfrenten dificultades similares en la gestión de sus sistemas de vapor y condensado.

Los **beneficiarios** directos de esta propuesta comprenden al Hospital General Ambato IESS, sus trabajadores y pacientes, quienes percibirán mejoras en la calidad del servicio. De manera indirecta, el sistema de salud pública también experimentará beneficios a través de la reducción del gasto energético.

Finalmente, la **factibilidad** del proyecto se fundamenta en la disponibilidad de tecnologías y metodologías para la evaluación y optimización de los sistemas de vapor, así como en la existencia de normativas que respaldan su implementación. A su vez, los costos de inversión pueden justificarse por los ahorros energéticos a largo.

Objetivo general

- Diseñar una propuesta de plan de ahorro energético en el sistema de tuberías mediante la metodología DMAIC, para líneas de vapor y condensando para el área de lavandería en el Hospital.

Objetivos Específicos

- Identificar el estado actual del consumo energético del sistema de tuberías para líneas de vapor y condensado en el Hospital General Ambato IESS, mediante entrevistas, historial de consumos y visita de campo.
- Contrastar los valores de consumo energético obtenidos con los típicos requeridos en una instalación referencial según la escala del sistema.
- Elaborar una propuesta de plan de ahorro energético, mediante el recambio y mantenimiento preventivo de componentes críticos del sistema, así como un plan de inspección futura, monitoreo simple y capacitación al personal.

CAPÍTULO II

INGENIERÍA DEL PROYECTO

Diagnóstico de la situación actual de la empresa

El Hospital General del IESS Ambato es una institución pública legalmente constituida que brinda servicios médicos especializados. Esta entidad forma parte de la red nacional del Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social (IESS), cumpliendo con la atención hospitalaria de la región.

La entidad comenzó sus operaciones en 1996 con solo la planta baja, apoyado por consultores externos. En 1999, se expandió al tercer piso para hospitalización y, en 2005, al cuarto para especialidades clínico-quirúrgicas. En 2006, se creó la UCI, que funcionó hasta 2011, cuando una ampliación total del edificio, con nuevo equipamiento, elevó la su capacidad. Desde entonces, opera ininterrumpidamente (Sánchez Ojeda, 2023).



Imagen 1. Hospital General Ambato IESS
Elaborado por: Santamaria, J (2025).

A continuación, en la tabla 1, se puede denotar información pertinente de la entidad.

Tabla 1. Información en general IESS

 <p>INFORMACIÓN GENERAL DEL IESS AMBATO</p>	
Latitud: 1°13'59" SUR,	Longitud: 78°37'53" Oeste,
Altura: 2550 metros sobre el nivel del mar.	RUC: 1865020860001
Representante Legal: Ing. Edison Loaiza	Email: https://www.iess.gob.ec/
Misión: “Proteger a la población asegurada por el IESS, contra las contingencias que determina la normativa vigente, garantizando el derecho al Buen Vivir”	Visión: “Ser una institución referente en Latinoamérica dinámica, innovadora, efectiva y sostenible, que asegura y entrega prestaciones de Seguridad Social con altos estándares de calidad y calidez, bajo sus principios y valores”
Actividad económica: Acciones médicas, diagnósticas y terapéuticas realizadas tanto a corto como a largo plazo en clínicas del día, centros básicos, odontológicos y de atención general.	Principal Actividades: Promoción de la salud acciones básicas de prevención individual y colectiva secundaria, Recuperación de la salud y morbilidad general y de especialidad: consulta y control; primeros auxilios y emergencias prehospitalarias, visitas domiciliarias Atención curativa, de recuperación y de rehabilitación.

Fuente: HGA (IESS).

Elaborado por: Santamaria, J (2025).

Localización Geográfica

El Hospital del IESS se encuentra ubicado en la Av. Rodrigo Pachano 10-76 y Edmundo Martínez de la ciudad de Ambato, provincia de Tungurahua. En la imagen 2 se indica la ubicación actual, misma que se lo tomó de la aplicación Google Maps.



Imagen 2. Ubicación del Hospital IESS
Fuente: Google Maps (2025).

Ubicación de casa de máquinas.

La casa de máquinas del Hospital se encuentra en la parte posterior del mismo situado en un área aproximada de 25 x 16 metros cuadrados, en la cual se dividen áreas importantes para el manejo y funcionamiento de la entidad como el área de localización de las máquinas, oficinas, talleres, bodega.



Imagen 3. Casa de Maquinas IESS
Elaborado por: Santamaria, J (2025).

En el cuarto de máquinas, desde la cual se genera y distribuye el suministro energético requerido para el funcionamiento de los diferentes servicios hospitalarios. Esta sala es

responsable, entre otros aspectos, de la generación de vapor, generación de energía eléctrica y la gestión de condensado, esenciales para procesos térmicos como esterilización, calefacción y sistemas sanitarios. La utilidad de esta infraestructura energética es esencial para garantizar tanto la continuidad de los servicios médicos como la sostenibilidad operativa de la institución.

Organigrama del Hospital

A continuación, en el gráfico 1, se presenta el organigrama del hospital, el cual detalla las diferentes áreas que lo componen. En este caso, el análisis se centra en el área de la Subgerencia de Servicios Generales, que constituye el sector objeto de estudio para ver el organigrama completo en Anexo 1.

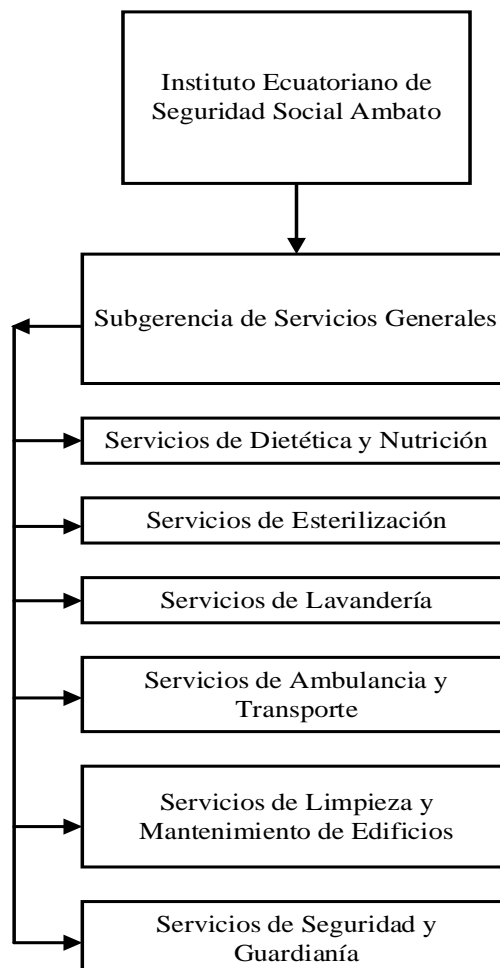


Gráfico 1. Organigrama de área de estudio del Hospital IESS.

Fuente: Planificación Estratégica del HGA (IESS)

Elaborado por: Santamaria, J (2025).

Estructura organizacional

Director General

El director general es el máximo responsable y la máxima autoridad ejecutiva, su rol principalmente es liderar y gestionar integralmente la institución, asegurando la calidad médica, la productividad administrativa, la buena gestión del personal y el uso óptimo de los recursos para garantizar una atención de salud efectiva a los asegurados.

Subgerencia Servicios Generales

La Subgerencia de Servicios Generales constituye una rama importante dentro de la estructura organizativa de esta entidad, la función que da cumplimiento de esta área es administrar y coordinar todos los servicios de apoyo indirectamente relacionados con la atención médica, pero cuya existencia es esencial para el funcionamiento diario y la operatividad integral de la infraestructura hospitalaria.

Dentro de los servicios a realizar el estudio que se encuentra de manera operativa es:

- **Servicios de Lavandería:** Es responsable del lavado, secado, planchado y distribución de toda la ropa hospitalaria sábanas, batas de pacientes y personal, toallas, manteniendo los estándares de higiene y desinfección.

Determinación actual del Sistema de Tuberías para Líneas de Vapor y Retorno de Condensado

La casa de máquinas de la entidad alberga una infraestructura térmica en un estado de deterioro continuo, lo cual impacta directamente en la eficiencia energética y compromete la continuidad operativa de los servicios esenciales del hospital. Esta infraestructura ha operado de forma ininterrumpida 24 horas al día, 365 días al año durante más de 25 años. El prolongado periodo de funcionamiento ha provocado un desgaste progresivo y multifactorial en sus componentes esenciales.

Capacidad del Hospital

Dentro de lo que se registra oficialmente desde del trimestre dos del año 2011 se obtiene el equipamiento y ampliación de la totalidad de la edificación creando nuevos servicios para obtener un gran número de 211 camas (Sánchez Ojeda, 2023).

Durante la declaratoria de emergencia sanitaria por COVID-19 la capacidad operativa de 115 camas operativas y 96 no censurables. Esta cifra se desglosó en 16 camas en la Unidad de Cuidados Intensivos y 99 camas para hospitalización general. Este dato representa una instantánea de la capacidad activamente disponibles (IESS, 2021).

Tras el acontecimiento mencionado, el hospital incrementó su número de camas para responder a una emergencia de salud pública, reflejando una configuración específica y una asignación estratégica de recursos. Actualmente, cuenta con un total de 312 camas, de las cuales 189 son censurables y permanecen en uso, mientras que 123 son no censurables.

Diagrama SIPOC del proceso central del proyecto

Mediante el diagrama SIPOC, identificamos el límite inicial y final de la generación de sistema de vapor y condensado, los recursos necesarios para elaborarlo, la descripción simplificada de su proceso, los proveedores de los materiales y sus principales clientes están detalladas en la Tabla 2.

Tabla 2. Diagrama SIPOC Sistema de Generación y Uso de Vapor Hospitalaria.

S (Proveedores)	I (Entradas)	P (Proceso)	O (Salidas)	C (Clientes)
Petroecuador	Combustible diésel N°2	Generación de vapor en caldera.	Vapor utilizado en procesos de lavandería.	Áreas de hospitalización.
Agua potable	Agua tratada	Distribución de vapor	Condensado retornado.	Área de quirófanos.
Proveedor de químicos	Energía eléctrica	Uso de vapor en equipos	Ropa hospitalaria limpia.	Pacientes hospitalizados.
Personal de mantenimiento y operación	Repuestos de mantenimiento	Retorno de condensado.	Emisiones de gases de combustión.	Gerencia hospitalaria.

Elaborado por: Santamaria, J (2025).

Descripción del ciclo de vapor

La generación de vapor es un proceso termo energético controlado y optimizado mediante el cual la energía térmica producida por la combustión de un combustible se transforma en vapor utilizable. El ciclo inicia con el calentamiento del agua tratada de alimentación dentro de la caldera hasta su conversión en vapor. Posteriormente, al ceder su energía térmica en los distintos procesos, el vapor se condensa, formando agua de condensado que es retornada al sistema, completando así el ciclo (Moran et al., 2020). En el gráfico 2 se puede identificar el proceso de la generación de vapor.

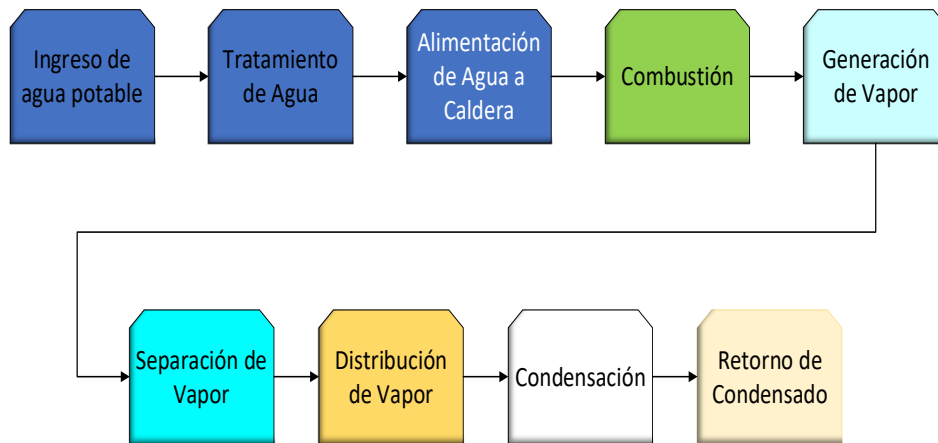


Gráfico 2. Proceso de generación de vapor
Elaborado por: Santamaria, J (2025).

Esquema General del sistema de generación de vapor y retorno de condensado

El hospital cuenta con diferentes sistemas que intervienen para la generación de vapor y condensado estos sistemas son esenciales en la casa de máquinas y cumplen funciones importantes y depende el uno del otro debido a la conexión que existe entre sí. En la imagen 4, se presentan los sistemas que componen en el cuarto de máquinas, así como también los equipos de consumo de vapor que se encuentran operativos como es caso del área de lavandería. El área de lavandería está conectada con 1 línea de distribución de vapor para sus equipos, como las lavadoras, secadoras y planchas tipo rodillos, de igual manera cuentan con una conexión de una línea de retorno de condensado.

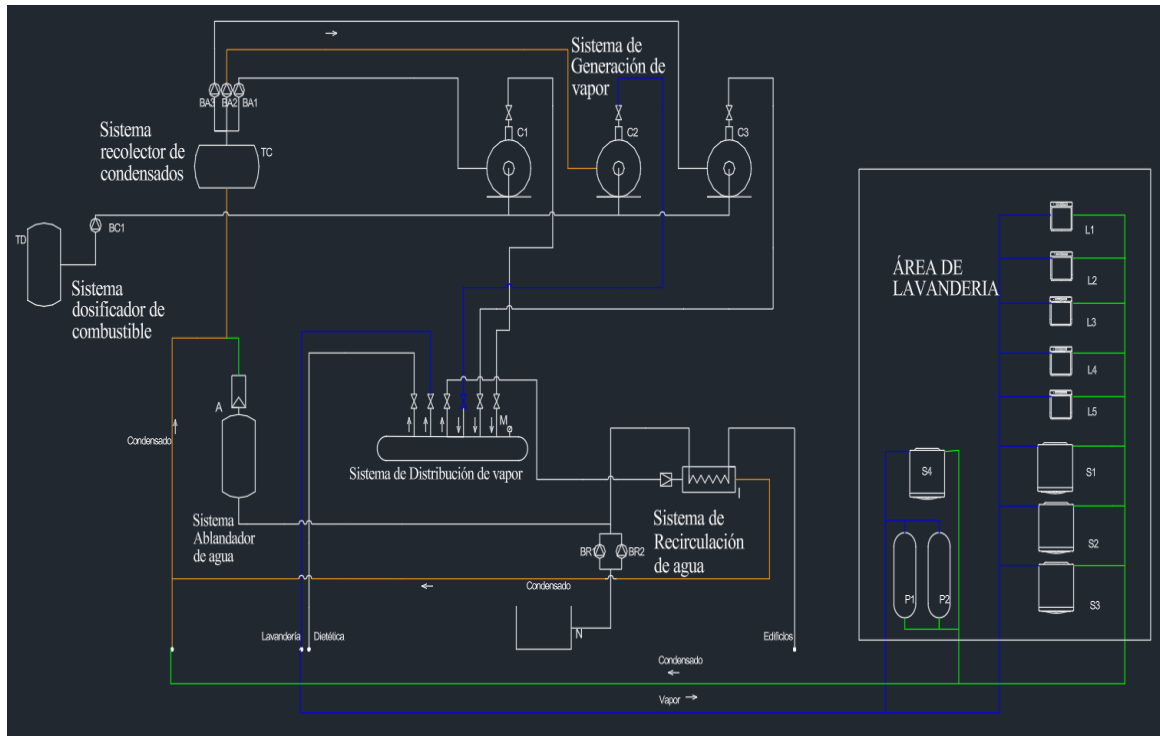


Imagen 4. Esquema general de los sistemas

Fuente: (Salazar Aguilar, 2022)

Elaborado por: Santamaria, J (2025)

Sistema de Generación de vapor

El sistema de generación de vapor comprende básicamente el caldero como elemento principal, este es un recipiente metálico, cerrado, destinado a producir vapor o calentar agua, mediante la acción del calor a una temperatura superior a la del ambiente y presión mayor que la atmosférica. A la combinación de una caldera y un sobre calentador se le conoce como generador de vapor. El principio básico de funcionamiento de las calderas consiste en una cámara donde se produce la combustión, con la ayuda del aire comburente y a través de una superficie de intercambio se realiza la transferencia de calor.

Generador de vapor

La infraestructura del Hospital incluye tres calderas piro tubulares de 125 BHP de potencia unitaria, todos los cuales dependen del diésel para su funcionamiento. Cabe destacar que, a la fecha del presente análisis, dos de las calderas se hallan inoperativas. Consecuentemente, la caldera número 1 es la única en funcionamiento, manteniendo una operación continua de 24 horas. De este ciclo diario, opera a su capacidad máxima durante

12 horas para cubrir las necesidades del servicio de lavandería, dedicando las horas restantes a una menor capacidad para la producción de agua caliente.

Las especificaciones técnicas y operacionales de la caldera se presentan detalladamente en la Tabla 3, mientras que la Imagen 5 proporciona una visualización del sistema en su estado funcional

Tabla 3. Datos de la placa calderas

Marca	Superior Boiler
Modelo	4-6-751
Tipo	Caldera piro tubular de tres pasos horizontal
Año de construcción	1991
Presión máxima	150 psi
Capacidad de vapor	125 BHP

Elaborado por: Santamaria, J (2025).



Imagen 5. Calderas Superior

Elaborado por: Santamaria, J (2025).

Sistema ablandador de agua

El suavizador de agua, también llamado descalcificador o ablandador de agua, es un aparato que, por medios mecánicos, químicos y electrónicos trata el agua para reducir el contenido de sales minerales y sus incrustaciones en tuberías y depósitos de agua, este sistema hace pasar el agua dura a través de una cama de resinas de intercambio iónico y como resultado a la salida se obtiene agua suavizada. Los suavizadores utilizan una resina sintética de gel en forma de esferas muy pequeñas que están cargadas con sodio y al paso

del agua dura van haciendo el intercambio de iones para su suavización, se estima que el tanque procesa 1 a 13 gl/min el sistema se muestra en la imagen 6.



Imagen 6. Tanque de tratamiento de agua
Elaborado por: Santamaria, J (2025).

Sistema dosificador de químico

El tratamiento de agua de calderas previene la incrustación y ajusta el pH del agua de la caldera para inhibir la corrosión. En la imagen 7 se observa que los químicos multifuncionales funcionan con bomba de dosificación para tratamiento de agua de calderas de permiten la operación a altos ciclos de concentración. logran una operación continúa. Tales soluciones evitan que se genere corrosión e incrustación en la misma.



Imagen 7. Sistema de dosificación de químicos
Elaborado por: Santamaria, J (2025).

Sistema recolector de condensados

La función principal de este sistema es aprovechar el vapor que se forma espontáneamente conocido como vapor flash a partir del condensado caliente y a alta presión. Esto sucede porque, cuando el condensado se libera de su ambiente presurizado, su presión disminuye drásticamente. Como consecuencia, una parte de ese condensado se convierte en vapor de nuevo, alcanzando la misma temperatura que el vapor principal.

Este sistema está diseñado para cumplir tres roles los cuales consisten en recoger, separar y distribuye. Cuando el vapor flash entra al tanque, inmediatamente se divide, el vapor asciende y sale por una abertura superior para ser utilizado en otro lugar, mientras que el agua condensada que queda se drena. Esta agua pasa por un filtro y una válvula especial (una trampa de vapor) antes de ser enviada por una tubería al tanque principal de condensado, que se encuentra en la sala de las calderas.

Tanque de condensado

La capacidad del tanque de condensado existente en la entidad no estaba documentada previamente. Su determinación se realizó a partir de sus dimensiones físicas, obtenidas mediante medición directa: 1.07 metros de alto y 2.9 metros de ancho. Este dato fue calculado por (Salazar Aguilar, 2022), quien estableció que el tanque posee una capacidad de 2.607 m³ (o 2607 litros).

El tanque de condensado como se observa en la Imagen 8 se encarga de la recolección del condensado proveniente de todos los equipos del organismo de salud que utilizan vapor. Adicionalmente, este mismo tanque almacena de manera parcial el agua tratada por el sistema de ablandador. Ambos flujos son retenidos temporalmente en el depósito con el objetivo de alimentar posteriormente a los calderos.



Imagen 8. Tanque de condensado
Elaborado por: Santamaria, J (2025).

Sistema de recirculación de agua

En la Imagen 9 se muestra el sistema encargado de la circulación del agua caliente, que retorna parcialmente al tanque de condensados mediante el funcionamiento alternado de dos bombas. Este sistema calienta el agua requerida en el hospital a través del intercambiador de calor, proporcionando de manera continua agua caliente para diversos usos, como lavabos, duchas, lavandería, entre otros.



Imagen 9. Sistema de recirculación de agua
Elaborado por: Santamaria, J (2025).

Sistema dosificador de combustible

El combustible de la caldera es indispensable para su funcionamiento por tal motivo este sistema consiste en un tanque diario de abastecimiento al quemador el cual funciona con combustible diésel. El tanque de almacenamiento diario de diésel es abastecido externamente desde los tanques de recepción de diésel que se encuentran en el exterior. Este combustible es enviado hacia el tanque de combustible diario mediante una bomba denominada de almacenamiento y hasta el quemador de la caldera por otra bomba igualmente llamada de abastecimiento.

