

Año | Núm. | Febrero-marzo, 2021

ISSN:

DOI:

**Evaluación del sistema de generación y distribución de vapor del Hospital Escuela San Juan de Dios Estelí, para la presentación de propuestas de alternativas de mejoras del sistema, durante el periodo II semestre del 2020.**

**Evaluation of the steam generation and distribution system of the Hospital Escuela San Juan de Dios Estelí, proposing system improvements alternatives in the II semester of 2020.**

Fabiola De los Ángeles Baltodano Salgado<sup>1</sup>

[fabiolabaltodanosalgado@gmail.com](mailto:fabiolabaltodanosalgado@gmail.com)

Lito Junior Aguirre Vásquez<sup>2</sup>

[Junioraguirre75@gmail.com](mailto:Junioraguirre75@gmail.com)

Hilder Ulises Sevilla Cruz<sup>3</sup>

[Sevillahilder@gmail.com](mailto:Sevillahilder@gmail.com)

Luis Lorenzo Fuentes Peralta<sup>4</sup>

[llfperalta@gmail.com](mailto:llfperalta@gmail.com)

## RESUMEN

El presente estudio se desarrolló en el segundo semestre del 2020, con el propósito de evaluar el estado actual del sistema de generación y distribución de vapor en el Hospital Escuela San Juan de Dios de Estelí, a su vez proponer alternativas mejoras para lograr una mejor optimización de los recursos. Se aplicó un enfoque cuali-cuantitativo en el que participaron 17 personas como muestra, las cuales laboran en las áreas que son abastecidas por el sistema. A lo largo de la investigación se abordaron aspectos importantes sobre el funcionamiento básico del sistema, finalmente se abarcan los resultados basados en los objetivos planteados. El primer resultado se enfoca en el diagnóstico del sistema, identificando principalmente las operaciones que se llevan a cabo para la generación y distribución de vapor, en conjunto con el análisis de los datos obtenidos por medio de los métodos de recolección de datos. En segunda instancia la capacidad instalada del sistema, se divide en varios aspectos, como la demanda de vapor, los tramos de tuberías, así como las especificaciones técnicas de cada uno de los equipos que lo componen y que se abastecen del mismo. Posteriormente se muestra a través del aplicativo informático AutoCAD, el plano de distribución de vapor, el cual refleja las líneas de vapor y retorno de condensado. Los resultados de nuestros objetivos evidencian que existe una problemática en el sistema de generación de vapor. Por lo tanto, se concluye que la ejecución de una evaluación tiene un impacto positivo para el sistema, estableciendo propuestas de alternativas de mejoras para el mismo.

Palabras clave: sistema; cuali-cuantitativo; capacidad; vapor; condensado.

## ABSTRACT

---

<sup>1</sup> Egresado de la carrera Ingeniería Industrial

<sup>2</sup> Egresado de la carrera Ingeniería Industrial

<sup>3</sup> Egresado de la carrera Ingeniería Industrial

<sup>4</sup> Docente UNAN-MANAGUA, FAREM-ESTELÍ

This study was carried out to evaluate the steam generation and distribution system's current state at the Hospital Escuela San Juan de Dios de Estelí in the second semester of 2020 and proposed alternatives to optimize the resources. The study used a qualitative-quantitative approach. Seventeen people who worked in the area where the system is used participated as a sample. The investigation addressed important aspects of the basic operation of the system. Finally, the study presented the objectives-based results. The first result focused on the system's diagnosis, mainly identifying the operations carried out for the generation and distribution of steam, in conjunction with the analysis of the data obtained through data collection methods. In the second instance, the system's installed capacity was divided into several aspects: steam demand, the pipes sections, and the technical specifications of each piece of equipment that compose the steam supply system. Subsequently, the steam distribution system blueprint was designed using AutoCAD, which depicted the steam and condensate return lines. The findings revealed that there was a problem with the steam generation system. Therefore, the study concluded that evaluating the system's positive impacts is vital for establishing proposals for its alternative improvements.

Keywords: system; quali-quantitative; capacity; steam; condensed.

## **INTRODUCCIÓN**

El estudio “Evaluación del sistema de generación y distribución de vapor del Hospital Escuela San Juan de Dios Estelí (HESJDE), para la presentación de propuestas de alternativas de mejoras del sistema, durante el periodo II semestre 2020” dicho hospital fue construido en el año 1997, con fines de brindar servicio gratuito y de calidad a la población en su mayoría del norte del país. Dicha institución cuenta con un sistema de generación de vapor, el cual está conformado por dos calderas pirotubulares que son el núcleo de este sistema, cabe destacar que la producción de vapor es de vital importancia para el hospital, ya que de este depende la esterilización de diversos instrumentos quirúrgicos y áreas de lavandería, mejorando las condiciones de seguridad e higiene en la atención de los pacientes.