Combustible

Para el funcionamiento de sus calderas, la institución utiliza diésel industrial N° 2, un combustible elegido por su alto poder calorífico, su facilidad de combustión sin necesidad de precalentamiento, su menor generación de emisiones contaminantes como el azufre y su sencilla manipulación y almacenamiento. Este diésel se almacena en dos tanques de 5000 galones cada uno, ubicados estratégicamente en la parte posterior de las instalaciones. La capacidad total de 10000 galones proporciona al hospital una reserva

significativa, garantizando autonomía energética y capacidad de respuesta ante cualquier eventualidad.



Imagen 10. Tanques de combustible
Elaborado por: Santamaria, J (2025).

Tanque combustible calderas

Para asegurar un suministro ininterrumpido a los calderos, el hospital cuenta con un tanque de servicio exclusivo con una capacidad de 500 galones. Este depósito secundario es alimentado directamente desde los tanques de almacenamiento principales. La transferencia del combustible se realiza gracias a una bomba centrífuga, que está ubicada a la salida de los tanques de mayor capacidad, asegurando así que el combustible llegue de manera constante y confiable a las calderas.



Imagen 11. Tanque de Calderos
Elaborado por: Santamaria, J (2025).

Consumo de combustible

En el área de operaciones de la casa de máquinas, la gestión del diésel se rige por un equilibrio entre la demanda y el consumo, lo que se traduce en una estrategia de abastecimiento definido. Los datos internos revelan que los pedidos de combustible se efectúan, en promedio, cada 47 días, lo que sugiere una planificación de mediano plazo basada en la experiencia operativa acumulada.

Cada vez que se realiza una solicitud a los proveedores, el volumen estándar es de 6000 galones de este combustible, esta cantidad a pedir bajo la demanda actual del funcionamiento ya que solo se encuentra en función uno de los tres calderos por ende no ocupa los 10000 galones de la capacidad total de los dos tanques.

En el gráfico 3, se evidencia la distribución del consumo de diésel en el establecimiento a lo largo de 2024. De esta visualización se desprende que los meses finales del año fueron los de mayor demanda de combustible.

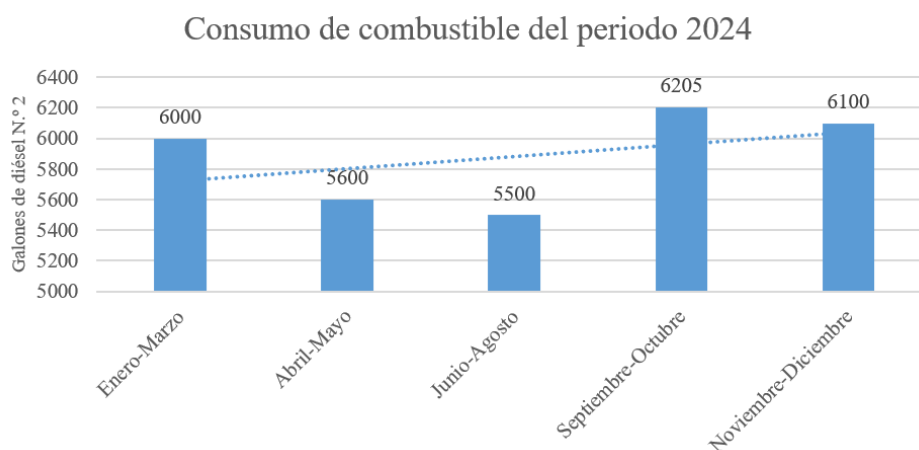


Gráfico 3. Histograma de diésel del periodo 2024

Fuente: Servicios Generales HGA

Elaborado por: Santamaria, J (2025).

La Empresa Pública Petroecuador, al ser el único distribuidor mayorista de combustible en Ecuador, el Hospital General Ambato ha adquirido de manera histórica el diésel necesario para la operación de su casa de máquinas directamente de esta entidad,

aprovechando así el precio más competitivo disponible a nivel nacional que al día de hoy ronda los \$2.43 dólares por galón véase en anexo 4.

El consumo diario de diésel presenta una variabilidad inherente, oscilando en un promedio significativo desde picos de 152 galones por día en momentos de alta exigencia hasta mínimos de 135 galones diarios en periodos de menor demanda. Esta fluctuación en el consumo diario es un factor que valida la estrategia de pedidos bajo demanda, permitiendo al personal de operaciones ajustar el combustible necesario para mantener la operatividad hospitalaria.

En relación al costo de consumo de combustible, se observa que, en el año 2024 según el registro del HGA Anexo 3, el gasto total alcanzó los \$71618.61 dólares, calculados con base en el costo actual del Diésel Industrial Número 2. Sin embargo, en lo que va del año 2025, el gasto ya asciende a \$41660.82 dólares, lo que sugiere una clara tendencia al incremento en el consumo en comparación con el periodo homólogo del año anterior.

Sistema de distribución de vapor

Los sistemas de distribución de vapor son de suma importancia para conectar las calderas con los equipos que demandan energía térmica. En el contexto de este estudio, el sistema de distribución de vapor se centra en un manifold principal.

Este manifold es el encargado de transportar el vapor a través de una red de tuberías hacia los puntos de consumo dentro de la planta donde se requiere energía calorífica. Al momento de la investigación, el sistema distribuye vapor principalmente hacia dos áreas: la lavandería y un intercambiador de calor ubicado en la propia sala de máquinas. En cuanto a sus especificaciones físicas, el manifold posee una capacidad nominal registrada de aproximadamente 200 litros. Tal como se ilustra en la Imagen 12, este componente está conformado por nueve cabezales y opera bajo una presión máxima de 150 psi.

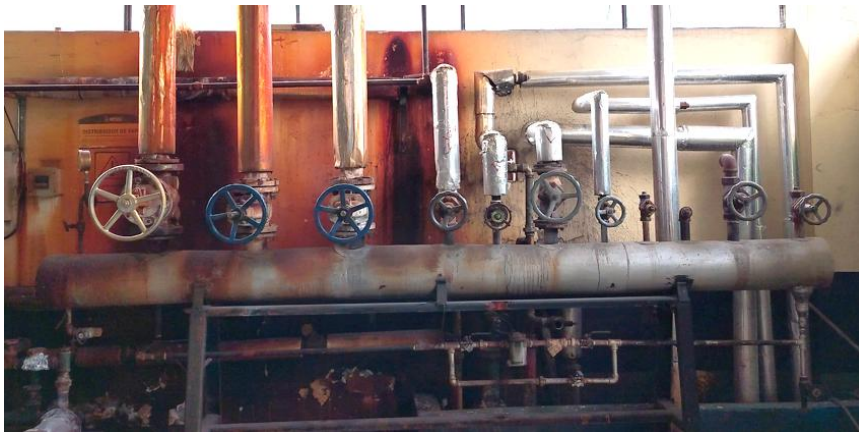


Imagen 12. Sistema de distribución de vapor
Elaborado por: Santamaria, J (2025).

Tubería de distribución

La Entidad cuenta con una red de tuberías compuestas por materiales metálicos y PVC, diseñadas para la transportación de diversos fluidos, incluyendo vapor y condensado. Sin embargo, el estado actual de estas tuberías presenta un deterioro notable, atribuible principalmente a la longevidad del sistema.

Un informe técnico emitido con anterioridad (Anexo 5) ya destacaba la condición de la estructura del hospital, incluyendo su sistema de tuberías. Datos recientes complementan esta información, revelando las específicas problemáticas encontradas en el sistema de tuberías, así como la frecuencia con la que estas deficiencias se presentan denotadas en la tabla 4.

Tabla 4. Problemas más frecuentes del sistema de tubería

Problema	Frecuencia
Falta de mantenimiento preventivo	15
Equipos obsoletos	12
Falta/cambio de aislamiento térmico	10
Tuberías oxidadas o corroídas	4
Válvulas con fugas o corroídas	3
Manifold desgastado	2
Tanque de condensado dañado	2
Fugas de vapor en tuberías y codos	2
Calibre de tubería inadecuado	1
Trampeo inadecuado	1
Problemas en válvulas check	1

Fuente: HGA (IESS)

Elaborado por: Santamaria, J (2025)

El aislamiento térmico en el sistema de generación de vapor se manifiesta primordialmente a través de las tuberías desprovistas de aislamiento, corrosión, oxidada. Esta vulnerabilidad se exagera ante condiciones como la humedad, la infiltración de agua, la condensación superficial, y daños mecánicos derivados de impactos o vibraciones. También, las oscilaciones extremas de temperatura, la exposición a la intemperie que degrada el recubrimiento protector, y la agresión de agentes químicos, contribuyen a este deterioro o a la carencia total de protección. Tal situación conlleva a considerables disipaciones caloríficas, una consecuente disminución en el rendimiento energético, un aumento de los riesgos operacionales y la potencial aparición de corrosión en la infraestructura tubular.

En la Tabla 5 identifica los segmentos existentes de tubería involucrados en el sistema de generación de vapor, especificando su condición de aislamiento y otras particularidades relevantes.

Tabla 5. Cantidades de tubería

Cantidad de tubería actual		Cantidad de tubería sin aislamiento térmico	Con aislamiento térmico	Con aislamiento térmico deteriorado
Diámetro (pulg)	Longitud total (m)	Longitud total (m)	Longitud total (m)	Longitud total (m)
4"	72	3	69	60
2"	120	10	110	122
2 1/2"	48	5	43	20
1"	70	5	65	61
3/4"	36	14	22	5
1/2"	54	5	49	2
1 1/4"	74	10	64	14
1 1/2"	170	20	150	45
Total	644	72	572	329

Fuente: HGA (IESS)

Elaborado por: Santamaria, J (2025).

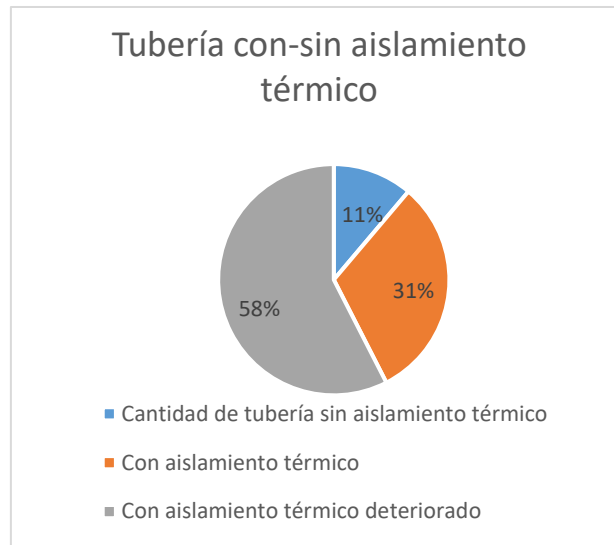


Gráfico 4. Porcentaje de tubería
Fuente: HGA (IESS)
Elaborado por: Santamaria, J (2025).

El aislamiento térmico constituye un elemento indispensable para el total aprovechamiento de los sistemas. Su instalación tiene como objetivo primordial cubrir la totalidad de las tuberías y minimizar la pérdida de energía. Sin embargo, se ha identificado que, aunque existe aislamiento, un significativo 58% del material actual requiere ser sustituido y un 11% sin aislamiento. Este alto porcentaje es un factor a considerar, ya que indica que el aislamiento no está cumpliendo su función de manera efectiva.

Datos del Sistema Actual

Pérdidas energéticas en generación de vapor

En un estudio previo se determinó la eficiencia de la caldera operativa, los cálculos son realizados directamente a la única caldera operativa. Los resultados obtenidos de esta evaluación, así como un detalle de las pérdidas de energía que involucran al sistema de generación de vapor, expresadas en kilovatios (kW) según el autor (Salazar Aguilar, 2022), se presentan en la Tabla 6. Estos valores constituyen la base para el desarrollo del presente plan de ahorro energético.

Tabla 6. Pérdidas de energía

Categoría	Detalle	Energía (kW)	% Respecto al total
Energía total	Calor disponible	662.99	100.00%
	Calor útil	561.35	84.67%
	Calor aprovechado	555.25	83.75%
Pérdidas – generación de vapor	Por combustión	81.55	12.30%
	Convección y radiación	15.65	2.36%
	Purgas	3.66	0.55%
	No consideradas	0.78	0.12%
Pérdidas – distribución de vapor	Extremos de manifold	0.26	0.04%
	Pérdidas no consideradas	0.28	0.04%
	Tubería sin aislar	0.83	0.13%
	Superficie de manifold	0.26	0.04%
	Tubería con aislante	2.99	0.45%

Fuente: (Salazar Aguilar, 2022)

Elaborado por: Santamaria, J (2025).

La caldera actualmente en funcionamiento en la sala de máquinas opera con una eficiencia notable, logrando un 83.75% de calor. Esto significa que casi el 84% de la energía del combustible se convierte en calor aprovechable. No obstante, el estudio ha identificado la presencia de pérdidas energéticas que, aunque inherentes a cualquier sistema, son susceptibles de ser minimizadas mediante la implementación de mejoras específicas.

En los gráficos 5 y 6 cuantifican porcentualmente las pérdidas energéticas asociadas a los procesos de generación y distribución.

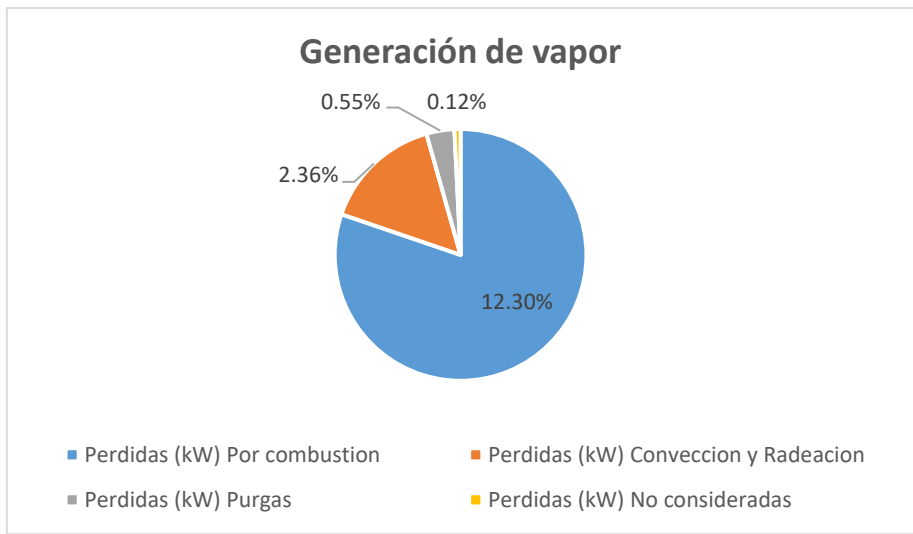


Gráfico 5. Porcentaje de pérdidas en generación de vapor
Elaborado por: Santamaria, J (2025).

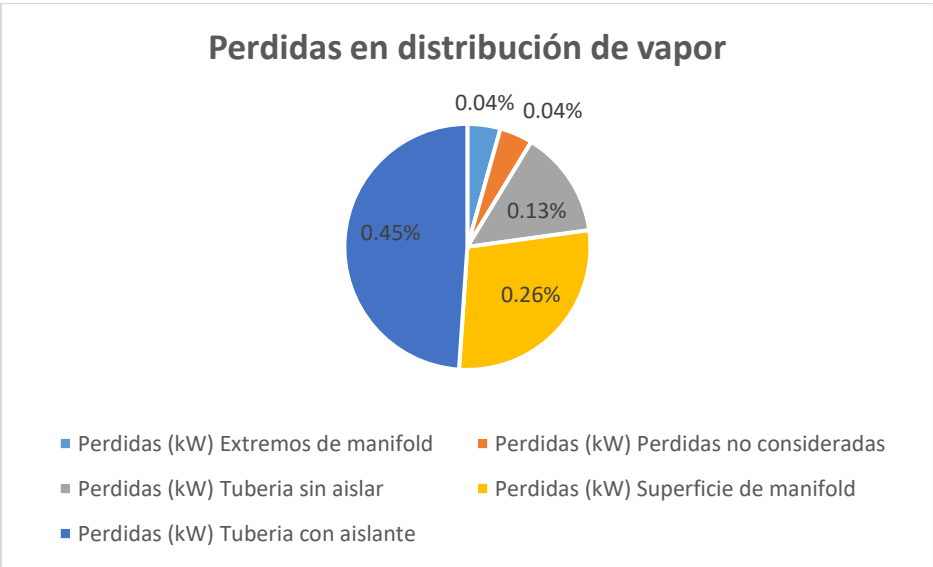


Gráfico 6. Porcentaje de pérdidas por distribución
Elaborado por: Santamaria, J (2025).

Áreas de consumo de vapor en el hospital

Este recurso se utiliza principalmente en el área de lavandería y en el intercambiador de calor para generar agua caliente, aunque también se destina a otras áreas del centro hospitalario. Sin embargo, la falta de mantenimiento preventivo adecuado y el descubierto en el cuidado de las calderas, tuberías y demás han restringido su funcionalidad, afectando la capacidad de la infraestructura técnica para satisfacer las necesidades operativas.

Lavandería

Funcionamiento del área de lavandería

Para comprender la dinámica operativa del área de lavandería del hospital, se realizó una entrevista con su encargado (anexo 6). A través de esta interacción, se obtuvo información que complementa los sistemas técnicos descritos. Se pudo determinar que este departamento, categorizado como lavandería institucional, procesa un promedio de 1000 kg de ropa sucia y contaminada cada día. La lavandería cubre las fases de lavado, secado, planchado, doblado y despacho de lencería limpia, indispensable para los procesos cotidianos del centro de salud. El funcionamiento del sistema depende de un suministro constante de vapor a 100 PSI, operativo desde las 08:00 hasta las 20:00. La demanda diaria de lencería se gestiona con la dotación actual de cinco lavadoras, cinco secadoras y dos rodillos planchadores. Sin embargo, la funcionalidad de este servicio es altamente dependiente del vapor generado por la única caldera en operación, un factor que limita la operatividad, según se ha expuesto. El consumo operativo general de vapor se presenta en la Tabla 7. Esta información es el resultado de la consulta y el análisis de la documentación interna y los reportes generados por la entidad.

Tabla 7. Consumo de vapor

Equipo	Marca	% de Funcionamiento	Consumo de vapor (kg/h)	Consumo de vapor (BHP)
Lavadora 1	TEKNOZEN	Operativa	120	7.7
Lavadora 2	UNIMAC	Operativa	60	3.8
Lavadora 3	REZACCI	60%	39	2.5
Lavadora 4	TEKNOZEN	50%	25	1.6
Lavadora 5	REZACCI	40%	26	1.7
Secadora 1	CISELL	Fuera de servicio	-	-
Secadora 2	CISELL	50%	95	6.1
Secadora 3	TEKNOZEN	50%	90	5.7
Secadora 4	GIRBAU	50%	90	5.7
Secadora 5	GIRBAU	50%	90	5.7
Plancha 1	CHICAGO	Fuera de servicio	-	-
Plancha 2	TEKNOZEN	Fuera de servicio	-	-
CONSUMO TOTAL			635	40.5

Fuente: HGA (IESS)

Elaborado por: Santamaria, J (2025).

El área de lavandería de la institución enfrenta importantes desafíos para su funcionamiento óptimo, principalmente debido a problemas de infraestructura y a la falta

de un mantenimiento programado adecuado. Esta situación ha resultado en una disponibilidad reducida de equipos de un total de doce unidades, únicamente nueve se encuentran operativas. Dentro de los equipos operativos, solo dos lavadoras identificadas como Lavadora 1 y Lavadora 2 funcionan de manera óptima. Las lavadoras 3, 4 y 5, por su parte, presentan fallas que reducen su capacidad operativa entre un 40% y un 50% de su rendimiento normal. En cuanto a las secadoras, la Secadora 1 se encuentra completamente fuera de servicio, mientras que las secadoras 2, 3, 4 y 5 operan a un 50% de su capacidad. De la misma manera, las dos planchas estilo rodillo están actualmente inoperativas. Bajo las condiciones operativas vigentes, el área de lavandería presenta un consumo de vapor de 635 kg/h, equivalente a 40.5 BHP. Este resultado se obtuvo al ponderar el porcentaje de uso de cada equipo con base en sus valores de consumo de referencia para una operación normal (véase Anexos 7).

Pérdida por inoperatividad de maquina

La inoperatividad de ciertos equipos en el sistema genera pérdidas económicas directas, también una sobrecarga operativa en la maquinaria funcional restante, lo cual dificulta satisfacer la demanda exigente. Para cuantificar con precisión estas pérdidas, especialmente las asociadas a la inactividad de equipos de vapor, se aplicó el modelo propuesto por (Spirax Sarco, 2024). Dicha metodología, ampliamente documentada en su guía técnica 'The Steam and Condensate Loop' y reconocida como referencia estándar en sistemas térmicos industriales, establece que el costo anual por inactividad puede estimarse multiplicando el consumo horario de vapor correspondiente al equipo no operativo por su tiempo potencial de funcionamiento, los días anuales de operación del sistema y el costo unitario del vapor. Este enfoque permite dimensionar el impacto financiero de la falta de operatividad, se representa mediante la tabla 8.

Tabla 8. Perdidas de equipos inoperativos

Equipo	Consumo (kg/h)	Horas/día	Días/año	Costo vapor (USD/kg)	Pérdida anual (USD)
Secadora CISSEL	150	8	365	0.05	21900
Planchadora CHICAGO	120	8	365	0.05	17520
Planchadora TEKNOZEN	180	8	365	0.05	26280
Total					65,700.00

Fuente: HGA (IESS)

Elaborado por: Santamaria, J (2025).