El sistema de distribución de vapor es enlace importante entre la fuente generadora del vapor y los servicios de apoyo del hospital. La fuente generadora del vapor puede ser una caldera o una planta de cogeneración. Esta, debe proporcionar vapor de buena calidad en las condiciones de caudal y presión requerida y debe realizarlo con las mínimas pérdidas de calor.

Como objetivo principal se evaluó el sistema de generación de vapor debido a que las prestaciones de servicio en el horizonte del tiempo desde su instalación a la fecha han sufrido deterioro y las condiciones de trabajo no deben ser en la actualidad las óptimas debido al régimen de explotación al que han sido sometidas, por lo tanto, se desconoce el estado actual de la maquinaria, sus líneas de distribución de vapor, así como de retorno de condensados, lo que dificulta definir la capacidad de operación del sistema y de los subsistemas instalados.

Por lo cual esta investigación se realizó con el propósito de presentar alternativas de mejora para alcanzar el máximo aprovechamiento de los recursos, dirigiéndolo de esta manera al óptimo funcionamiento del sistema de

generación de vapor instalado en el HESJDE en función de aportar a la calidad de servicio.

## **Materiales y métodos**

Según las características de la investigación y debido a los métodos, es de enfoque cualitativo, es decir de tipo (mixta). De acuerdo con Hernández Sampieri en su libro de metodología de investigación (2003), define que, “este modelo mixto representa el más alto grado de integración y combinación entre los enfoques cualitativos y cuantitativos, (pag.21).

Se define como cualitativa debido a que se basó en la aplicación de instrumentos de recolección de datos, entre ellos, observación participante y entrevista libre, realizadas a tipo de conversación, a su vez, como se menciona anteriormente la investigación es también de enfoque cuantitativo, es decir se realiza la evaluación a través de cálculos financieros y de operación, de igual forma, a través de la aplicación de encuestas semiestructuradas y guía de observación.

La investigación es del tipo aplicada, dado que busca la resolución de problemas prácticos y concretos de forma sintética, busca confrontar la teoría con la realidad, dependen de descubrimientos y avances.

Conforme al diseño de la investigación es de tipo no experimental, debido a que como investigadores no atenuamos cambios intencionales en las variables estudiadas, es decir no modificamos o alteramos los parámetros de operación del sistema para realizar la evaluación.

Con base al alcance temporal de la investigación, es de tipo transversal, dado que se condujo en un periodo de tiempo determinado.

De acuerdo con el alcance de la investigación, es de tipo exploratorio con un diagnóstico descriptivo, exploratorio porque permite examinar un tema poco estudiado, dado que nuestra problemática se basa en la falta de estudios relacionados con el funcionamiento del sistema de generación y distribución de

vapor, cabe mencionar que lo consideramos exploratorio específicamente para el HESJDE, tomando en cuenta el problema actual; descriptivo porque nos permite recolectar datos, identificar los problemas actuales, a su vez medir y evaluar la forma de operación del sistema de redes de vapor, describiendo los parámetros a investigar.

Conciérne a las instituciones de salud pública del departamento de Estelí, correspondientes a los municipios de, Estelí; Hospital Escuela San Juan de Dios, la Trinidad; Hospital Pedro Altamirano, Condega; Hospital primario Ada María López, Pueblo nuevo; Hospital primario Monseñor Julio Videa y el centro de salud del municipio de Estelí; Leonel Rugama, tomando como única referencia al Hospital Escuela San Juan de Dios, por su mayor nivel de resolución, tomando en cuenta que es el único hospital que posee un sistema de generación y distribución de vapor completo, puesto que el tema de estudio se basa específicamente en la evaluación de este sistema.

Al centrarnos en el tipo de universo/población correspondiente al estudio, se estableció como referencia para nuestro universo, principalmente a las instalaciones del Hospital Escuela San Juan de Dios de Estelí, así mismo, se determinó la muestra, la cual abarca a las personas encargadas tanto del área de mantenimiento como a los operarios de las áreas que se abastecen del sistema de generación de vapor, concluyendo así con una muestra equivalente a 17 personas distribuidas por área, por consiguiente siendo a quienes se les aplicará la encuesta semiestructurada.

Los métodos de recolección de datos que permitieron corroborar la información necesaria para realizar nuestra investigación fueron; la observación participante, entrevista libre, guía de observación, encuesta semiestructurada y entrevista semiestructurada.

## **ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

En la presente etapa, se desarrollan los resultados obtenidos del trabajo de

investigación, llevado a cabo en el sistema de generación y distribución de vapor del HESJDE, con la finalidad de concretar la información para un mejor análisis y cumplimiento de los objetivos propuestos.