Consumo específico de combustible

La métrica de consumo específico establece la cantidad de energía requerida para producir una unidad de producto. Para el alcance de esta investigación, el consumo específico se ha definido como la relación entre la masa de vapor generado y la masa de combustible utilizado, expresada en kilogramos de vapor por kilogramo de combustible.

$$CE = \frac{\eta * PCI}{hvapor - hagua}$$

Donde:

η = Eficiencia de la caldera

PCI = Poder calorífico inferior del diésel #2

hvapor = Entalpía del vapor generado en la caldera

hagua = Entalpía del agua de alimentación de la caldera

La determinación del consumo específico de la caldera actualmente operativa se realizó mediante la aplicación de la siguiente ecuación. Los valores resultantes de este proceso de cálculo son los que se detallan a continuación.

$\eta = 0.8375 \%$

PCI = 43100 kJ/kg

hvapor = 2848 kJ/kg

hagua = 84 kJ/kg

$$CE = \frac{0.83 * 43100 \text{ kJ/kg}}{2848 \text{ kJ/kg} - 84 \text{ kJ/kg}}$$
$$CE = 13.07 \frac{kg_v}{kg_c}$$

el consumo específico de combustible del caldero considerando una temperatura de generación de vapor de 225°C y un ingreso de agua a 20°C, obteniéndose un valor de 13.07 kg de vapor generado por cada kg de diésel #2 consumido.

Costo de generación de vapor

Dentro del proceso para calcular el costo de la energía por unidad de masa o energía, un paso preliminar consiste en la cuantificación del costo del combustible por unidad de masa. Para llevar a cabo esta etapa, se emplea la densidad del combustible, cuyo valor es de 832 kg/m^3 .

$P_c =$ costo de energía por unidad de masa

$$P_c = 2.43 \frac{\text{USD}}{3.78 * 10^3 \text{m}^3} * \frac{1 \text{m}^3}{832 \text{kg}}$$
$$P_c = 0.64 \frac{\text{USD}}{\text{kg}}$$

El valor obtenido se divide para la eficiencia de la caldera ($\eta = 0.8375$)

$$C_t = \frac{P_c}{\eta}$$
$$C_t = \frac{0.64 \frac{\text{USD}}{\text{kg}}}{0.8375}$$
$$C_t = 0.76 \frac{\text{USD}}{\text{kg}}$$

Para obtener el precio de vapor por unidad de masa se emplea el consumo específico de combustible.

$$C_{vapor} = C_t * CE$$

$$C_{vapor} 0.76 \frac{\text{USD}}{\text{kg}} * 13.07 \frac{\text{kg}_v}{\text{kg}_c}$$
$$C_{vapor} = 0.05 \frac{\text{USD}}{\text{kg}}$$

Flujo de masa de condensado producido

El flujo de masa de condensado se define como la cantidad de agua líquida llamada condensado que se recoge o retorna a la caldera en un determinado periodo de tiempo. Similar al flujo de masa de vapor, su medición se realiza habitualmente en unidades de masa por unidad de tiempo (BHP, kg/s o lb/h). Este proceso está intrínsecamente ligado

al principio de conservación de la masa, que postula que la masa total de un sistema cerrado permanece constante, aunque pueda cambiar de estado o de ubicación (Çengel & Boles, 2015).

Aplicado al sistema de vapor, este principio implica que cuando el vapor de agua entrega su calor latente de vaporización al proceso, se condensa y retorna al sistema como agua líquida. Sin embargo, en un entorno real, es indispensable considerar las pérdidas de masa de condensado que pueden ocurrir debido a diversos factores. Por lo tanto, el flujo de masa de condensado se determina mediante la siguiente fórmula estimada por (Spirax Sarco, 2012).

$$m_{condensado} = m_{vapor} * (1 - \%)$$

Donde:

m_{vapor} = flujo de vapor consumido

% = Porcentaje de perdida

El porcentaje de pérdidas de vapor fue estimado en casi su totalidad en un 95% considerando el estado actual de las tuberías donde algunas se encuentran suspendidas de ciertos equipos, trampas de vapor y aislamientos deteriorados observados en inspección preliminar, acorde con valores de referencia establecidos por (Spirax Sarco, 2012) para sistemas sin mantenimiento.

$$m_{condensado} = 635 \text{ kg/h} * (1 - 0.95)$$

$$m_{condensado} = 31.75 \text{ kg/h}$$

Para cuantificar las pérdidas asociadas al retorno de condensado, se considera un costo unitario de vapor de 0.05 USD/kg y una pérdida de condensado de 603.25 kg/h. El cálculo se realiza mediante la siguiente operación:

C_{pc} = Costo perdida de condensado

$$C_{pc} = 0.05 \frac{\text{USD}}{\text{kg}} * 31.75 \frac{\text{kg}}{\text{h}}$$

$$C_{pc} = 1.58 * \frac{\text{USD}}{\text{h}} * 12 \frac{\text{h}}{\text{dia}} * 7 \frac{\text{dias}}{\text{semana}} * 52 \frac{\text{semana}}{\text{año}}$$

$$C_{pc} = 6,934.20 \frac{USD}{año}$$

Debido a la significativa inoperatividad del sistema de condensado, las pérdidas por no recuperar este recurso ascienden a USD 6,934.20 anuales. Esta cuantiosa afectación económica demuestra la relevancia del problema, también refuerza la justificación financiera para la repotenciación del sistema de recuperación de condensado.

Área de estudio

Tabla 9. Área de estudio

Dominio	Tecnología y Sociedad
Línea de investigación	Sistemas Industriales
Campo	Ingeniería Industrial
Área	Gestión de sistemas productivos
Objeto de estudio	Proponer un plan de ahorro energético para el hospital del IESS de la ciudad de Ambato.
Aspecto	Técnico-operativo
Periodo de análisis	abril 2025 – agosto 2025

Fuente: Universidad Indoamérica

Elaborado por: Santamaria, J (2025).

Modelo operativo

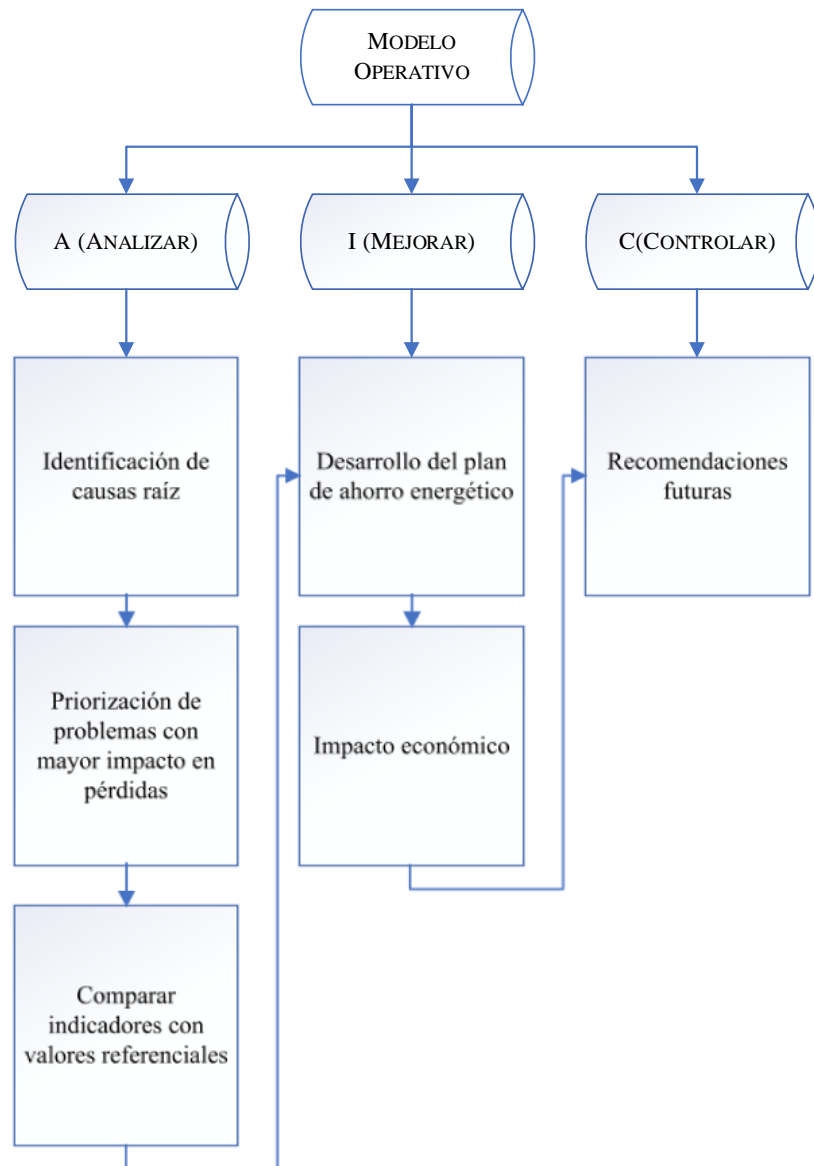


Gráfico 7. Modelo operativo
Elaborado por: Santamaria, J (2025).

Desarrollo del modelo operativo

Metodología DMAIC.

Esta metodología contribuye como una herramienta estratégica de mejora continua que permite abordar de manera estructurada y sistemática con sus diferentes fases en la cual abarca los problemas de ineficiencia energética en los sistemas de vapor y condensado del área de lavandería.

Cabe mencionar que las fases de definir y medir se aplicaron en las fases iniciales de este proyecto.

Fase Analizar (A)

Ishikawa

Para el desarrollo de la fase de análisis, se inicia con la elaboración de un Diagrama Causa-Efecto. Este diagrama gráfico tuvo como propósito principal la exposición de las posibles causas raíz que contribuyen a la problemática identificada en el sistema de vapor. Posteriormente, mediante la recopilación de información detallada, se procedió a la evidencia y priorización de aquellas causas que generan el problema y, por ende, ameritan una intervención para la mejora.

Pareto

Como parte del análisis de los factores críticos que afectan al sistema evaluado, se aplicará un Diagrama de Pareto con el objetivo de identificar y priorizar las causas que generen la mayor cantidad de problemas o deficiencias dentro del proceso. Para ello, se utilizarán datos provenientes de informes históricos del sistema y entrevistas técnicas que se realizarán al personal operativo y de mantenimiento. La información recopilada se transformará en una tabla de frecuencia, clasificando los eventos o fallas reportadas según su tipo, frecuencia de ocurrencia y grado de impacto.

Posteriormente, se organizará esta información de mayor a menor frecuencia, permitiendo visualizar mediante el diagrama cuáles serán las pocas causas que representen la mayoría de los efectos, en concordancia con el principio 80/20 de Pareto. Esta técnica es ampliamente reconocida en la gestión de calidad, ya que permitirá enfocar los esfuerzos de mejora en los problemas que generen el mayor impacto sobre el desempeño del sistema

Benchmarking

Adicionalmente, en esta misma fase, se realizará un análisis comparativo con estándares de operación aplicables a sistemas similares. Dicho análisis se apoyará en normativas y referencias pertinentes, lo cual facilitará identificar brechas y oportunidades de optimización en el funcionamiento actual del Hospital.

los resultados de este análisis permitirán establecer un orden de prioridad para la toma de decisiones y la formulación de acciones correctivas dentro del plan de mejora propuesto, optimizando el uso de los recursos técnicos y económicos.

Fase Mejorar (I)

La presente fase tiene el alcance de los objetivos del estudio, se enfocará en la formulación de un plan de ahorro energético. Este plan estará diseñado para evidenciar cuantitativamente los datos obtenidos en las etapas previas de diagnóstico y análisis, traduciéndolos en oportunidades concretas de optimización del consumo.

Como componente esencial, se incorporará un análisis de costo-beneficio detallado para la entidad. Este análisis tiene como propósito evaluar la viabilidad económica de las medidas propuestas, proyectando el retorno de la inversión y los ahorros esperados.

Fase Control (C)

En la fase de control su implementación y control efectivo no pueden ser ejecutados como parte directa de este estudio. No obstante, para asegurar la sostenibilidad de las mejoras planteadas, es fundamental establecer directrices claras para su futura gestión.

En este sentido, se propone el diseño e implementación de formatos estandarizados que permitan el monitoreo continuo de los indicadores de desempeño del sistema de vapor y condensado. Estos formatos, al ser utilizados periódicamente, ofrecerán una lectura clara y en tiempo real del comportamiento energético y operativo, facilitando la identificación temprana de desviaciones y la toma de decisiones.

CAPÍTULO III

PROPUESTA Y RESULTADOS ESPERADOS

Desarrollo de la fase de analizar Diagrama de Ishikawa

El análisis del proceso se inició con la elaboración de un Diagrama Causa-Efecto, cuyo propósito fue exponer las principales causas potenciales. Posteriormente, mediante la recopilación de información pertinente, se procedió a la identificación y priorización de las causas que originan el problema y, por ende, ameritan intervención para la mejora.

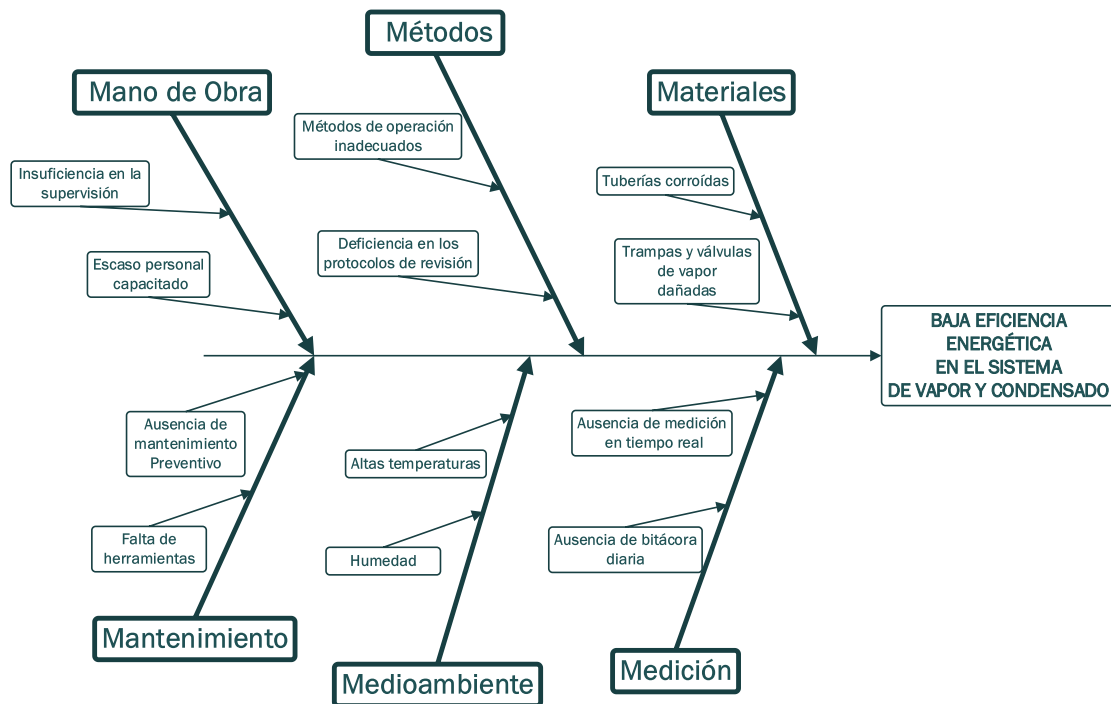


Gráfico 8. Diagrama de Ishikawa
Elaborado por: Santamaria, J (2025).

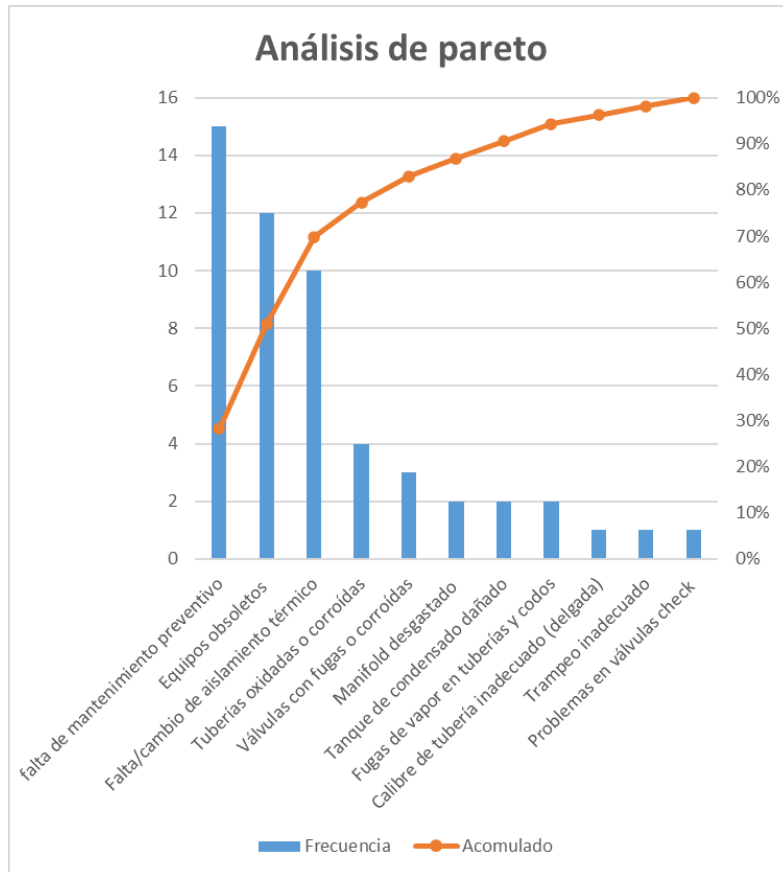


Gráfico 9. Diagrama de Pareto
Fuente: HGA (IESS)
Elaborado por: Santamaria, J (2025).

El análisis realizado permite observar que la baja eficiencia en sistemas operativos, como el del hospital, puede atribuirse a múltiples factores. En este caso específico, los problemas de mayor impacto se relacionan con la carencia de un mantenimiento adecuado, la presencia de tuberías corroídas, y la necesidad de sustituir componentes cuyo rendimiento se ha degradado.

Benchmarking

El análisis comparativo benchmarking se utiliza para evidenciar y contrastar diversos indicadores de desempeño. Este proceso implica una comparación dual: en primer lugar, se cotejan los indicadores de la entidad bajo estudio con los de otra institución hospitalaria que opere un sistema de generación de vapor similar. En paralelo, se realiza una comparación con las recomendaciones y estándares establecidos por normativas pertinentes. Este enfoque permite identificar brechas operativas y determinar el grado de eficiencia del sistema actual frente a modelos de referencia. En la tabla 10 se presenta la comparación de lo que corresponde al benchmarking.

Tabla 10. Benchmarking general

Indicador	Hospital IESS Ambato (Ecuador)	Hospital Carlos Andrade Marín (Quito)	Hospital es salud Chocope (Perú)	Explicación según normas	Operatividad y realidad técnica	Observaciones y brechas de mejora
Número de calderas	3 instaladas (1 operativa)	5 instaladas (2 operativas)	2 operativa	Se recomienda N+1 significa que, si el sistema requiere “N” calderas para suplir la carga máxima, debe instalarse una adicional (+1) como respaldo en hospitales (ASME, 2009).	IESS opera solo 1 caldera por problemas en mantenimiento y repuestos. Quito, Perú mantiene rotación operativa usando 2 caldera.	IESS cuenta con infraestructura suficiente, requiere implementar mantenimiento preventivo rotativo y planificación.
Eficiencia caldera (%)	83.75%	85.4 – 85.7%	80.42%	Normativa peruana NTP 350.300 exige $\geq 82\%$ para calderas categoría A (INDECOPI, 2009). La norma define 80% como mínimo aceptable, $\geq 85\%$ como óptimo (ASME, 2009).	Quito opera en rangos óptimos con mejoras en limpieza y combustión. Essalud subió eficiencia con fuel switch a GLP. IESS se mantiene en rango medio-alto.	IESS puede superar 85% con limpieza, aislamiento, economizador y optimización de quemador.
Consumo de vapor (kg/h)	635 kg/h (lavandería)	1043.20 Kg/h (lavandería)	3043 kg/h (lavandería)	Lo indicado en consumo óptimo de 2–3 kg vapor/kg ropa en lavandería eficiente (Spirax Sarco, 2024).	IESS con 1000 kg/día de ropa \approx 5-6 kg/kg ropa, indica posible exceso.	IESS requiere recuperación de calor y equipos eficientes para reducir consumo específico por kg ropa.
Costo generación vapor (USD/ton)	50 USD/ton	45 USD/ton	30 USD/ton	Se indica que sea < 120 USD/ton como rango eficiente (ASME, 2009).	IESS usa diésel, Es salud migró a GLP reduciendo su costo significativamente.	Evaluar fuel switch o dual fuel en IESS para disminuir costo unitario de vapor generado.

Retorno de condensado (%)	5%	No tiene	37%	Se recomiendan $\geq 80\%$ de retorno para eficiencia óptima (ASME, 2009).	IESS actualmente su retorno de condensado es casi nulo. Quito mantiene tanques de recuperación. Essalud recupera solo vapor flash, poco condensado.	Repotenciación del sistema de recolección de condensado y aprovechar flash para precalentamiento.
Consumo específico combustible	$13.07 \frac{kg_v}{kg_c}$	$15.25 \frac{kg_v}{kg_c}$	$14.92 \frac{kg_v}{kg_c}$	Lo que se indica $\geq 15 \frac{kg_v}{kg_c}$ como referencia con combustible (Spirax Sarco, 2024).	IESS inferior a referencia, indica ineficiencia global por pérdidas de calor o exceso de purgas.	Mejorar aislamiento, trampas, combustión y operación de caldera para alcanzar referencia internacional.
Aislamiento tuberías	Parcial, deteriorado	Parcial	Parcial	Según normas se exigen aislamiento completo para optimización energética (ASME, 2009).	Ninguno de los tres hospitales cuenta con aislamiento 100% funcional.	Inversión prioritaria para todos, especialmente IESS y Quito donde deterioro es visible.
Turnos operativos	8h-20h 12 horas funcionando la misma caldera cada día	7h – 19h Se van alternando las calderas entre semanas	5h – 19h Se van alternando las calderas entre semanas	Se recomienda calderas con capacidad de modulación para ajustar a cargas variables hospitalarias Spirax Sarco (2024).	IESS tiene riesgo de colapso del sistema de generación. Quito, Essalud mantiene operación con rotación de calderas.	Iimplementar control maestro de calderas para modulación eficiente.