De manera que el estudio desarrollado permitió definir aquellos aspectos planteados como temas centrales u objetivos trazados de manera previa en este estudio.

### **Diagnóstico del funcionamiento del sistema de generación de vapor.**

En referencia al cumplimiento de este objetivo, enfocados en el funcionamiento actual del sistema de generación de vapor, los instrumentos de recolección de datos utilizados para el diagnóstico, se encuentran: la guía de observación, entrevista libre y entrevista semi estructurada, así como, la encuesta semi estructurada y la observación directa.

De estos métodos, los que permitieron corroborar la información sobre el funcionamiento del sistema desde su generación hasta su distribución en las estaciones de demanda, fue la observación directa y la entrevista libre que se llevó a cabo con los operarios del área de mantenimiento.

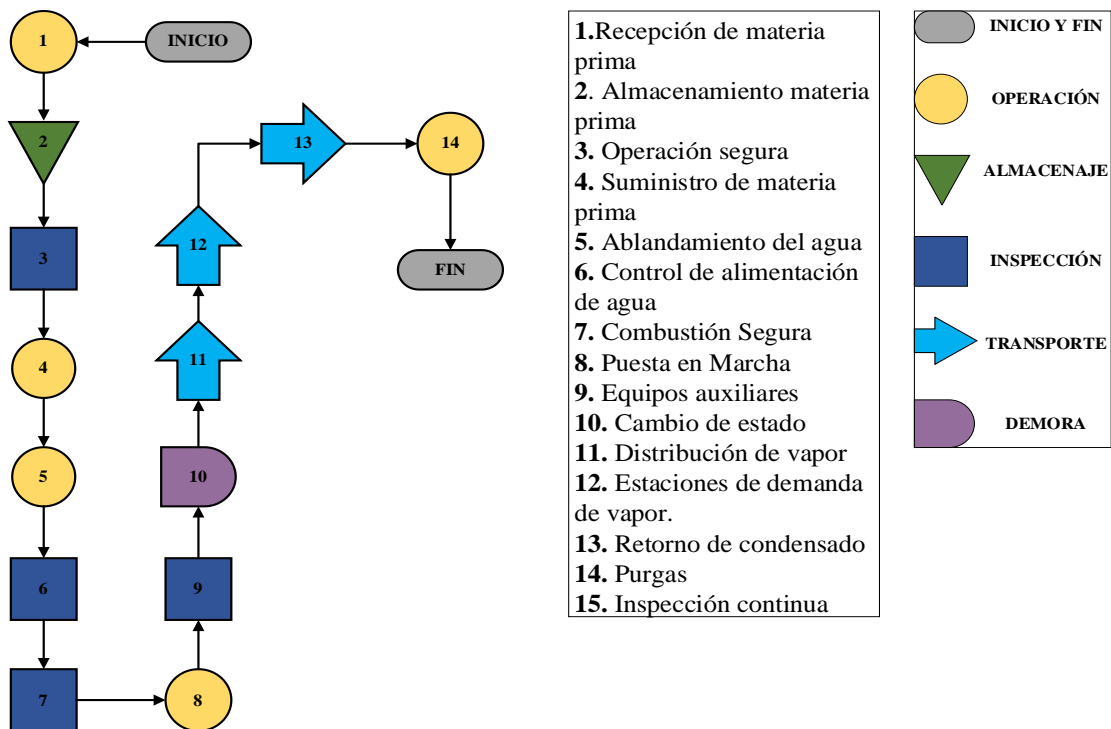


Figura 1 Diagrama esquemático de flujo

Fuente: Equipo de investigación.

La importancia de haber utilizado los dos métodos anteriormente mencionados, es para poder presenciar factores relevantes en el funcionamiento del sistema, por consiguiente, la información brindada por los operarios es precisamente comprobada por el equipo de investigación. Por lo tanto, en resultado de la aplicación del siguiente diagrama de flujo se refleja las operaciones del sistema de generación y retorno de vapor, mostrando su respectiva señalización a cada operación.

Las ventajas de realizar este tipo de diagrama, es que se aborda de manera específica el proceso de funcionamiento del sistema, ya que en este se encuentran las actividades fundamentales

Así mismo, otro factor importante a considerar es la ejecución de una **entrevista**, la cual se elaboró con el propósito de ser aplicadas a las personas que están más involucrados en la operación y funcionamiento del sistema de generación y distribución de vapor.

Una vez elaborada la entrevista se realizó su pilotaje ajustándose en cuanto a su coherencia para obtener respuestas más concretas que faciliten el análisis y discusión de los resultados, del estudio.