Elaborado por: Santamaria, J (2025).

El análisis comparativo ha permitido identificar brechas de mejora significativas, las cuales resultan factibles para el diseño del plan de ahorro energético. En el contexto de este estudio, el consumo de vapor está determinado principalmente por el área de lavandería, cuyos equipos no operan al 100% de su capacidad.

Para proveer una referencia clara y cuantificable de estas oportunidades de optimización, se ha realizado un benchmarking específico. En la tabla 11 presenta esta comparación entre el estado actual de los equipos de consumo y los requerimientos óptimos estipulados para su funcionamiento.

Tabla 11. Comparativa de consumos de vapor en el área de lavandería

Equipo	Marca	Consumo Actual		Consumo especificado por el fabricante	
		Consumo de vapor (kg/h)	Consumo de vapor (BHP)	Consumo de vapor (kg/h)	Consumo de vapor (BHP)
Lavadora 1	TEKNOZEN	120	7.7	120	7.7
Lavadora 2	UNIMAC	60	3.8	60	3.8
Lavadora 3	RENZACCI	39	2.5	65	4.2
Lavadora 4	TEKNOZEN	25	1.6	50	3.2
Lavadora 5	RENZACCI	26	1.7	65	4.2
Secadora 1	CISSELL	-	-	150	9.6
Secadora 2	CISSELL	95	6.1	190	12.1
Secadora 3	TEKNOZEN	90	5.7	180	11.5
Secadora 4	GIRBAU	90	5.7	180	11.5
Secadora 5	GIRBAU	90	5.7	180	11.5
Plancha 1	CHICAGO	-	-	120	7.7
Plancha 2	TEKNOZEN	-	-	180	11.5
CONSUMO TOTAL		635	40.5	1540	98.4

Fuente: HGA (IESS)

Elaborado por: Santamaria, J (2025).

La situación se traduce en una reducción de la capacidad para realizar correctamente los procesos de lavado, secado y planchado. A pesar de que el sistema funciona conforme a

la demanda actual ingresando aproximadamente 1000 kg de ropa por día existe el riesgo de que los equipos sean sobreexpuestos a sus límites operativos debido a su estado actual.

Análisis de Carga

Se procede a calcular el uso efectivo de la capacidad actual

$$\% \text{ de uso} = \left(\frac{CRc}{Cer} \right) * 100$$

Donde:

$CRc = \text{Carga real de consumo} : (635 \text{ kg/h})$

$CId = \text{Capacidad instalada disponible} : (1956.25 \text{ kg/h}).$

Para complementar con la formula se obtiene el cálculo de la capacidad de uso multiplicando la capacidad instalada disponible con la relación de la eficiencia.

$\eta = \text{Eficiencia de la caldera} : 83.75\%$

$Cer = \text{Capacidad efectiva real}$

$Cer = CId * \eta$

$Cer = 1956.25 * 0.8375 = 1638.38 \text{ kg/h}$

Cálculo:

Uso efectivo de capacidad ajustado por eficiencia:

$$\% \text{ de uso} = \left(\frac{635 \frac{\text{kg}}{\text{h}}}{1638.38 \frac{\text{kg}}{\text{h}}} \right) * 100$$

$$\% \text{ de uso} = 38.75$$

Es decir, actualmente solo se está utilizando el **38.75%** de la capacidad real efectiva de la caldera en operación.

Análisis de Carga con consumo del fabricante

Se procede a calcular el porcentaje de uso en termino de operatividad normal a consumo referencial del fabricante para este caso solo cambia el valor de consumo de vapor-

$CRc = \text{Carga real de consumo} : (1540 \text{ kg/h})$

Cálculo:

Uso efectivo de capacidad ajustado por eficiencia:

$$\% \text{ de uso} = \left(\frac{1540 \frac{\text{kg}}{\text{h}}}{1638.38 \frac{\text{kg}}{\text{h}}} \right) * 100$$

$$\% \text{ de uso} = 94$$

Esto indica que, si todos los equipos funcionaran a plena capacidad, el sistema requeriría el 94% de la capacidad efectiva de la caldera, dejando un margen de seguridad muy reducido y sin cumplir con la filosofía de redundancia N+1 recomendada por normativa (ASME, 2009).

Desarrollo de Fase de Mejorar

Diseño plan de ahorro

El vapor de agua constituye uno de los medios de transmisión de calor más empleados en el ámbito industrial, gracias a su facilidad de producción, transporte y manipulación. Esta versatilidad lo posiciona también como un agente relevante en la generación de energía eléctrica. No obstante, a pesar de su conveniente manejo, su utilización frecuentemente incurre en ineficiencias, lo que se traduce en un incremento del consumo de combustible y, consecuentemente, en sobrecostos para los procesos productivos. Ante la constante escalada en el precio de los energéticos, particularmente los combustibles fósiles, la conservación energética adquiere una relevancia estratégica ineludible para las empresas, configurándose como una vía directa para la reducción de sus costos operativos.

En síntesis, el ahorro de energía persigue un doble propósito: optimizar los costos empresariales y mitigar los impactos ambientales adversos. Esto se logra mediante la implementación de un conjunto de recomendaciones que han sido observadas, analizadas y documentadas en el presente plan.

Resumen del Proyecto

El Project Charter que se muestra a continuación sirve para formalizar el proyecto, dándole un resumen de lo que se considera conseguir.

Tabla 12. Project Charter

Project Charter	
Proyecto	Plan de Ahorro Energético en el Sistema de Tuberías de Vapor y Condensado – Hospital General IESS Ambato
Sponsor	Dirección Administrativa Hospital General IESS Ambato
Equipo de trabajo	<ul style="list-style-type: none"> • Área de Mantenimiento/Servicios generales • Área de Adquisiciones • Área de Lavandería • Proveedores de Insumos y Aislamiento
Propósito y Justificación	<ul style="list-style-type: none"> • Reducir pérdidas energéticas por aislamiento deteriorado, fugas y baja recuperación de condensado. • El proyecto busca mejorar los sistemas involucrados, reducir consumo de combustible y prolongar la vida útil de los equipos.
Objetivos Específicos	<ul style="list-style-type: none"> • Implementar un programa de mantenimiento preventivo sistemático para los equipos y sistemas, con el fin de asegurar su óptimo funcionamiento. • Mejorar el rendimiento global a través del reemplazo de equipos obsoletos. • Sustituir el material aislante en tuberías y equipos, reforzando el aislamiento térmico del sistema para minimizar las pérdidas de calor. • Realizar una detección y reparación inmediata de las fugas en el sistema de tuberías.
Alcance	El proyecto se centrará en la optimización del sistema de generación de vapor y condensado, logrando una reducción directa del consumo de combustible. Las intervenciones se limitan estrictamente a este sistema y no afectarán la infraestructura general del hospital ni otros servicios.
Metodología	Aplicación de la metodología DMAIC Aplicación de las 5S
Beneficios Esperados	<ul style="list-style-type: none"> - Reducción de pérdidas entre 5% y 10%. - Eficiencia del sistema de entre 84% a 86%. - Ahorro anual USD 4.000 – 10.000.
Riesgos Principales	<ol style="list-style-type: none"> 1) Retraso en adquisición de materiales 2) Falta de capacitación 3) Interrupción del servicio.
Presupuesto Estimado	Hasta \$ 100000 USD
Duración	5 meses

Elaborado por: Santamaria, J (2025).

Matriz de planificación

Esta herramienta estratégica nos proporciona la lógica de la intervención del proyecto. En esta matriz se tiene en consideración los objetivos, se establecen metas claras, se detallan las actividades a realizar, se identifican indicadores para medir el progreso y se consideran los supuestos que podrían influir en el resultado. Esta estructura asegura que cada acción esté directamente vinculada a un objetivo, creando un plan coherente y medible.

Tabla 13. Planificación del plan de ahorro energético

Objetivo	Metas	Actividades	Indicadores	Supuestos
Mantenimiento	Garantizar funcionamiento eficiente	Implementar plan de mantenimiento preventivo mensual	% de equipos mantenidos / mes	Disponibilidad de recursos y personal técnico
Equipamiento	Reemplazar equipos obsoletos	Adquirir nuevos equipos eficientes (calderas, trampas)	Nº de equipos reemplazados	Disponibilidad en el mercado y presupuesto aprobado
Aislamiento	Minimizar pérdidas térmicas	Reinstalar o mejorar el aislamiento en tuberías y válvulas	% de tuberías aisladas	Existencia de materiales térmicos adecuados
Fugas	Reducir fugas en sistema	Detección y reparación de fugas de vapor	Nº de fugas eliminadas / mes	Acceso seguro a zonas de inspección

Elaborado por: Santamaria, J (2025).

Actividades a realizar

La estructura del proyecto fue conceptualizada a partir de un desglose detallado de las actividades necesarias para alcanzar los objetivos planteados. En la Tabla 14 de actividades surge como una sugerencia para visualizar esta secuencia, donde cada tarea tiene una dependencia clara de las anteriores, lo que garantiza un flujo de trabajo sin interrupciones.

Mediante la aplicación del programa QM Windows se plasmó las actividades a realizarse en el plan y se obtuvo el siguiente resultado:

Tabla 14. Descripción de actividades

Actividad	Descripción	Predecesoras	Duración (semana)
A	Presentación de la propuesta		1
B	Revisión y aprobación del proyecto	A	2
C	Ejecución de plan de trabajo detallado	B	2
D	Adquisición de materiales y repuestos	C	4
E	Contratación del personal técnico externo	C	3
F	Capacitación al personal operativo interno	C	2
G	Mantenimiento preventivo a componentes críticos	D, E	3
H	Reemplazo de equipos obsoletos	D, E	4
I	Reacondicionamiento y aislamiento de tuberías	D, E	3
J	Reparación de fugas identificadas	G	2
K	Verificación de funcionamiento y pruebas	H, I, J	2
L	Recolección de datos post-implementación	K	1
M	Informe final y cierre del proyecto	L	1

Elaborado por: Santamaria, J (2025).

Diagrama de red

El Gráfico 10 presenta el Diagrama de Precedencia, el cual establece la lógica y las interdependencias entre las actividades. La Ruta Crítica, identificada en color rojo, determina la duración total del proyecto en 18 semanas. Dado que el retraso en cualquiera de las tareas críticas afecta directamente la fecha de término, estas actividades deben ser objeto de una observación y control continuos para asegurar el cumplimiento del cronograma.

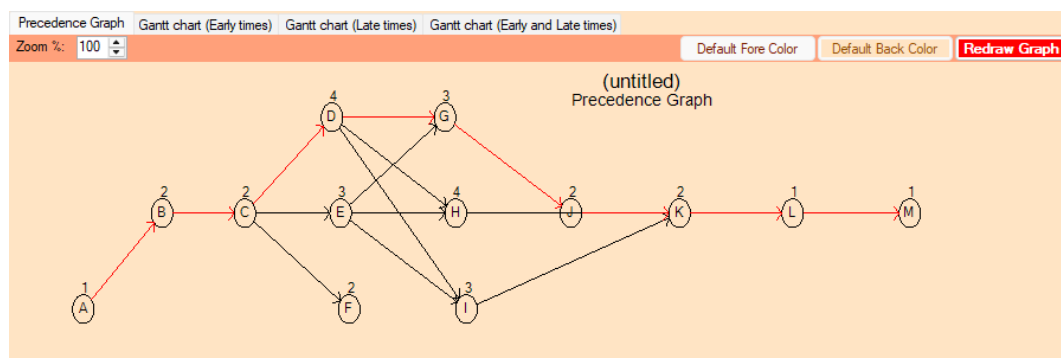


Gráfico 10. Diagrama de red del proyecto

Elaborado por: Santamaria, J (2025).

Cronograma de actividades

El calendario de actividades, tal como se presenta en la Tabla 15, define la manera en que se organizaron todas las actividades relacionadas con la ejecución y finalización del proyecto.

Tabla 15. Cronograma de actividades detallado

CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES PARA PRESENTACIÓN DE PROPUESTA		Versión	TIEMPO																			
		1																				
		Año	2025																			
Actividad	Descripción	Responsable	Mes 1				Mes 2				Mes 3				Mes 4				Mes 5			
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
A	Presentación de la propuesta	Ingeniero Industrial	1																			
B	Revisión y aprobación del proyecto	Autoridades		1	2																	
C	Ejecución del plan de trabajo	Ingeniero Industrial				1	2															
D	Adquisición de materiales y repuestos	Departamento de adquisiciones					1	2	3													
E	Contratación del personal técnico externo	Departamento de adquisiciones					1	2	3													
F	Capacitación al personal operativo interno	Ingeniero Industrial					1	2	3													
G	Mantenimiento preventivo a componentes críticos	Técnico calificado									1	2	3									
H	Reemplazo de equipos obsoletos	Técnico calificado									1	2	3	4								
I	Reacondicionamiento y aislamiento de tuberías	Técnico calificado									1	2	3									
J	Reparación de fugas identificadas	Técnico calificado												1	2							
K	Verificación de funcionamiento y pruebas	Técnico calificado													1	2						
L	Recolección de datos post-implementación	Ingeniero Industrial																	1			
M	Informe final y cierre del proyecto	Ingeniero Industrial																			1	

Elaborado por: Santamaria, J (2025).

Aplicación de las 5s

La metodología de las 5S busca implementar mejoras rápidas y duraderas, involucrando activamente a toda la organización en la identificación y ejecución de sus propias soluciones (Aldavert et al., 2018).

La implementación de este sistema resulta estratégica para los proyectos de eficiencia energética y mantenimiento, ya que produce beneficios directos. Al centrarse en la eliminación de desperdicios y la reducción de pérdidas energéticas, la metodología garantiza una mayor confiabilidad en el funcionamiento de los equipos. Sus principios, que van desde la clasificación y el orden hasta la estandarización y la disciplina, son la base para lograr estas mejor.

Diagnóstico 5's

La evaluación 5S del sistema de producción y distribución de vapor reveló un bajo nivel de madurez operativa. Un puntaje de 41 puntos nivel 2, en una escala de 0 a 4, documentado en el Anexo 11, sugiere que, a pesar de la existencia de procesos básicos, no se ha alcanzado la estandarización ni el sostenimiento. Esta condición representa una importante área de oportunidad para optimizar el funcionamiento y elevar el nivel de madurez del sector.

Seiri (Clasificar)

Para la clasificación de equipos y materiales, se debe designar un área específica destinada a la eliminación de todos los elementos que ya no tienen utilidad.

Se propone la implementación de un sistema de clasificación visual mediante semaforización para proporcionar una visión inmediata del estado de los activos. Esta metodología tiene como objetivo identificar rápidamente la situación de equipos y recursos con base en los siguientes criterios:

- Verde: Óptimo, listo para su uso.
- Amarillo: Requiere revisión o mantenimiento.
- Rojo: Obsoleto, requiere descarte o reemplazo.

En la imagen 13, se puede denotar el formato que se llenaría para el etiquetado.

Detalles Recopilados	
Nombre del elemento:	Área
Fecha de diagnóstico:/...../.....	Cantidad:
Categoría	
Maquinaria <input type="checkbox"/>	Repuesto <input type="checkbox"/>
Herramienta <input type="checkbox"/>	Equipo <input type="checkbox"/>
Insumo <input type="checkbox"/>	Componente <input type="checkbox"/>
Observación/ Motivo	
.....	
.....	
.....	
.....	

Imagen 13. Formato para el etiquetado
Elaborado por: Santamaria, J (2025).

Seiton (Ordenar)

La implementación de una codificación de estilo taxonómico en entornos industriales es un argumento sólido a favor de la productividad y la competitividad. Más que una simple técnica de etiquetado, es una estrategia integral de gestión de la información que transforma el caos de los datos en un sistema estructurado y accesible.

Lo que ofrece esta codificación es la reducción de los tiempos muertos. En un entorno de producción, cada minuto de inactividad de una máquina o equipo se traduce en pérdidas económicas, a lo cual la codificación taxonómica permite:

- El personal de mantenimiento no pierde tiempo buscando manuales, planos o fichas técnicas.
- Al tener acceso inmediato a los datos históricos y las especificaciones del equipo, el personal puede diagnosticar problemas con mayor precisión y rapidez, evitando adivinar.

- La información estructurada facilita la programación del mantenimiento preventivo y predictivo.

Codificación

Se desarrolló una aplicación ligera para la identificación y gestión de activos del sistema de vapor hospitalario. La herramienta implementa una codificación, auto numeración por prefijo, cálculo opcional de dígito de control (Luhn), ficha del equipo (ubicación, responsable, historial, tareas y observaciones) y gestión de adjuntos como PDF e imágenes.

La solución funciona offline, en un único archivo HTML/JS y una variante React, con persistencia en localStorage del navegador y funciones de importación/exportación a JSON/CSV para respaldo y análisis. En el gráfico 11 se puede ver el diagrama de funcionamiento.

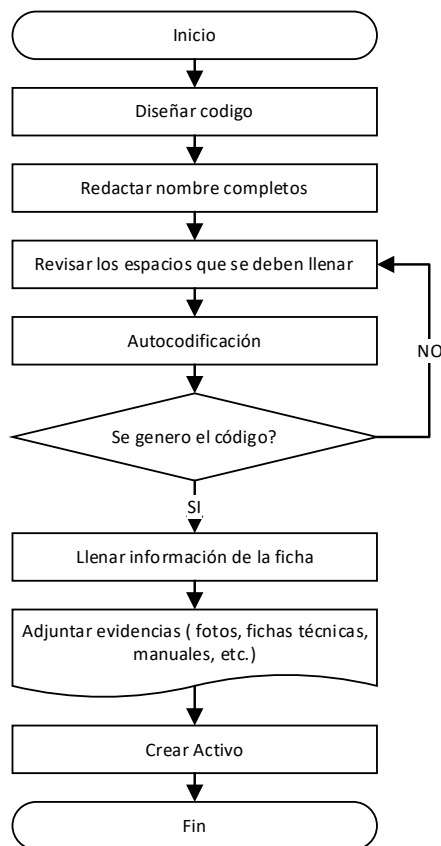


Gráfico 11. Diagrama de funcionamiento de codificación
Elaborado por: Santamaria, J (2025).

Como se muestra en la imagen 14, la parte superior del programa presenta un menú con botones para diseñar el código. Este menú permite, gestionar los activos y su despliegue, así como exportar e importar información. Debajo de esta sección, se incluye una breve descripción que explica cómo usar cada función.

La estructura del programa se basa en la taxonomía de la norma (ISO 14224, 2016), la cual se define como una "clasificación sistemática" (Cláusula 3.49). Su desarrollo formal se aborda en la sección 8.2 de la norma, que también establece la jerarquía del equipo y la necesidad de definir los límites (boundary), recomendando la subdivisión según la complejidad.

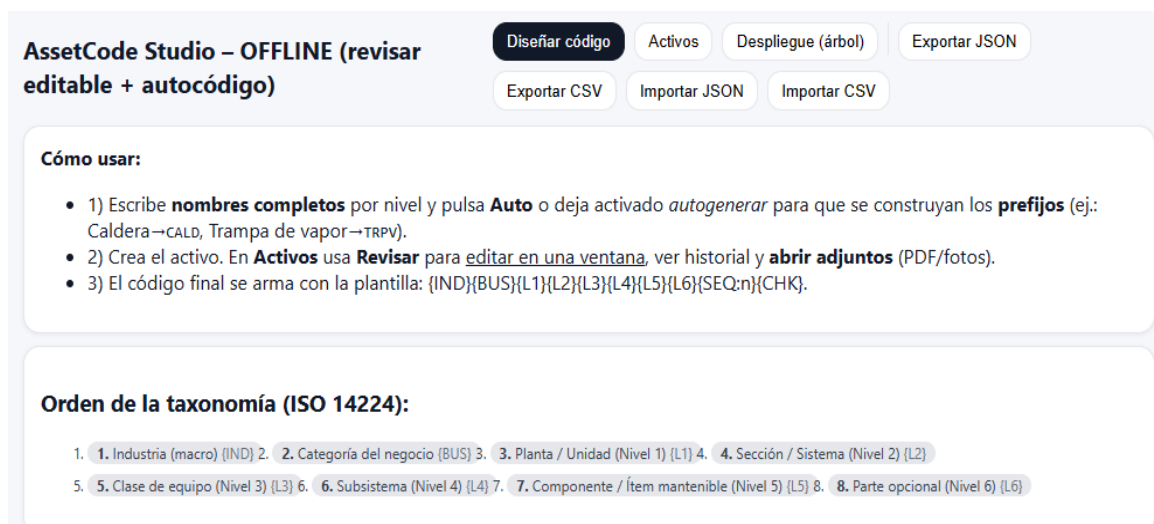


Imagen 14. Programa de codificación
Elaborado por: Santamaria, J (2025).

Como se muestra en la imagen 15, la parte inferior de la ventana del programa contiene los campos necesarios para definir los niveles según la calificación de la taxonomía. En el lado derecho, puedes agregar información adicional y adjuntar archivos relevantes, como fichas técnicas, fichas de mantenimiento, historiales o manuales. Una vez que hayas completado todos los campos requeridos, el sistema te permite crear el código y guardar la información de manera eficiente.

1) Definir valores por nivel (nombre → código)

Industria (macro) (IND)

Nombre completo (ej.: Calde Auto IND)

Código IND (editable)

Categoría del negocio (BUS)

Nombre completo (ej.: Calde Auto BUS)

Código BUS (editable)

Planta / Unidad (Nivel 1) (L1)

Nombre completo (ej.: Calde Auto L1)

Código L1 (editable)

Sección / Sistema (Nivel 2) (L2)

Nombre completo (ej.: Calde Auto L2)

Código L2 (editable)

Clase de equipo (Nivel 3) (L3)

Nombre completo (ej.: Calde Auto L3)

2) Ficha del equipo (historial y adjuntos)

Fecha: aaaa/mm/dd

Tarea: Qué se hizo

Responsable:

Observaciones:

Agregar intervención

Fecha	Tarea	Resp.	Obs.
Adjuntos (PDF/Imágenes)			
Arrastra aquí o usa el botón			
Seleccionar archivos...			

Imagen 15. Programa de codificación parte inferior
Elaborado por: Santamaria, J (2025).

Con la ventana que se ve en la imagen 16, la gestión de activos es mucho más sencilla. En un solo lugar puedes actualizar la información de un equipo y añadir todo su historial de mantenimiento, incluyendo quién hizo la reparación y cuándo. De igual manera se puede subir archivos importantes, como manuales o fotos, para crear un respaldo digital completo. Así, cuando se necesites revisar algo o pasar una auditoría, toda la información estará al alcance.

Imagen 16. Programa de codificación parte revisión editable
Elaborado por: Santamaria, J (2025).

El árbol jerárquico L1→L6 presenta la estructura completa del sistema, detallando la ubicación de cada equipo dentro de la jerarquía (planta/unidad, sistema, clase, subsistema, etc.). Esta visualización facilita la rápida localización de los activos y optimiza el análisis a diferentes niveles, contribuyendo a una gestión más eficiente del mantenimiento. Como se puede apreciar en la imagen 17.

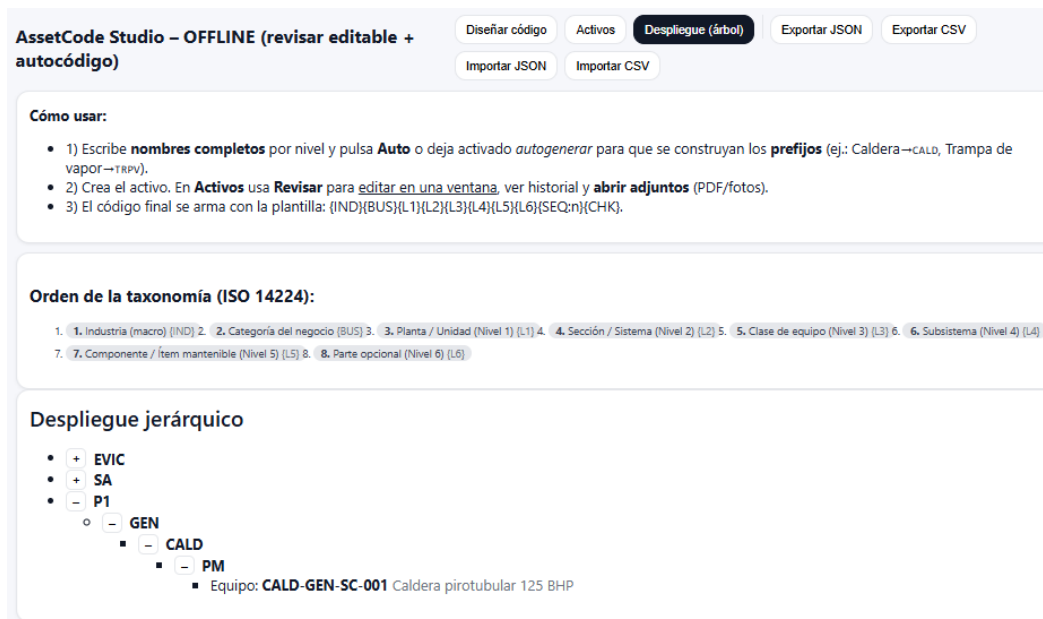


Imagen 17. Programa de codificación parte árbol jerárquico
Elaborado por: Santamaria, J (2025).

Seiso (Limpiar)

La estrategia operativa de bajo coste y alta efectividad, orientada a la optimización de la gestión del mantenimiento y la seguridad laboral. Se argumenta que una asignación sistemática de 10 minutos al inicio de cada jornada laboral, dedicada a tareas específicas de limpieza y revisión visual, a lo cual puede generar beneficios sustanciales y medibles en la operación de activos industriales.

La implementación de esta rutina generará los siguientes resultados tangibles:

- Seguridad Mejorada: Detección temprana de condiciones inseguras, reduciendo el riesgo de accidentes laborales.

- Reducción de Costos Operacionales: Disminución de gastos por reparaciones mayores y paradas no programadas.
- Aumento de la Eficiencia: Un área de trabajo limpia y ordenada mejora el flujo de operaciones y el acceso a equipos y herramientas.
- Cultura Proactiva de Mantenimiento: Se empodera al personal para que sea un agente activo en el cuidado de los equipos, promoviendo una mentalidad de prevención en lugar de reacción.
- Prolongación de la Vida Útil de los Activos: El mantenimiento y la inspección regulares ayudan a preservar la maquinaria y las herramientas por más tiempo.

Con el fin de fomentar un sentido de equidad y una participación integral de todo el personal, se establecerá un sistema de rotación semanal para la ejecución de las tareas. La adherencia a este sistema será supervisada y registrada en el formato presentado en la imagen 18.

Planificación de Limpieza					
	Semana 1				
	lunes	martes	miércoles	jueves	viernes
Área					
Descripción del Hallazgo					
Acción Inmediata (si aplica)					
Prioridad					
Reportado a					

Imagen 18. Formato de control de limpieza e inspección visual
Elaborado por: Santamaria, J (2025).

Seiketsu (Estandarizar)

La implementación de las acciones previas establece una estandarización en la recopilación y el almacenamiento de datos dentro del programa de codificación. Este proceso se complementa con el formato de mantenimiento y ficha técnica que se presenta a continuación en las imágenes 19, 20.

<i>FICHA DE MANTENIMIENTO DE EQUIPOS</i>		CÓDIGO	
		VERSIÓN	
		FECHA DE	
		PÁGINA	
NÚMERO DE REPORTE		FECHA	
		AAAA	MM DD
INFORMACIÓN DEL EQUIPO			
Equipo:		foto	
Marca:			
Área:			
Función principal:			
TIPO DE MANTENIMIENTO			
Mantenimiento Preventivo		Mantenimiento Correctivo	
Mantenimiento Predictivo		Mantenimiento Modificativo	
RECURSOS MÍNIMOS DE MANTENIMIENTO			
SISTEMAS SECUNDARIOS DEL EQUIPO			
1			
2			
3			
4			
OBSERVACIONES O RECOMENDACIONES			

Imagen 19. Formato de ficha de mantenimiento
Elaborado por: Santamaria, J (2025).

FICHA TÉCNICA			
Maquina o equipo:		Sección:	
Codigo:		Marca:	
Ubicación:		Modelo:	
Fecha de adquisición:		N°	
CARACTERISTICAS GENERALES			
Foto	Especificaciones técnicas:	Voltaje:	
		Tamaño del objeto (máx.):	
		Velocidad de impresión:	
		Base calefactante:	
Funciones:			
Manual de operación:			

Imagen 20. Formato de ficha técnica
Elaborado por: Santamaria, J (2025).

Shitsuke (Disciplina)

Para asegurar que las tareas de mantenimiento se realicen a tiempo, se implementará un KPI mensual que medirá la ejecución de las tareas programadas. Socializar los resultados nos permitirá celebrar los logros y encontrar áreas de oportunidad. Al mismo tiempo, se busca fortalecer una cultura de orden y mantenimiento preventivo que fomente el compromiso del personal con la fiabilidad de los equipos.

El reemplazo de equipos

Como componente integral del programa de mantenimiento preventivo propuesto para el sistema de generación y distribución de vapor, se establece la sustitución progresiva de aquellos equipos que han excedido su vida útil o que presentan un desempeño significativamente degradado. Esta medida estratégica abarca elementos críticos como tuberías, bombas, trampas de vapor, válvulas tanto manuales como de control y componentes del sistema de combustión.

La implementación de este reemplazo planificado de componentes obsoletos garantiza un funcionamiento prolongado y estable del sistema. Esta acción, al eliminar elementos que obstaculizan la transmisión del fluido, consecuentemente, una reducción considerable del consumo de combustible.

En la tabla 16 resume el impacto de los componentes más frecuentes deteriorados del sistema de vapor.

Tabla 16. Cuadro de componentes deteriorados

Componente Deteriorado	Impacto Principal en la Eficiencia	Consecuencias
Tuberías oxidadas/corroídas	Caída de presión, restricción de flujo	Contaminación del condensado, incrustaciones en caldera, golpe de ariete, reducción de vida útil
Trampas de vapor defectuosas	Desperdicio de vapor vivo, reducción de transferencia de calor	Acumulación de condensado, golpe de ariete, corrosión, mayor consumo de combustible
Válvulas deterioradas	Fugas de vapor, pérdida de control de presión	Erosión de componentes, daños al equipo, riesgos de seguridad (quemaduras, explosiones)
Bombas ineficientes/dañadas	Retorno ineficiente de condensado, mayor uso de agua de reposición	Mayor carga de caldera, cavitación, golpe de ariete, daños por abrasión, paradas de producción

Elaborado por: Santamaria, J (2025).

La inversión en la sustitución y modernización de componentes antiguos y deteriorados en un sistema de vapor industrial genera una serie de beneficios multifacéticos que van más allá del simple ahorro de energía. Estas mejoras sinérgicas se traducen en una operación rentable, más segura y ambientalmente responsable. Para la mitigación de los riesgos identificados, se desarrolló una matriz de seguridad utilizando la GTC-45, la cual se presenta detalladamente en el Anexo 15.

Fugas de vapor

El impacto de las fugas de vapor en la eficiencia operativa representa un costo oculto significativo. A modo de ejemplo, una sola fuga de 3 mm en una línea de vapor a 7 bar (170 °C) tiene el potencial de incrementar el consumo de combustible en más del 10 %. Estas mermas acumuladas conllevan a una mayor combustión de combustibles fósiles, resultando en un aumento de las emisiones de dióxido de carbono (CO₂), sino que también generan una sobrecarga en la caldera, lo que a su vez reduce su vida útil operativa.

No obstante, la implementación de programas de detección temprana mediante tecnologías como ultrasonido y termografía en conjunto con un mantenimiento preventivo, tiene la capacidad de mitigar estas pérdidas de vapor en un rango del 20% al 30% (Cadeengineering, s/f).

Aislamiento térmico en tuberías

El aislamiento térmico al ser el encargado de transportar este fluido, asegura que el vapor mantenga la temperatura requerida durante su trayecto. Esta práctica es indispensable para garantizar que el vapor que circula por las líneas de vapor y condensado conserve las condiciones adecuadas, lo cual previene afectaciones al sistema y permite la conducción de un vapor de calidad, contribuyendo a la estabilidad operativa.

Se ha demostrado que un aislamiento térmico eficaz puede mitigar las pérdidas de energía en un rango del 70% al 90% (DOE, s/f). Además de mejorar el rendimiento térmico del sistema, este aislamiento protege la operación al mitigar el golpe de ariete y asegurar que los equipos mantengan la presión requerida. Esto también minimiza el riesgo de seguridad para el personal, al evitar el contacto con superficies calientes.

En la Tabla 17 muestra una comparación de las características de los aislantes actuales frente a información técnica general.

Tabla 17. Tipos de aislantes

Tipo	Información general	Temperatura máxima de uso [°C]	Durabilidad estimada (años)	Costo estimado
Silicato de calcio	Es un material aislante rígido elaborado a partir de silicato de calcio hidratado mezclado con fibras orgánicas e inorgánicas. Se fabrica en piezas preformadas que presentan alta resistencia mecánica y soportan impactos y vibraciones sin deformarse. Considerar que, no es inflamable y requiere de recubrimientos exteriores para protegerlo de la humedad.	Hasta 815°C	20–30	10–20 USD/m
Fibra de vidrio	Aislante térmico producido fundiendo vidrio y convirtiéndolo en fibras, disponible en presentaciones flexibles o semi rígidas según sus aglutinantes. Los que contienen aglutinantes orgánicos son más flexibles, mientras que los de aglutinantes minerales toleran mejor las altas temperaturas.	Clase I hasta 232°C Clase II hasta 454°C	10–20	7–15 USD/m
Vidrio espumado	Fabricado a partir de vidrio reciclado que se calienta y expande para formar una estructura celular cerrada, lo que lo hace completamente impermeable a líquidos y vapores. Es resistente al ataque químico, a la compresión y no es combustible.	Hasta 482°C	25–30	30–50 USD/m
Lana de roca	Formado al fundir rocas como el basalto y transformarlas en fibras entrelazadas. Es resistente al fuego, provee aislamiento acústico y se presenta en mantas, placas y medias cañas. Aunque es económico y de fácil instalación, requiere recubrimientos impermeables para evitar la absorción de agua.	Clase I hasta 232°C Clase II hasta 454°C Clase III hasta 650°C	20–25	7–16 USD/m

Fuente: (Prado & Arze, 2011)

Elaborado por: Santamaria, J (2025).

Al analizar estos tipos de aislantes, cada uno presenta características destacables, pero se prioriza aquel que resulte más adecuado para el lugar de aplicación. En este caso, la opción más recomendable es la lana mineral, ya que ofrece un costo relativamente bajo en relación con sus beneficios, sin contar con buena durabilidad y un destacado desempeño térmico.

Según, (Spirax Sarco, 2024) al optimizar el aislamiento en toda la red de vapor, incluyendo tuberías, válvulas, recipientes y demás accesorios, se logra un mejor aprovechamiento energético de aproximadamente 0.5 a 5 %. De igual forma, el (DOE, s/f) informa que, al implementar aislamiento térmico adecuado, los sistemas pueden ahorrar hasta un 3 % del consumo de combustible total.

Tabla de resumen

La Tabla 18 presenta un resumen de las medidas propuestas para el ahorro y la eficiencia energética que se prevén implementar. Estas directrices se fundamentan en la investigación realizada y se alinean con las recomendaciones establecidas en la guía de (Prado & Arze, 2011). Para una descripción detallada de cada una de las medidas propuestas, se remite al Anexo 9.

Tabla 18 .Resumen de medidas propuestas

Medida Propuesta	Impacto en Eficiencia (%)	Ahorro de consumo de combustible
Mantenimiento preventivo estructurado		1.27%
Reemplazo de equipos obsoletos		0.24%
Detección y corrección de fugas de vapor	2%	0.65%
Aislamiento térmico con lana mineral		1.59%

Fuente: (Prado & Arze, 2011)

Elaborado por: Santamaria, J (2025).

La implementación de medidas de ahorro energético puede, hipotéticamente, incrementar la eficiencia del sistema de generación de vapor en un 2%, alcanzando así un 85.75%. Esto se traduciría en una reducción del 3.75% en el consumo de combustible.

Impacto económico

Mediante un proceso de estudio del plan de ahorro energético, donde se analizaron sus fortalezas y áreas de mejora dentro de la estructura de la entidad, se han obtenido

hallazgos significativos. Estos revelan que su impacto económico se manifestará en una mayor eficiencia del sistema, lo que se traducirá directamente en una reducción del consumo de energía y de recursos, como el diésel 2 empleado para la generación de vapor. A continuación, se detalla el beneficio económico derivado de estas mejoras en la tabla 19.

Costo anual por pérdidas

Tabla 19. Pérdidas económicas anuales

Tipo de pérdida		USD/año
Suspensión de equipos	\$	65,700.00
Retorno de condensado	\$	6,934.20
Tubería, equipos sin aislamiento y o deteriorado	\$	8,703.92
Total	\$	81,338.12

Fuente: HGA (IESS)

Elaborado por: Santamaria, J (2025).

Costo de inversión

El costo total del proyecto se ha determinado a partir de la consulta de proformas de mantenimiento y mano de obra proporcionadas por empresas externas. De igual manera, los precios de los repuestos y accesorios han sido cotizados a proveedores externos, los cuales se detallan en el Anexo 10.

En la Tabla 20 presenta la estructura de precios y el total de la inversión necesaria para la correcta implementación del proyecto.

Tabla 20. Costos de inversión

Ítem	Precio
Mantenimiento/Mano de obra	\$ 12,600.00
Repuestos	\$ 65,106.00
Accesorios	\$ 16,286.55
TOTAL	\$ 93,992.55

Elaborado por: Santamaria, J (2025).

Para evaluar la rentabilidad del proyecto de ahorro energético, se aplicaron los principales indicadores de evaluación financiera utilizados en análisis de proyectos de inversión

pública: Valor Actual Neto (VAN), Tasa Interna de Retorno (TIR), Índice Beneficio-Costo (B/C) y Período de Recuperación (Payback).

Consideración del ingreso neto:

En este tipo de proyectos, los ingresos netos no provienen de ventas directas, sino del ahorro generado al eliminar pérdidas energéticas existentes. Por lo tanto, se considera como ingreso neto el valor equivalente a las pérdidas anuales evitadas, que para este caso ascienden a 81,338.12 USD/año.

Se utilizó una tasa de descuento del 9.33% anual, correspondiente a la Tasa Activa Efectiva Máxima para proyectos de inversión pública en Ecuador, según la resolución JPRF-F-2023-070 de la Junta de Política y Regulación Financiera. Esta tasa fue confirmada como vigente en abril de 2025 por el Banco Central del Ecuador, en su boletín de tasas activas referenciales para el segmento público (BCE, 2024).

Tabla 21. Cálculo del van

Año	Ingreso Neto	Egresos totales	Flujo Neto de Caja
0	81338.12	93992.55	-12654.43
1	81338.12	0	81338.12
2	81338.12	0	81338.12
3	81338.12	0	81338.12
4	81338.12	0	81338.12
5	81338.12	0	81338.12
		VAN	\$301,275.07

Elaborado por: Santamaria, J (2025).

Resumen del impacto económico

Tabla 22. Resumen de impacto económico

Indicador	Resultado
Ahorro anual estimado	\$81,338.12
Inversión total	\$93,992.55
Payback simple	1.16 años
VAN (5 años, 9.33%)	\$301,275.07
Índice Beneficio-Costo (B/C)	3.20
TIR	64.3%

Elaborado por: Santamaria, J (2025).

El proyecto es altamente viable desde el punto de vista económico. El VAN es positivo, la TIR supera ampliamente la tasa de referencia, el índice B/C es superior a 1, y la inversión se recupera en poco más de un año. Se evidencia que llevar a cabo el plan de ahorro energético es recomendable tanto en términos técnicos y operativos como en términos económicos para la entidad pública.

Ahorro de combustible

El análisis económico proyecta un ahorro de combustible del 3.75%, gracias a las mejoras propuestas. Este cálculo se basa en un consumo promedio de 129 galones de diésel por día y el precio vigente del combustible, lo que permite cuantificar el beneficio económico para el hospital.

Consumo anual:

$$129 \frac{\text{gal}}{\text{dia}} \times 365 \text{ dias} = 47,085 \frac{\text{gal}}{\text{año}}$$

Reducción esperada (3.75%):

$$47,085 \frac{\text{gal}}{\text{año}} \times 0.0375 = 1,765.69 \frac{\text{gal}}{\text{año}}$$

Ahorro económico anual:

$$1,765.69 \text{ gal} \times 2.435 \frac{\text{USD}}{\text{gal}} = 4,297.66 \text{ USD}$$

Tabla 23. Resumen de ahorro de combustible

Ahorro en volumen	1,765.69 gal/año
Ahorro económico anual	\$4,297.66 USD

Elaborado por: Santamaria, J (2025).

Curva s del Proyecto

Con el propósito de complementar el análisis económico del proyecto y visualizar de manera clara la relación entre las actividades programadas y la inversión requerida, se elaboró la Curva S. Esta herramienta permite representar gráficamente la evolución acumulada del gasto en función del tiempo en semanas de ejecución y, de manera

opcional, superponer el beneficio esperado por los ahorros generados tras la implementación.

Para la construcción de la curva S se tomó en cuenta el cronograma de actividades inicialmente propuesto en la Tabla 14, que estimaba un total de 30 semanas para la ejecución del proyecto. Sin embargo, al aplicar la metodología del diagrama de red (o PERT/CPM), se optimizó la ruta crítica, generando una reducción significativa del tiempo de ejecución. Este análisis de ruta crítica permitió establecer un cronograma más eficiente, concluyendo que el proyecto puede ser completado en un período estimado de 18 semanas.

Dado que no se dispone de un desglose de costos por actividad específica, la inversión total del proyecto (USD 93,992.55, ver Tabla 20) se distribuyó proporcionalmente en función de la duración de cada actividad. Este criterio metodológico permite asignar un costo estimado por semana, acumulando los valores a lo largo de las fases del proyecto.

El resultado de esta distribución muestra que, al finalizar la semana 9, ya se había comprometido aproximadamente el 50% de la inversión total, mientras que al cierre de la semana 18 se alcanza el 100% del desembolso previsto. Este comportamiento se traduce en una curva acumulada con forma de “S”, característica de este tipo de análisis.

En el gráfico 12 presenta la Curva S del proyecto, en la que se observa tanto la inversión acumulada como el inicio de la recuperación a través de los beneficios generados. Este gráfico constituye una herramienta de apoyo para la gestión y control del proyecto, pues facilita la identificación de los hitos de gasto, el ritmo de ejecución y el horizonte temporal en el que se logra el retorno de la inversión.

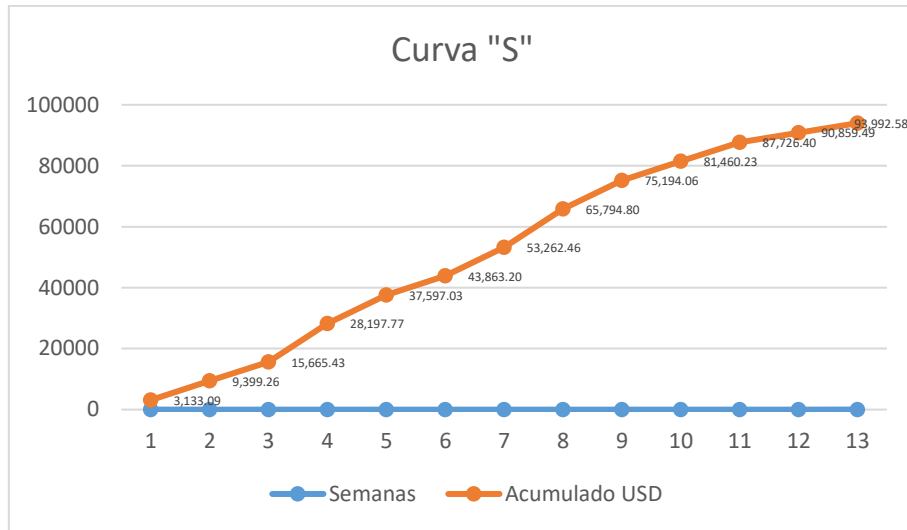


Gráfico 12. Curva "s" del proyecto
Elaborado por: Santamaria, J (2025).

Análisis de Impacto Ambiental

La ejecución del presente proyecto contribuye a la sostenibilidad ambiental. Al optimizar el sistema de generación y distribución de vapor, se estima una reducción del consumo de combustible diésel de aproximadamente 1,765.69 galones por año (Tabla 23).

Tomando como referencia un factor de emisión de 10.21 kg CO₂ por galón de diésel (IPCC, 2006), la disminución en el consumo representa una reducción anual de alrededor de 18 toneladas de CO₂ que dejan de emitirse a la atmósfera. Este valor es equivalente a las emisiones anuales de aproximadamente 4 automóviles particulares en operación (EPA, 2023).

El impacto ambiental positivo se refleja en:

- Disminución de la huella de carbono del hospital, al reducir las emisiones asociadas a la combustión de diésel.
- Mejora en la eficiencia energética del sistema, lo cual contribuye al cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS 7: Energía asequible y no contaminante, y ODS 13: Acción por el clima).
- Reducción del riesgo ambiental y de salud asociado a la manipulación y combustión de combustibles fósiles.

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- La metodología DMAIC estructuró el análisis del sistema de vapor y condensado. Durante la fase Definir, se identificó el bajo rendimiento energético en el área de lavandería como problema principal. Posteriormente, la fase Medir, mediante la recopilación de datos entrevistas, visitas de campo y registros de consumo, permitió cuantificar consumos y una eficiencia térmica inferior al 84%.
- Se verificó que el sistema opera con solo una caldera funcional, mientras las otras dos están fuera de servicio. El aislamiento térmico de las tuberías es deficiente, lo que provoca pérdidas energéticas constantes. Asimismo, algunos equipos presentan signos de desgaste, corrosión y fugas. Todo esto afecta negativamente al sistema asiendo que se fuerce a los componentes de generación de vapor y condensado.
- La contrastación del desempeño del hospital frente a una entidad comparable y a las directrices de fabricantes y normativas vigentes, permitió detectar oportunidades de mejora considerables. Dichas brechas sirvieron como base para la formulación del plan de ahorro energética.
- La propuesta de ahorro, basada en el reemplazo y aislamiento de equipos críticos, es técnica y económicamente viable. Con una inversión de USD 93,992.55, el proyecto tiene un Retorno de la Inversión de 1.16 años. La implementación logrará una mejora de la eficiencia del sistema de hasta el 85.75% y una reducción del consumo de combustible de 3.75%, generando un ahorro anual de USD 4,297.66. Además, se reducirán las emisiones de CO2 en aproximadamente 18 toneladas al año.

Recomendaciones

- Dado que una de las principales fuentes de pérdida de calor en el sistema proviene de tuberías con aislamiento deficiente, se recomienda realizar inspecciones periódicas para verificar su estado y garantizar su correcto funcionamiento.
- Se recomienda ejecutar talleres semestrales y programas de capacitación continua enfocados en fortalecer la gestión operativa bajo un enfoque de mejora continua.
- Promover la colaboración interinstitucional entre universidades, el IESS y entidades energéticas nacionales para desarrollar proyectos de investigación aplicada que fortalezcan la gestión energética en hospitales públicos del Ecuador.
- Realizar mediciones experimentales a largo plazo, comparando los indicadores energéticos antes y después de la implementación de las mejoras, con el fin de validar empíricamente el impacto real del plan propuesto.

Bibliografía

- Aldavert, J., Vidal, E., Lorente, J., & Aldavert, X. (2018). *Guía práctica 5S para la mejora continua: La base del Lean*. <https://books.google.com/books?hl=es&lr=&id=ZEzcDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA13&dq=5s&ots=eS-XxmK6BT&sig=Y8wN8KZMiSC56IzmWWlmY3YLad8>
- Alebat, A. (2024). *Eficiencia Energética en Hospitales: Estrategias y Beneficios - Alebat Alumni*. <https://alumni.alebateducation.com/2024/02/06/eficiencia-energetica-hospitales-estrategias-beneficios/>
- Alex, R., William, Q., Isaac, S., & Patricio, Q. (2024). Vista de Estudio de la Generación y Distribución de Vapor en un Hospital para la Mejora de Eficiencia Energética mediante Termografía, Ultrasonido y Analizador de Gases. *Revista Energía*. <https://revistaenergia.cenace.gob.ec/index.php/cenace/article/view/601/909>
- ASME. (2009). ASME EA-3-2009: Energy Assessment for Steam Systems. ASME.
- BCE. (2024). 3. *TASAS DE INTERÉS PASIVAS EFECTIVAS REFERENCIALES POR PLAZO Tasas Referenciales % anual Tasas Referenciales % anual*. https://jprf.gob.ec/wp-content/uploads/2024/08/Tasas_Septiembre_2024.pdf
- Cadeengineering. (s/f). *Cómo el ahorro energético en las refinerías depende de la gestión del vapor | CADE Engineered Technologies*. Recuperado el 16 de julio de 2025, de https://cadeengineering.com/how-energy-savings-refineries-depend-steam-management/?utm_source=chatgpt.com
- Çengel, Y., & Boles, M. (2015). *Termodinámica: un enfoque práctico* (8va ed.). McGraw-Hill. <https://pavisva.wordpress.com/wp-content/uploads/2016/01/transfencia-de-calor-y-masa-yunus-cengel.pdf>
- DOE. (s/f). *Mejores prácticas en la gestión de sistemas de vapor - Revista Insulation Outlook*. Recuperado el 15 de julio de 2025, de https://insulation.org/io/articles/best-practices-in-steam-system-management/?utm_source=chatgpt.com
- EPA. (2023). *Calculadora de equivalencias de gases de efecto invernadero: cálculos y referencias | EPA de EE. UU.* Greenhouse Gas Equivalencies Calculator. United States Environmental Protection Agency. <https://www.epa.gov/energy/greenhouse-gas-equivalencies-calculator-calculations-and-references>
- Hivimar, M. (2022). *CALDERAS DE VAPOR: ENFOQUE TOTAL EN LA EFICIENCIA*. <https://hivimar.com.pe/categoria/blog/279-calderas-de-vapor-enfoque-total-en-la-eficiencia>
- IESS. (2021). *Hospital General Ambato del IESS reporta cero pacientes COVID-19 - IESS - IESS - mobile*. https://www.iess.gob.ec/es/web/mobile/home/-/asset_publisher/0hbG/content/hospital-general-ambato-del-iess-reporta-cero-pacientes-covid-

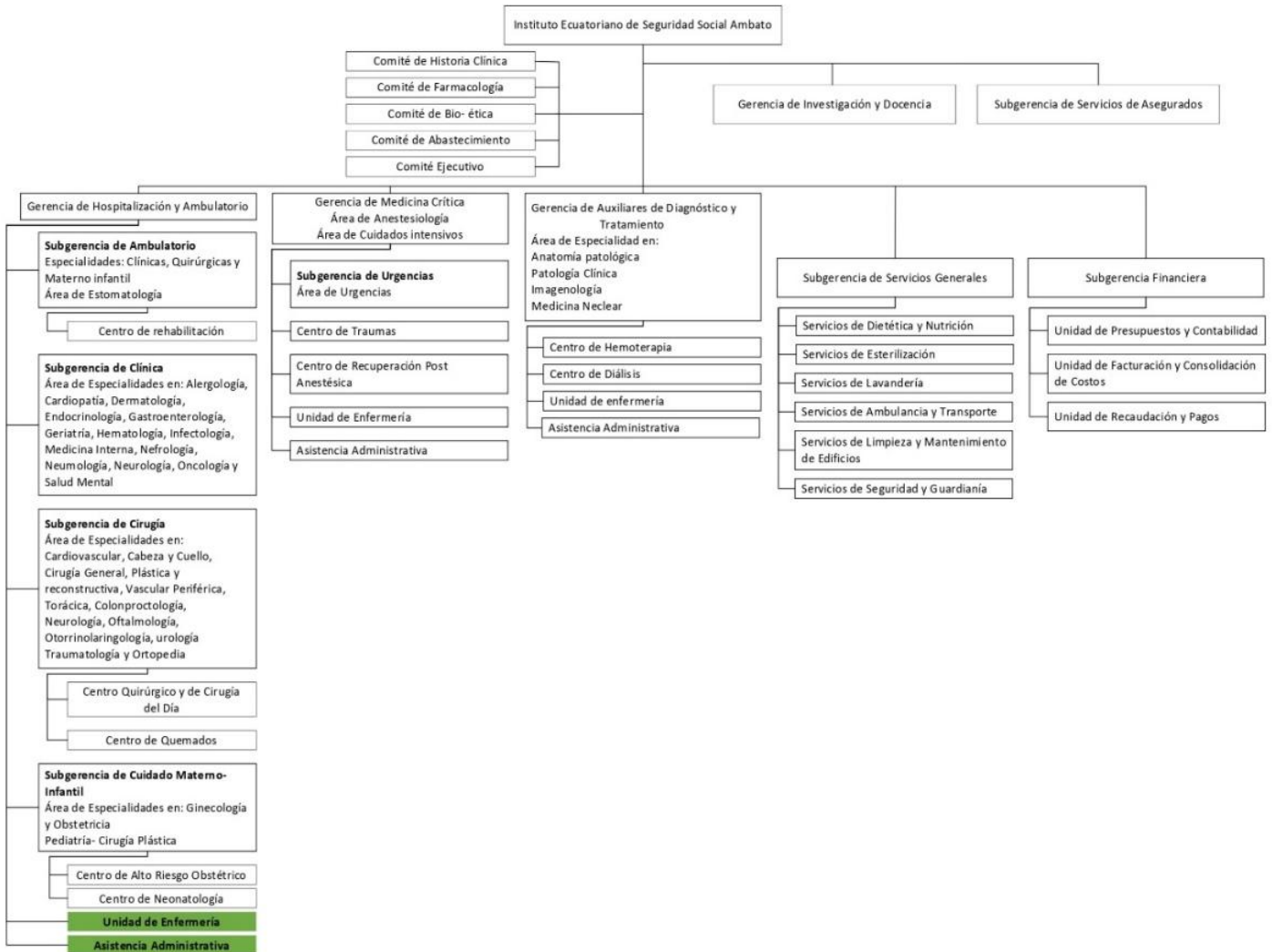
19/10174?redirect=https%3A%2F%2Fwww.iess.gob.ec%2Fes%2Fweb%2Fmobile%2Fhome%3Fp_p_id%3D101_INSTANCE_0hbG%26p_p_lifecycle%3D0%26p_p_state%3Dnormal%26p_p_mode%3Dview%26p_p_col_id%3Dcolumn-1%26p_p_col_count%3D1

- INDECOPI. (2009). NORMA TÉCNICA NTP 350.301 PERUANA . En *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
- IPCC. (2006). *Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*. Volume 2: Energy. Intergovernmental Panel on Climate Change. <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/>
- ISO 14224. (2016). *Petroleum, petrochemical and natural gas industries—Collection and exchange of reliability and maintenance data for equipment*. www.iso.org
- IYCSA. (2024). *Eficiencia energética en hospitales: reduciendo el impacto ambiental - IYCSA*. <https://iycsa.es/eficiencia-energetica-en-hospitales/>
- Joseph Lazarus. (2021). *APPLICATION OF DMAIC TO IMPROVE ENERGY CONSUMPTION IN A COMMERCIAL BUILDING*.
- Landázuri, G., & Pozo, D. (2017). Rediseño del sistema de distribución de vapor del área de lavandería del Hospital Carlos Andrade Marín. *Revista Cambios HCAM*, 16(1), 43–46.
- Moran, M., Shapiro, H., Daisie, B., & Bailey, M. (2020). *Principles of engineering thermodynamics* (9a ed.). Wiley. [http://ftp.demec.ufpr.br/disciplinas/TM104/Termodinamica/Moran-Thermo-Book/Michael%20J.%20Moran,%20Howard%20N.%20Shapiro,%20Daisie%20D.%20Boettner,%20Margaret%20B.%20Bailey%20-%20Fundamentals%20of%20Engineering%20Thermodynamics%20\(2014,%20Wiley\).pdf](http://ftp.demec.ufpr.br/disciplinas/TM104/Termodinamica/Moran-Thermo-Book/Michael%20J.%20Moran,%20Howard%20N.%20Shapiro,%20Daisie%20D.%20Boettner,%20Margaret%20B.%20Bailey%20-%20Fundamentals%20of%20Engineering%20Thermodynamics%20(2014,%20Wiley).pdf)
- Nocera, F., Salimi, M., Amidpour, M., Moradi, M. A., Hajivand, M., Siahkamari, E., & Shams, M. (2023). Technical-Economic Analysis of Energy Efficiency Solutions for the Industrial Steam System of a Natural Gas Processing Plant. *Sustainability* 2023, Vol. 15, Page 14995, 15(20), 14995. <https://doi.org/10.3390/SU152014995>
- Prado, S., & Arze, C. (2011). *GUÍA DE BUENAS PRÁCTICAS EN EFICIENCIA ENERGÉTICA PARA SISTEMAS DE VAPOR PROGRAMA DE USAID DE EXCELENCIA AMBIENTAL Y LABORAL PARA CAFTA-DR*.
- química, D. Q.-I., & 2023, undefined. (s/f). Modernización de la red de vapor y condensados de una lavandería industrial para hospitales. *industriaquimica.es*. Recuperado el 28 de agosto de 2025, de https://www.industriaquimica.es/descargar_documento/tecniq1.pdf

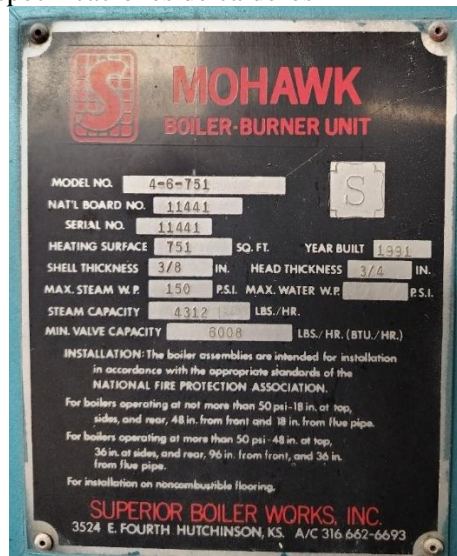
- Salazar Aguilar, J. D. (2022). *Determinación de la eficiencia energética del sistema térmico de la casa de máquinas del Hospital General Ambato (IESS) usando la metodología propuesta por ISO 50001*. Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, Carrera de Ingeniería Mecánica. <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/35768>
- Sánchez Ojeda, E. S. (2023). *Auditoría de gestión al proceso de compras de medicamentos en la fase precontractual en el área de adquisiciones del Hospital General Ambato - IESS*. <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/37854>
- Servienergy. (2024). ▷ *Guia de ahorro y eficiencia energetica en hospitales [2025]*. <https://servienergy.es/energetica/guia-de-ahorro-y-eficiencia-energetica-en-hospitales/>
- Spirax Sarco. (2012). *GUIA DE REFERENCIA TECNICA*.
- Spirax Sarco. (2024). *Uso del vapor en la industria hospitalaria | España | Spirax Sarco*. <https://www.spiraxsarco.com/global/es-ES/industries/hospitals>
- Tintayo, P. S. (2016). *Mejoramiento del sistema de condensado para reducir pérdidas de vapor en el área de lavandería del Hospital Nacional Essalud Huancayo*. <https://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/1576>
- Vapor para la Industria. (2024). *Recuperación de Energía en Sistemas de Vapor: Aumenta la Eficiencia*. <https://vaporparalaindustria.com/recuperacion-de-energia-en-sistemas-de-vapor-y-condensado/>

ANEXOS

Anexo 1. Organigrama del IESS



Anexo 2. Placa informativa con especificaciones de calderos



Anexo 3. Matriz de consumo 2024-2025

MATRIZ DE CONSUMO DIESEL INDUSTRIAL 2 - HOSPITAL GENERAL AMBATO - AÑO 2024/2025										
capacidad de almacenamiento (galones)	fecha de recarga	cantidad almacenada antes de la descarga	cantidad solicitada a ep petroecuador	cantidad almacenada después de la descarga	días transcurridos entre recargas	consumo (galones)	promedio consumo diario	precio de diesel 2	costo de consumo	COSTO DE CONSUMO POR AÑO
10000	15/03/2024	500	6000	6500	44	6000	136.36	2.44	\$14,613.56	\$ 71,618.61
10000	18/05/2024	500	6000	6500	46	5600	121.74	2.44	\$13,639.32	
10000	23/08/2024	900	6000	6900	57	5500	96.49	2.44	\$13,395.76	
10000	14/10/2024	1400	6000	7400	49	6205	126.63	2.44	\$15,112.85	
10000	02/12/2024	1195	6000	7195	54	6100	112.96	2.44	\$14,857.12	
10000	23/01/2025	1095	6000	7095	41	6100	148.78	2.44	\$14,857.12	\$ 41,660.82
10000	25/02/2025	995	6000	6995	32	6000	187.50	2.44	\$14,613.56	
10000	15/04/2025	995	6000	6995	49	5005	102.14	2.44	\$12,190.14	
					PROM	47		129		
ELABORADO POR										
MAYRA MEZA MORALES										
ADMINISTRADOR DE CONTRATO										

Anexo 4. Precio de venta de combustible mayo - junio 2025



**PRECIOS DE VENTA EN TERMINAL PARA LAS COMERCIALIZADORAS
CALIFICADAS Y AUTORIZADAS A NIVEL NACIONAL**

PERIODO DE VIGENCIA: DEL 12 DE MAYO AL 11 DE JUNIO DE 2025

DECRETOS EJECUTIVOS No. 308

PRODUCTO	Unidad de medida	PRECIO EN TERMINAL (Incluye el 15% del I.V.A.) Expresado en US\$
SECTOR PETROLERO MINERO		
ABSORVER PETROLERO	Galones	\$ 2.435593
DIESEL 1 PETROLERO	Galones	\$ 2.435593
DIESEL 2 PETROLERO	Galones	\$ 2.435593
DIESEL PREMIUM PETROLERO	Galones	\$ 2.834161
FUEL OIL PETROLERO	Galones	\$ 1.606043
GASOLINA EXTRA PETROLERO	Galones	\$ 2.655228
EXTRA CON ETANOL PETROLERO	Galones	\$ 2.655228
GASOLINA SUPER PREMIUM 95 PETROLERO	Galones	\$ 2.822367
SECTOR INDUSTRIAL		
DIESEL 1 INDUSTRIAL	Galones	\$ 2.435593
DIESEL 2 INDUSTRIAL	Galones	\$ 2.435593
DIESEL PREMIUM INDUSTRIAL	Galones	\$ 2.834161
EXTRA INDUSTRIAL	Galones	\$ 2.655228
EXTRA CON ETANOL INDUSTRIAL	Galones	\$ 2.655228
SUPER PREMIUM 95 PREMIUM INDUSTRIAL	Galones	\$ 2.822367
FUEL OIL No. 6 INDUSTRIAL	Galones	\$ 1.603839
FUEL OIL LIVIANO	Galones	\$ 1.606043
GAS LICUADO DE PETROLEO (GLP) INDUSTRIAL	Kilogramos	\$ 0.921223
GAS NATURAL	Millón de BTUs	\$ 4.336075
GAS NATURAL LICUADO	Millón de BTUs	\$ 9.367813
RESIDUO INDUSTRIAL	Galones	\$ 0.910468
MINERAL TURPENTINE	Galones	\$ 1.924645
RUBBER SOLVENT	Galones	\$ 1.859459
CEMENTOS ASFALTICOS NO OBRA PUBLICA	Kilogramos	\$ 0.460000
ASFALTOS INDUSTRIALES NO OBRA PUBLICA	Kilogramos	\$ 0.460000
CEMENTOS ASFALTICOS OBRA PUBLICA	Kilogramos	\$ 0.306475
ASFALTOS INDUSTRIALES OBRA PUBLICA	Kilogramos	\$ 0.306475
GASOLINA EXTRA CAMARONERO	Galones	\$ 2.655228

Anexo 5. Informe técnico infraestructural IESS

000207

- Manifold de vapor de calderos
- Intercambiador de calor
- Bombas para agua caliente

PROBLEMAS	IMAGEN
<p>Calderos</p> <ul style="list-style-type: none">➤ Presenta fugas de vapor en la tubería de entrada a manifold y aislamiento inadecuado.➤ Presenta fugas de vapor y desgaste en la tubería de descarga de purga de condensado, tuberías corroídas➤ Válvula de palanca de descargue de purga de condensado presenta óxido y corrosión.➤ Problemas con válvulas check a la salida del caldero, por lo que regresa el vapor e ingresa a los otros calderos.	

<p>Tanque de condensado de vapor:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Presenta daños en la estructura del tanque(Carcasa): ➤ Posición del tanque requiere ser levantado para evitar que se produzca cavitación. ➤ Tubería de entrada de agua de alimentación al tanque se encuentra oxidada ➤ Válvulas de regulación de agua de alimentación al tanque se encuentran atascadas y remordidas. ➤ Válvulas de tubería a la entrada de caldero presenta desgaste ➤ No presenta un buen aislamiento térmico de tanque de condensado de vapor. 	
<p>Manifold de vapor de calderos:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Manifold presenta desgaste en paredes internas por lo que corre el riesgo de que ocasione una explosión. ➤ Válvulas presentes en la tubería de salida de los calderos se encuentran con desgaste interno por lo que dejan pasar el vapor. ➤ No presenta aislamiento térmico en el manifold. ➤ Tuberías de condensado de retorno de subsuelo a casa de máquinas oxidadas y presenta fugas. ➤ Válvulas de cierre presente en tuberías de condensado de retorno de subsuelo a casa de máquinas con desgaste y fugas. 	

LAVANDERIA:

Dentro del área de lavandería está conformado por:

- Lavadoras
- Secadoras
- Planchas

PROBLEMAS	IMAGEN
<p>Secadoras</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Tubería de vapor oxidada, corroída ➤ Válvulas de apertura y cierre de entrada de vapor al área se encuentra con fuga, y remordida. ➤ Calibre de tubería de alimentación a secadora muy delgada, tiende a romperse. ➤ Codos y uniones de tubería de vapor se encuentran con fugas por desgaste de material. ➤ Corrosión de conectores de tubería por lo que se pierde el roscado de los accesorios metálicos. ➤ Diámetros de tubería de diferentes medidas por lo que se maneja diferentes presiones. ➤ Exceso de condensado de acuerdo a que su estructura no posee trampas de vapor que lo regule. ➤ Parte de la tubería no presenta aislamiento térmico por lo que se encuentra en contacto con el personal. 	
<p>Lavadoras</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Tubería de vapor oxidada, corroída ➤ Válvulas de apertura y cierre de entrada de vapor al área se encuentra con fuga, y remordida. ➤ Calibre de tubería de alimentación a secadora muy delgada, tiende a romperse. ➤ Codos y uniones de tubería de vapor se encuentran con fugas por desgaste de material. ➤ Corrosión de conectores de tubería por lo que se pierde el roscado de los accesorios metálicos. ➤ Diámetros de tubería de diferentes medidas por lo que se maneja diferentes presiones. 	

<ul style="list-style-type: none"> ➤ Exceso de condensado de acuerdo a que su estructura no posee trampas de vapor que lo regule. ➤ Parte de la tubería no presenta aislamiento térmico por lo que se encuentra en contacto con el personal. 	
<p>Planchas</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Tubería de vapor oxidada, corroída ➤ Válvulas de apertura y cierre de entrada de vapor al área se encuentra con fuga, y remordida. ➤ Calibre de tubería de alimentación a secadora muy delgada, tiende a romperse. ➤ Codos y uniones de tubería de vapor se encuentran con fugas por desgaste de material. ➤ Corrosión de conectores de tubería por lo que se pierde el roscado de los accesorios metálicos. ➤ Diámetros de tubería de diferentes medidas por lo que se maneja diferentes presiones. ➤ Exceso de condensado de acuerdo a que su estructura no posee trampas de vapor que lo regule. ➤ Parte de la tubería no presenta aislamiento térmico por lo que se encuentra en contacto con el personal. 	  

Anexo 6. Formato de entrevista área de lavandería

Área de Lavandería Hospitalaria

Datos generales

Fecha:	
Hora:	
Nombre del entrevistado:	
Cargo:	

Bloque 1. Información general del área

1. ¿Cuál es el horario habitual de operación de la lavandería?

2. ¿Cuántos kilogramos de ropa procesan aproximadamente al día?

3. ¿Cuáles son los principales tipos de prendas o lencería que se procesan?

4. ¿Qué etapas del proceso se realizan en esta lavandería? (Por ejemplo: lavado, secado, planchado, doblado)

Bloque 2. Sobre los equipos disponibles y operativos

5. ¿Cuántas lavadoras tienen instaladas actualmente y cuántas están en funcionamiento?

- Instaladas: _____ Operativas: _____

6. ¿Podría indicar si alguna lavadora presenta fallas o limitaciones? ¿Cuáles son y qué problemas tienen?

7. ¿Cuántas secadoras tiene el área y cuántas están en funcionamiento?

- Instaladas: _____ Operativas: _____

8. ¿Alguna secadora está fuera de servicio o trabaja con limitaciones? ¿Cuáles son los problemas detectados?

9. En cuanto a las planchas (rodillos planchadores), ¿están operativas? ¿Cuántas están disponibles?

Bloque 3. Sobre consumo de vapor y requerimientos

10. ¿Cuál es la presión de vapor que requieren normalmente para operar?

11. ¿Han tenido problemas de abastecimiento de vapor en las últimas semanas? Sí No

12. Si la respuesta anterior es sí, ¿qué problemas se presentaron y cómo afectaron la operación?

Bloque 4. Mantenimiento y operatividad

13. ¿Con qué frecuencia realizan mantenimiento preventivo a las máquinas?

14. ¿Existen equipos que requieran reparación urgente actualmente?

15. ¿Considera que el área cuenta con todo lo necesario para operar eficientemente? Si no es así, ¿qué haría falta?

Bloque 5. Observaciones adicionales

16. ¿Hay alguna observación que considere importante para mejorar el área de lavandería?

Entrevistador: _____

Firma entrevistado: _____

Anexo 7. Requerimientos de consumo de equipos de lavandería

DATI TECNICI		HS16	HS22	HS35
Capacità di carico	kg	16	22	35
Tamburo				
Diametro	mm	710	710	900
Profondità	mm	405	530	550
Volume	dm ³	160	210	350
Bocca di carico	Ø mm	420	420	420
Velocità tamburo in fase di:				
Lavaggio	rpm	45	45	35
Centrifuga veloce	rpm	950	950	900
Fattore G	-	358	359	408
Entrata acqua calda	Ø	¾"	¾"	1"
Entrata acqua fredda	Ø	¾"	¾"	1"
Scarico acqua	Ø	1"½	1"½	2"½
Consumo acqua fredda	litri	120	160	250
Consumo acqua calda	litri	42	56	95
Entrata vapore	Ø	½"	½"	½"
Pressione vapore	bar	5	5	5
Consumo vapore per ciclo	kg	15	20	35
Potenza motore/inverter	kW	1,5	2,2	4
Resistenza riscaldamento	kW	9	12	18
Dimensioni:				
Larghezza	mm	950	950	1245
Profondità	mm	1420	1420	1600
Altezza	mm	1667	1667	1830
Peso	kg	585	610	1025

DATI TECNICI		RZ35	RZ55	D80
Capacità tamburo	kg	16	25	36
Diametro	mm	763	900	1000
Profondità	mm	734	774	925
Volume	dm ³	336	492	726
Giri cesto	rpm	40	40	40
Inverter	kW	0,55	0,55	1,1
Motore cesto	kW	0,37	0,37	0,55
Ventilatori	kW	0,55	0,55	0,25
Collegamenti:				
Entrata vapore	Ø	1/2"	1/2"	3/4"
Potenza				
Versione elettrico	kW	9,8	11,8	25
Versione vapore	kW	3	3	1
Consumo vapore	kg/h	12	15	85
Dimensioni:				
Larghezza	mm	810	950	1055
Profondità	mm	1250	1280	1390
Altezza	mm	1890	2020	1935
Peso	kg	300	340	350



Via Morandi, 13 - 06012 CITTÀ DI CASTELLO (PG) - ITALY
 Telefono +39-075-862961 - Fax +39-075-8559020
 E-MAIL: renzacci@renzacci.it
 INTERNET: http://www.renzacci.it



Steam Requirements

Steam Requirements

WARNING

This appliance does not contain inherent pressure relief. A pressure relief valve rated for a maximum of 125 psig must be provided by the steam source.

NOTE: Steam valve and required adapter are located in cylinder or lint compartment.

NOTE: Machines require a constant 80 to 100 psig [5.3 to 6.9 bar] steam service for optimum operation. The maximum allowable steam pressure is 125 psig [8.6 bar]. In no case may the pressure exceed the above value.

Obtain specific steam service pipe sizes from steam system supplier or a qualified steam fitter.

- Refer to Figure 16 and Figure 17 for proper steam pipe configurations.
- To prevent condensate draining from headers to tumble dryer, piping should have a minimum 12 inch [300 mm] rise above respective header. Do not make steam connection to header with a horizontal or downward facing tee or elbow.
- Whenever possible, horizontal runs of steam lines must drain, by gravity, to respective steam header. Water pockets, or an improperly drained steam header will provide wet steam, causing improper operation of tumble dryer. If pockets or improper drainage cannot be eliminated, install a bypass trap to

drain condensate from the low point in the steam header to the return.

- In both steam supply and steam return line, it is recommended that each have a pipe union and shut-off valve. This will enable you to disconnect the steam connections and service the tumble dryer while your laundry facility is in operation.
- Connect the steam solenoid valve to the related steam coil inlet connection with nipples, flex hoses, unions and tees.
- Strainers may require cleaning due to materials from hoses or pipes.
- Install vacuum breaker (optional), bucket trap with built-in strainer and check valve. For successful operation of tumble dryer, install trap 18 inches [460 mm] below coil and as near to the tumble dryer as possible. Inspect trap carefully for inlet and outlet markings and install according to trap manufacturer's instructions. If steam is gravity returned to boiler, omit trap but install vacuum breaker and check valve in return line near tumble dryer. Gravity return requires entire return plumbing be below steam coil outlets.
- Install union and shut-off valve in return line and make final pipe connections to return header.

NOTE: To prevent water hammering, route return lines below outlets of steam coils.

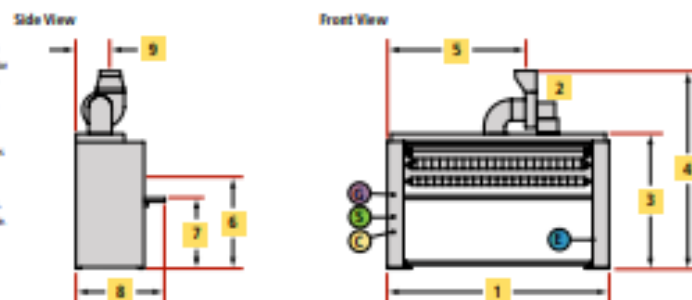
NOTE: Steam inlet lines of each dryer should be trapped to keep line condensation from going into steam coils.

NOTE: IEC machines are shipped with BSPT adapters in the lint compartment.

Comet Executive, Champ Deluxe and Breeze Dimensions and Utilities

Notes:

- Specifications subject to change without notice. Consult factory for verified construction floor plan.
- Millimeter dimensions are in [].
- All dimensions are ± 1/2".
- Utility connections are located as shown.
- Spec information and floor plans are for standard machines. Different length models available. Consult factory for details.



Gas Steam Electric Heated Models

	Champ Deluxe 48" 48"	Comet Executive 54" 60" 60"	Breeze 120"
Electrical - Gas	42 1/2" H x 31 1/2" W	42 1/2" H x 31 1/2" W	42 1/2" H x 31 1/2" W
Electrical - Steam	42 1/2" H x 31 1/2" W	42 1/2" H x 31 1/2" W	-
Electrical - Electric	42 1/2" H x 31 1/2" W	42 1/2" H x 31 1/2" W	-
Gas Connection	1/2" AT 1/2" H x 3/4" W	1/2" AT 26 1/2" H x 3/4" W	1/2" AT 26 1/2" H x 3/4" W
Steam Inlet	1/2" AT 1/2" H x 3/4" W	1/2" AT 26 1/2" H x 3/4" W	-
Condensate Return	1/2" AT 12 1/2" H x 3/4" W	1/2" AT 12 1/2" H x 3/4" W	-
1	48" (1219) 48" (1219)	76" (1930) 60" (1524) 60" (1524)	120" (3048)
2	4" (102)	4" (102)	4" (102)
3	48" (1219)	52" (1321)	52" (1321)
4	48" (1219)	52" (1321)	52" (1321)
5	48" (1219)	52" (1321)	52" (1321)
6	34" (863)	34" (863)	41" (1041)
7	27" (686)	34" (863)	34" (863)
8	24 1/2" (619)	34" (863)	34" (863)
9	12" (305)	12" (305)	12" (305)

TLX 55 70 EXTRA SPIN

LAVATRICI AD ACQUA - WASHING MACHINES - MACHINES A LAVEUR

DATI TECNICI	DONNEES TECHNIQUES	TLX55	TLX70	TECHNICAL DATA	TLX55	TLX70		
Portata (Biancheria asciutta)	Capacite' (Linge sec)	Kg	55	70	Capacity (Dry linen)	lb.	121	154
Tamburo:	Tambour				Drum:			
Diametro	Diamètre	mm	1070	1070	Diameter	in.	41.8	41.8
Profondità	Profondeur	mm	590	750	Depth	in.	22.2	30
Volume	Volume	dm ³	530	670	Volume	cu.ft.	17.65	23.65
Bocca di carico	Porte de chargement	Ø mm	620	620	Loading Door	Ø mm	24.4	24.4
Velocità tamburo in fase di:	Vitesse tambour en phase de:				Drum speed during:			
Lavaggio	Lavage	g/ft	45	45	Wash			
Centrifuga	Essorage	g/ft	650	630	Speed extract	rpm	45	45
Entrata Acqua Calda	Entrée eau chaude	Ø	1 1/4	1 1/4	Hot water inlet	rpm	650	630
Entrata Acqua Fredda	Entrée eau froide	Ø	1 1/4	1 1/4	Cold water inlet	Ø	1 1/4	1 1/4
Scarico acqua (con elettrovalvola)	Widange eau (avec électrovanne)	Ø mm	2 1/2	2 1/2	Water drain (with electrovalve)	Ø mm	2 1/2	2 1/2
Consumo acqua fredda (per ciclo)	Consommation d'eau froide (par cycle)	lt	410	515	Coldwater consumption (per cycle)	imp. gals	90	113
Consumo acqua calda (per ciclo)	Consommation eau chaude (par cycle)	lt	165	215	Hotwater consumption (per cycle)	imp. gals	35	47
Entrata vapore	Entrée vapeur	Ø	1/2	1/2	Steam inlet	imp. gals		
Pressione vapore	Pression vapeur	bar	5	5	Steam pressure	Ø	1/2	1/2
Consumo vapore per ciclo	Consommation vapeur par cycle	kg	50	65	Steam consumption (per cycle)	psi	71	71
Potenza motore/inverter	Puissance moteur /inverter	kw	2,2	4	Motor/inverter power	lb.	110	143
Resistenza riscaldamento	Résistance de chauffage	kw	27	—	Heating elements	kw	27	—
Misure d'ingombro:	Dimensions:				Dimensions:			
Larghezza	Largeur	mm	1520	1520	Width	in.	59.8	59.8
Profondità	Profondeur	mm	1300	1500	Depth	in.	51.2	59
Altezza	Hauteur	mm	1600	1600	Height	in.	63	63
Peso netto	Poids net	mm	1600	1600	Weight	in.	63	63

Anexo 8. Propiedades del Diesel industrial #2

FÓRMULA QUÍMICA	C ₁₂ H ₂₆ a C ₂₀ H ₄₂
PROPIEDADES FÍSICO QUÍMICAS	
Estado físico:	Líquido a temperatura ambiente
Aspecto:	Aceitoso
Color:	Amarillo
Olor:	Característico
Densidad:	832 kg/m ³
Poder calorífico inferior:	43.10 MJ/kg
RIESGO DE FUEGO Y EXPLOSIÓN	
Punto de inflamación:	60 °C
Temperatura de autoignición:	240 °C
Límite superior de inflamabilidad:	5%
Límite inferior de inflamabilidad:	0.7%
Medios de extinción recomendados:	Espuma, polvo químico seco, CO ₂ , agua pulverizada o nebulizada
NFPA:	Salud 1; Inflamabilidad 1; Reactividad 0

Anexo 9. Medidas de ahorro de energía para mejora de eficiencia

Tabla 1. Medidas de ahorro de energía que permiten mejorar la eficiencia

No	Descripción de la Medida de Ahorro de Energía	No.	Ahorro de combustible, %			PSRI, años		
			Min	Máx	Prom	Min	Máx	Prom
1	Instalar aislamiento térmico en líneas, accesorios, tanques y otros elementos calientes que carece de éste	56	0.01	8.3	1.59	0.1	5.8	1.4
2	Ajuste de la relación aire combustible, tendiente a valores estequiométricos, en función del tipo de combustible y de las condiciones operativas del sistema de combustión	22	0.33	20.0	3.32	0	3.3	0.5
3	Eliminar fugas de vapor	15	0.03	1.8	0.65	0	2	0.4
4	Recuperar condensados para su reingreso a la caldera, minimizando el uso de agua de reposición	13	0.10	5.8	1.82	0.14	4.8	2.1
5	Aprovechar el calor de las purgas de la caldera para calentar algún fluido	7	0.32	5.1	1.88	0.3	10	2.7
6	Optimizar las purgas en la caldera, en función de las recomendaciones del fabricante de calderas y de referencias imparciales y técnicas	5	0.38	6.1	2.11	0	3.2	1.3
7	Aprovechar el calor de los gases de la chimenea para calentar algún fluido útil, evitando la formación de ácido sulfhídrico	5	1.84	8.8	4.06	0.8	5.4	2.5
8	Revisar, dar mantenimiento, reemplazar y/o implementar trampas para condensados	4	0.01	3.8	1.27	0	1.6	0.6
9	Para empresas con más de una caldera en operación, procurar la administración eficiente de la carga de las calderas (demanda de vapor en proceso)	4	0.17	0.7	0.47	0	1.9	0.8
10	Reducir la presión del generador de vapor, hasta presiones adecuadas para el proceso, considerando las pérdidas por la red de distribución de vapor	3	0.26	1.3	0.65	0	0	0.0
12	Instalar un serpentín de vapor en un tanque de agua caliente para alguna operación.	3	0.39	9.0	3.47	0.7	3.5	1.7
13	Aislamiento-camisas lámina galvanizada en marmitas, tanques calientes en proceso	3	0.57	10.2	4.24	0.2	2.2	1.1
14	Uso de caldera alterna por mejor eficiencia	2	4.62	7.7	6.19	0	2.7	1.4
15	Desincrustación de tuberías internas en calderas	2	0.27	3.1	1.67	0.3	0.7	0.5
16	Acondicionar el combustible antes de quemarlo	2	0.00	0.0	0.00	0	0.1	0.1
17	Instalar piernas colectoras de condensados	2	0.19	0.7	0.45	3	3	3.0
18	Reemplazar la caldera actual de baja eficiencia, por una caldera nueva más eficiente	1	2.06	2.1	2.06	2.5	2.5	2.5
19	Reemplazar el sistema de combustión actual por uno nuevo de mayor eficiencia y adecuado al tipo de combustible	1	1.21	1.2	1.21	1.3	1.3	1.3
20	Instalar un economizador para aprovechar el calor de los humos	1	6.26	6.3	6.26	3	3	3.0
21	Cambio de combustible	1	9.60	9.6	9.60	0	0	0.0
22	Instalar acumulador de vapor	1	1.01	1.0	1.01	5.2	5.2	5.2
23	Adecuar o retirar tuberías inactivas	1	0.24	0.2	0.24	1.6	1.6	1.6
24	Implementar nueva red de distribución de vapor	1	13.20	13.2	13.20	2.7	2.7	2.7
25	Uso del agua de pozo para aprovechar la temperatura y enviarlo hacia alguna operación	1	2.96	3.0	2.96	0.4	0.4	0.4

Anexo 10. Proformas

**Proforma de precios referenciales
Accesorios**

REQUERIMIENTOS			Proforma Nro. 201	
			RAZÓN SOCIAL: RÍOFRÍO VALERO JOSE RICARDO	
			RUC: 0920107893001	
ITEMS	DESCRIPCIÓN	CANT.	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL (SIN IVA)
1	Sustitución de 60 metros de tubería de 4" entre las calderas y el distribuidor (aislamiento, tubería en cédula 80 y accesorios en cédula 80 corren por cuenta del contratista)	1	5702,2	\$ 5,720.20
2	Sustitución de 20 metros de tubería de 2 1/2" de retorno de condensado (aislamiento, tubería y accesorios en cédula 80 corren por cuenta del contratista. Incluye además instalación de válvula bridada de 2 1/2 y Purga con check de 2 1/2" vertical adquiridas).	1	2302,2	\$ 2,302.20
3	Instalación del distribuidor de vapor de 10" (Incluye desinstalación del antiguo, soportes y accesorios de instalación como manómetro y sifón)	1	1402,2	\$ 1,402.20
4	Instalación de bomba de alimentación de la caldera (Incluye soporte y accesorios de instalación)	1	492,2	\$ 490.20
5	Instalación de tres bombas dosificadoras (Incluye soporte y accesorios de instalación)	1	652,2	\$ 652.20
6	Instalación de Válvula check bridada de 2 1/2" para retorno de condensado	1	142,2	\$ 142.20
7	Instalación de válvula de compuerta de 4" adquirida	1	182,45	\$ 182.45
8	Instalación de bomba de alimentación de caldera (Incluye accesorios de instalación)	1	592,45	\$ 592.45
9	Instalación de tres tableros de control para bombas de alimentación de calderas	1	4802,45	\$ 4,802.45
TOTAL:				\$ 16,286.55

Repuestos

REQUERIMIENTOS			Proforma Nro. 003-2025	
			RAZÓN SOCIAL: DANIELA LUCIA MARTINEZ ARMAS	
			RUC: 1718416884001	
ITEMS	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL (SIN IVA)
1	BANDA NRO A105	6	\$ 50,00	\$300,00
2	VÁLVULAS NEUMATICAS 1" DE TRES CUERPOS	10	\$ 400,00	\$4.000,00

3	MANGUERA DESFOGUE 3"X1 METRO	1	\$ 100,00	\$100,00
4	VÁLVULA DESFOGUE 3" X 220V	4	\$ 499,00	\$1.996,00
5	MANGUERA DE VAPOR 1/2 X 150 CM CON ACOPL MACHO Y HEMBRA DE ALTA PRESIÓN	6	\$ 120,00	\$720,00
6	MANGUERAS DE AGUA CALIENTE 1"1/4 X 150CM CON ACOPL MACHO Y HEMBRA DE ALTA PRESIÓN	8	\$ 400,00	\$3.200,00
7	MALLA FILTRO DE PELUSAS	4	\$ 20,00	\$80,00
8	VÁLVULA NEUMÁTICA PISTÓN 1"	1	\$ 400,00	\$400,00
9	CENSOR DE PRESIÓN DE ENTRADA DE VAPOR	4	\$ 50,00	\$200,00
10	BANDAS NRO 3V X 1180	6	\$ 50,00	\$300,00
11	EMPAQUE DE VIDRIO PUERTA	1	\$ 50,00	\$50,00
12	MANGUERAS DE AGUA CALIENTE 1"X150CM CON ACOPL MACHO Y HEMBRA DE ALTA PRESIÓN	2	\$ 300,00	\$600,00
13	TARJETA DE CONTROL CON PLC Y PROGRAMACIÓN CON VISOR LED SECADORAS PLC COMPONENTES Y PROGRAMACIÓN DE CICLOS	4	\$ 900,00	\$3.600,00
14	ELECTROVÁLVULA DOSIFICADORAS DE 3 VÍAS 3/4 220V	4	\$ 150,00	\$600,00
15	TARJETA DE CONTROL CON PLC Y PROGRAMACIÓN CON VISOR LED LAVADORAS PLC COMPONENTES Y PROGRAMACIÓN DE CICLOS	4	\$ 900,00	\$3.600,00
16	VÁLVULA DOSIFICACIÓN 4 VÍAS 3/4 220V	1	\$ 60,00	\$60,00
17	RODAMIENTOS TAMBOR	6	\$ 880,00	\$5.280,00
18	CENSOR MECANISMOS DE APERTURA Y CIERRE DE LAS PUERTAS	2	\$ 60,00	\$120,00
19	RETENEDORES TAMBOR	4	\$ 200,00	\$800,00
20	BANDAS NRO A108	12	\$ 50,00	\$600,00
21	BANDAS 105	3	\$ 50,00	\$150,00
22	MANGUERAS AGUA CALIENTE 1" X 125CM CON ACOPL MACHO Y HEMBRA DE ALTA PRESIÓN	2	\$ 283,00	\$566,00
23	MANGUERAS 3/4 X 120 CM VAPOR CON ACOPL MACHO Y HEMBRA DE ALTA PRESIÓN	1	\$ 400,00	\$400,00
24	ELECTROVÁLVULA VAPOR 3/4 220V	4	\$ 300,00	\$1.200,00
25	VÁLVULA DESAGUE NEUMÁTICA CON PISTÓN 6" SALIDA	1	\$ 1.200,00	\$1.200,00
26	VÁLVULA NEUMÁTICA YEE VAPOR 1/2	5	\$ 350,00	\$1.750,00
27	BANDAS NRO V140	6	\$ 50,00	\$300,00
28	ELECTROVÁLVULA NEUMÁTICAS 5X2	1	\$ 330,00	\$330,00
29	TRAMPA VAPOR 3/4	5	\$ 400,00	\$2.000,00
30	CHUMACERAS PARED DIÁMETRO 65MM, F212	4	\$ 200,00	\$800,00
31	BANDAS NRO A78	3	\$ 50,00	\$150,00
32	BANDAS NRO A96	6	\$ 50,00	\$300,00
33	RADIADOR ACERO INOXIDABLE DE 110X70X40 ENTRADA Y SALIDA 3/4	4	\$ 3.805,00	\$15.220,00
34	MANGUERA FLEXIBLE VAPOR 1/2" X 150CM	1	\$ 250,00	\$250,00
35	BANDAS NRO B47	8	\$ 50,00	\$400,00
36	MANILLA PUERTA PRINCIPAL	2	\$ 50,00	\$100,00

37	CENSORES DE PUERTA	2	\$ 60,00	\$120,00
38	RADIADOR EN ACERO INOXIDABLE 160X60X15 ENTRADA DE 1" Y SALIDA DE 3/4	2	\$ 3.805,00	\$7.610,00
39	BANCO DE VÁLVULAS ELECTRO-NEUMÁTICAS DE 3 VÍAS 3X2	1	\$ 600,00	\$600,00
40	MANGUERAS FLEXIBLES DE VAPOR 1" X 120CM	2	\$ 250,00	\$500,00
41	ELECTROVÁLVULA NEUMÁTICA 1"	1	\$ 500,00	\$500,00
42	BANDA NRO A68	4	\$ 50,00	\$200,00
43	TUBO DUCTO SALIDA ENTRE 21 X 14CM	1	\$ 266,00	\$266,00
44	ACEITE TÉRMICO	4	\$ 179,00	\$716,00
45	JUNTA ROTATORIA DE 3/4" PARA VAPOR	1	\$ 1.200,00	\$1.200,00
46	MICROS PUERTAS (MICROINTERRUPTORES)	8	\$ 18,00	\$144,00
47	VALVULAS NEUMÁTICAS DE CILINDRO DE 1"	1	\$ 400,00	\$400,00
48	ACEITE PESADO SAE 104 (GL)	4	\$ 57,00	\$228,00
49	TARJETA DE CONTROL	1	\$ 900,00	\$900,00
TOTAL				\$65.106,00

Mantenimiento mano de obra

REQUERIMIENTOS			Proforma Nro. 003-2025	
			RAZÓN SOCIAL: DANIELA LUCIA MARTINEZ ARMAS	
			RUC: 1718416884001	
ITEM	DESCRIPCIÓN	VISITAS	VALOR/U	VALOR/T
1	MANTENIMIENTO PREVENTIVO CUATRIMESTRAL DE LAVADORA INDUSTRIAL DE ROPA MARCA: TEKNOZEN, MODELO: TLX55, N/S:18215.	3	\$ 350,00	\$1.050,00
2	MANTENIMIENTO PREVENTIVO CUATRIMESTRAL DE LAVADORA INDUSTRIAL DE ROPA MARCA: UNIMAC, MODELO: UCL 125KNV 1011015409.	3	\$ 350,00	\$1.050,00
3	MANTENIMIENTO PREVENTIVO CUATRIMESTRAL DE LAVADORA INDUSTRIAL DE ROPA MARCA: RENZACCI, MODELO: LX70, N/S:15135	3	\$ 350,00	\$1.050,00
4	MANTENIMIENTO PREVENTIVO CUATRIMESTRAL DE LAVADORA INDUSTRIAL DE ROPA MARCA: TEKNOZEN, MODELO: TLX120, N/S:18214	3	\$ 350,00	\$1.050,00
5	MANTENIMIENTO PREVENTIVO CUATRIMESTRAL DE LAVADORA INDUSTRIAL DE ROPA MARCA: RENZACCI, MODELO: LX70, N/S:15136	3	\$ 350,00	\$1.050,00
6	MANTENIMIENTO PREVENTIVO CUATRIMESTRAL DE SECADORA INDUSTRIAL DE ROPA MARCA: CISSELL, MODELO: HD125S, N/S: 202066678	3	\$ 350,00	\$1.050,00
7	MANTENIMIENTO PREVENTIVO CUATRIMESTRAL DE SECADORA INDUSTRIAL DE ROPA MARCA: CISSELL, MODELO: HD125S, N/S: 202066679	3	\$ 350,00	\$1.050,00
8	MANTENIMIENTO PREVENTIVO CUATRIMESTRAL DE SECADORA INDUSTRIAL DE ROPA MARCA: TEKNOZEN, MODELO 120, N/S.12661	3	\$ 350,00	\$1.050,00

9	MANTENIMIENTO PREVENTIVO CUATRIMESTRAL SECADORA DE ROPA MARCA: GIRBAU, MODELO:GT120SREF6B2N01, N/S 1702013731	3	\$ 350,00	\$1.050,00
10	MANTENIMIENTO PREVENTIVO CUATRIMESTRAL SECADORA DE ROPA MARCA: GIRBAU, MODELO:GT120SREF6B2N01, N/S 1702013732	3	\$ 350,00	\$1.050,00
11	MANTENIMIENTO PREVENTIVO CUATRIMESTRAL DE RODILLO SECADORA DE ROPA MARCA: TEKNOZEN, MODELO: TZA 3200, N/S:2309.	3	\$ 350,00	\$1.050,00
12	MANTENIMIENTO PREVENTIVO CUATRIMESTRAL DE RODILLO SECADORA DE ROPA MARCA: CHICAGO, MODELO: COMET 80, N/S 53948	3	\$ 350,00	\$1.050,00
			TOTAL	\$ 12,600.00

Anexo 11. Aplicación de la auditoria de las 5s

FORMATO DE AUDITORÍA 5S			
Área / Subsector:	Fecha:	Auditor:	
Generación de vapor	2025/06/16	Equipo	
Puntaje obtenido (máx. 100):	41	Puntaje anterior:	
<i>Guía de puntuación: 0=No cumple, 1=Inicial, 2=Parcial, 3=Bueno, 4=Excelente. (Total máximo = 100)</i>			
Sección	Criterio de evaluación (qué revisar)	Evidencia / Observaciones	Puntaje (0-4)
Seiri (Clasificar)			
Layout del área	Distribución clara de zonas (operación, mantenimiento, almacenamiento, circulación) y accesos libres.	Se cuenta con layout en un lugar visible y fácil de entender.	3
Delimitación de zona de almacenamiento	Áreas demarcadas y etiquetadas; límites de cantidad; segregación por tipo de material.	Existe demarcaciones y etiquetado debido al pasar del tiempo se han denotado deteriorados.	2
Identificación de equipos	Todos los equipos con código único legible y coherente con el inventario.	Existe registro, pero no una codificación.	2
Indicadores visuales	Señales básicas: flechas de flujo, rótulos de riesgo, estado “operativo/ fuera de servicio”.	Existe rotulaciones e indicadores de flujo.	2
Documentación	Procedimientos y registros básicos disponibles y vigentes en el punto de uso.	Se tiene registros parciales.	2
PUNTACIÓN TOTAL			11
Seiton (Ordenar)			
Componentes, materiales	Repuestos y materiales ubicados en sitios fijos, ordenados y con etiqueta.	Existe ubicaciones para repuestos y materiales, pero falta de etiqueta y orden.	1
Maquinaria, Equipamiento	Equipos ubicados según marcas/zonas; espacios de seguridad definidos.	Se tiene delimitadas zonas de algunos equipos.	2
Herramientas, accesorios	Tablero o estación con contornos/sombras y códigos; 0 faltantes al cierre.	Existen registros de herramientas, pero falta de equipo especializado, falta de espacio y codificación.	1

Tableros informativos	Mural con cronograma, KPIs y avisos actualizados a la semana.	Se tiene registro parcial mensual.	0
Impresión en general	Rotulación legible y consistente (tuberías, equipos, riesgos).	La rotulación es parcial y con poco legible.	2
PUNTACIÓN TOTAL			6
Seiso (Limpiar)			
Máquinas y equipos	Equipos limpios, sin fugas visibles ni acumulación de suciedad.	Los equipos se degradan cuando no se mantienen.	1
Condiciones del área	Pisos secos, residuos gestionados, pasillos despejados, buena iluminación/ventilación.	Los pasillos están un tanto mojados, provisto de tuberías y material.	1
Artículos y herramientas de limpieza.	Disponibles, identificados y en su lugar; químicos etiquetados.	Posee todas las señales.	2
Limpieza profunda	Rutina periódica ejecutada (mensual/trimestral) con alcance definido.	No existe una rutina en sí.	1
Control de aseo	Revisión rápida de 5–10 min en cada turno y registro de hallazgos.	Hay inspección, pero no es uniforme.	1
PUNTACIÓN TOTAL			6
Seiketsu (Estandarizar)			
Revisión de procesos	Los procesos clave están definidos y se revisan periódicamente; se registran mejoras.	Los procesos resultan establecidos y se revisan de forma regular.	2
Trabajo estándar.	Existen procedimientos simples, claros y accesibles para tareas críticas.	Ciertos procedimientos que requieren a un técnico específico.	2
Auditorías semanales / mensuales.	Hay calendario de auditorías y se ejecutan; se levantan hallazgos y se les da seguimiento.	Se ejecutan auditorías cada ciclo anual.	2
Información estandarizada	Se usan formatos únicos para registros (bitácoras, checklists, partes de trabajo).	En mayor parte se utilizan formatos de registro de manera general.	2
Control documental	Documentos con versión, vigencia y responsable; obsoletos retirados del punto de uso.	La información dicha verifica en cada lapso del año.	1
PUNTACIÓN TOTAL			9
Shitsuke (Disciplina)			

Cumplimiento de mantenimiento	El plan de mantenimiento se ejecuta según lo programado; atrasos controlados.	Hay retrasos porque algunos mantenimientos son realizados por compañías externas.	1
Visitas al área de trabajo.	Recorridos regulares de supervisión (gemba); observaciones atendidas.	Se supervisan áreas.	2
Responsabilidad del área.	Roles y responsabilidades definidos y visibles; existe un responsable 5S.	Cada departamento tiene un encargado de zona.	2
Reuniones de turno con revisión	Reuniones cortas con revisión de seguridad, 5S y KPIs; acuerdos registrados.	Se efectúan a cabo encuentros.	2
Control y mantenimiento (sustentabilidad) de las 5s	Actividades de sostenimiento (capacitaciones, campañas, reconocimientos); la puntuación 5S se mantiene o mejora.	Hay capacitaciones parciales.	2
PUNTACIÓN TOTAL			9

Anexo 12. Criterio de evaluación de las 5s

Rango global	Nivel	Interpretación
0-25	Muy bajo	Desorden crítico; no hay estándares
26-50	Bajo	Orden incipiente; estándares parciales
51-75	Medio	Orden sostenido; estándares aplicados con brechas
76-100	Alto	Excelencia; auditorías y mejora continua

Manual de uso

A) Versión “HTML fácil (con adjuntos)”

Qué es: un archivo único .html que funciona offline. Soporta PDF e imágenes como adjuntos.

1. Abrir y conocer los botones

- Abre el archivo AssetCode Studio - HTML fácil (con adjuntos).html.
- Barra superior:
Diseñar código | Activos | Despliegue (árbol) | Exportar JSON/CSV | Importar JSON/CSV.

2. Diseñar el código (crear un activo)

- Ve a Diseñar código.
- Completa los niveles en el orden ISO: IND, BUS, L1, L2, L3, L4, L5, L6 (en mayúsculas y sin espacios).
- Escribe el Nombre del equipo, Ubicación, Responsable y Observaciones (opcional).
- (Opcional) Cambia la Plantilla de código. Tokens disponibles:
{IND}{BUS}{L1}{L2}{L3}{L4}{L5}{L6}{SEQ:n}{CHK}.
 - Marca Añadir dígito de control (CHK) si lo necesitas.
 - Revisa el Código sugerido (se ve en la caja gris).
 - Nota: {SEQ} se reinicia por prefijo (todo lo que va antes del {SEQ}).
- (Si vas a adjuntar) En Ficha del equipo (historial y adjuntos):
 - Añade filas al Historial (Fecha, Tarea, Responsable, Observaciones).
 - En Adjuntos, arrastra PDF/imágenes o pulsa Seleccionar archivos
- Pulsa Crear activo con este código.
 - Si el código ya existe, el sistema avisa “Código duplicado”.

3. Ver, buscar y gestionar activos

- En Activos:
 - Busca por texto (nombre/código/ubicación...).
 - Filtrar por L1, L2, L3, L4.
 - En Acciones → Ficha: ver Código, Ubicación, Responsable, Notas, Historial y Adjuntos.
 - Quitar adjuntos desde la Ficha (botón “x” en cada chip).
 - Eliminar borra el activo de la lista.
 - Agregar nuevos adjuntos a un activo ya creado: hoy solo puedes **quitar** desde “Ficha”. Para añadir nuevos, cárgalos en Diseñar código y crea una **versión** actualizada del activo (luego elimina la anterior).

4. Despliegue jerárquico (árbol)

- En Despliegue (árbol): abre/cierra nodos L1→...→L6.
- Los equipos aparecen como hojas con código y nombre.

5. Respaldo e intercambio

- Exportar JSON (recomendado): incluye esquema y adjuntos (PDF/imágenes).
- Exportar CSV: solo datos tabulares (sin adjuntos).
- Importar JSON/CSV: carga datos previos o migrados.

B) Versión “Taxonomía profunda (v2) – React”

Qué es: app React de una sola pantalla (para uso local o despliegue). No sube archivos, pero maneja ficha e historial.

1. Abrir y botones

- Ejecuta la app (o ábrela si ya está empaquetada).
- Barra superior:
Diseñar código | Activos | Despliegue (árbol) | Exportar/Importar JSON/CSV.

2. Crear activo

- Diseñar código → completa IND, BUS, L1...L6.
- Escribe Nombre del equipo, Ubicación, Responsable, Observaciones.
- (Opcional) Ajusta Plantilla y activa CHK. Revisa Código sugerido.
- (Opcional) Añade entradas al Historial de intervención.
- Pulsa Crear activo con este código (valida duplicados).

3. Consultar

- **Activos:** buscador y filtros por L1...L4.
- **Acciones** → Ficha: ver Código, Ubicación, Responsable, Notas e Historial.
- **Eliminar** quita el activo.
- **Despliegue (árbol):** navega L1→...→L6.

4. Respaldo

Exportar JSON/CSV y Importar JSON/CSV (igual que la versión HTML).

JSON preserva esquema y datos; CSV es útil para edición masiva.

C) Consejos rápidos

- Campos mínimos para crear: Nombre + L1 y L2.
- Mayúsculas y sin espacios en los niveles (usa códigos cortos: p. ej., P1, GEN, CALD).
- Si cambias la Plantilla, revisa el Código sugerido antes de crear.
- Haz Exportar JSON como respaldo semanal (incluye todo en la versión HTML)

Programa de codificación

Anexo 14. Enlace del programa de codificación

https://indoamericaedu-my.sharepoint.com/:u:/g/personal/jsantamaria6_indoamerica_edu_ec/ETNG77Vbnx9OiNE8q3XE8okBjen3PDymvtoQcwMnVx1SjQ?e=IP4p2L

Anexo 15 Matriz de evaluación de riesgos la matriz GTC-45

Componente Deteriorado	Impacto Principal en la Eficiencia	Consecuencias	Probabilidad (Alta/Media/Baja)	Impacto (Alto/Medio/Bajo)	Nivel de Riesgo (Riesgo = Probabilidad x Impacto)	Medidas de Control / Mitigación
Tuberías oxidadas/corroídas	Caída de presión, restricción de flujo	Contaminación del condensado, incrustaciones en caldera, golpe de ariete, reducción de vida útil	Media	Alto	Alto	Inspección periódica, limpieza y reemplazo de tuberías deterioradas, tratamiento químico del agua
Trampas de vapor defectuosas	Desperdicio de vapor vivo, reducción de transferencia de calor	Acumulación de condensado, golpe de ariete, corrosión, mayor consumo de combustible	Alta	Medio	Alto	Pruebas regulares de trampas, mantenimiento preventivo, reemplazo inmediato de trampas defectuosas
Válvulas deterioradas	Fugas de vapor, pérdida de control de presión	Erosión de componentes, daños al equipo, riesgos de seguridad (quemaduras, explosiones)	Media	Alto	Alto	Mantenimiento preventivo, inspección y calibración de válvulas, instalación de válvulas de seguridad adicionales
Bombas ineficientes/dañadas	Retorno ineficiente de condensado, mayor uso de agua de reposición	Mayor carga de caldera, cavitación, golpe de ariete, daños por abrasión, paradas de producción	Media	Medio	Medio	Mantenimiento preventivo, monitoreo de rendimiento, reemplazo de bombas dañadas, lubricación adecuada

Anexo 16. Equipos y datos





Anexo 17. Visitas de campo