Por lo tanto, el instrumento consta de preguntas directrices para el personal involucrado de acuerdo al área específica en que se desempeña

La primera entrevista fue aplicada el Ingeniero Mecánico Allan Fuentes Peralta, jefe del departamento de Ingeniería y mantenimiento del HESJDE, quién afirmó la relevancia de realizar el estudio en cuestión tomando en cuenta las ventajas que conlleva, como identificar fallos y evaluar la calidad de funcionamiento del sistema.

El ingeniero mencionó los fallos más comunes en el sistema de generación de vapor, siendo estos las pérdidas por fugas en las tuberías de la red de vapor y pérdidas de energía por falta de aislamiento, considerándolos como aspectos relevantes e importantes para nuestra propuesta de alternativas de mejoras. A su vez reconoció la dedicación de los operarios a su cargo en cuanto a la ejecución de mantenimientos preventivos y correctivos en el sistema.

La segunda entrevista realizada fue al operario de calderas, Marco Antonio Rivas con una experiencia laboral de 36 años considerando que su principal labor ha sido el control y manejo de sistemas de generación de vapor.

Al responder una de las preguntas de entrevista, ¿Si se realizará una rehabilitación del sistema de generación y redes de vapor, que aspectos le gustaría se mejoraran?

Manifestó que los principales aspectos a tomar en cuenta, desde su punto de vista es el aislamiento de tuberías y la ubicación de algunos equipos de esterilización.

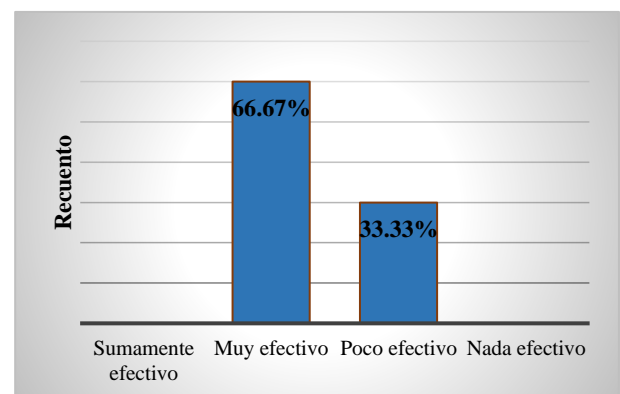
Posteriormente se realiza el análisis de las encuestas elaboradas con el propósito de realizar un estudio profundo de este método de recolección de datos.

Se obtuvo a través de este método, aspectos relevantes para el diagnóstico del funcionamiento del sistema de generación y distribución de vapor, en síntesis, de los resultados obtenidos se concluyó que la mayoría de los problemas que presenta el sistema, están relacionados con la falta de aislamiento térmico en sus líneas de distribución de vapor, falta de capacitaciones a los colaboradores, algunos sistemas de purgas en mal estado.

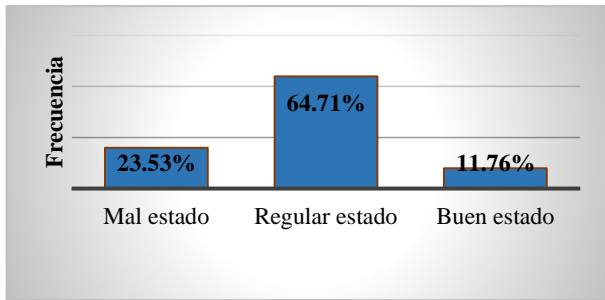
Se realizaron algunas pruebas no paramétricas para medir el grado de relación entre variables, la prueba utilizada fue Tau C de Kendall, en la cual se obtuvo resultados positivos, es decir, las variables de mayor interés tenían un grado de relación significativo.

Para realizar la prueba Tau c de Kendall se tomó en cuenta la variable más influyente en el estudio; la efectividad de suministro de vapor en las estaciones de demanda la cual fue correlacionada con algunos de los factores que se consideran, cuentan con mayores defectos actualmente, esto con el propósito de conocer si el mal estado de los dichos dispositivos influye en la efectividad de suministro de vapor. Posteriormente se muestran algunos de los gráficos más relevantes en el estudio.

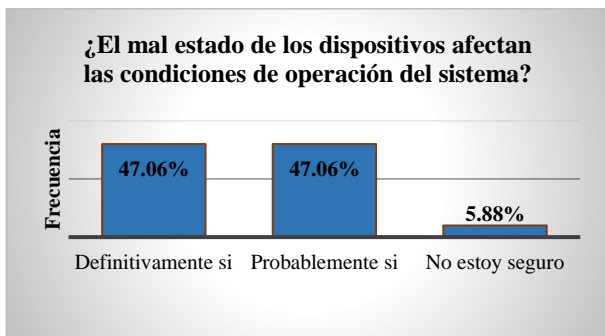
#### *Efectividad de suministro*



*Aislamiento de tuberías y anclajes en la red de vapor*



*Afectación a las condiciones de operación*



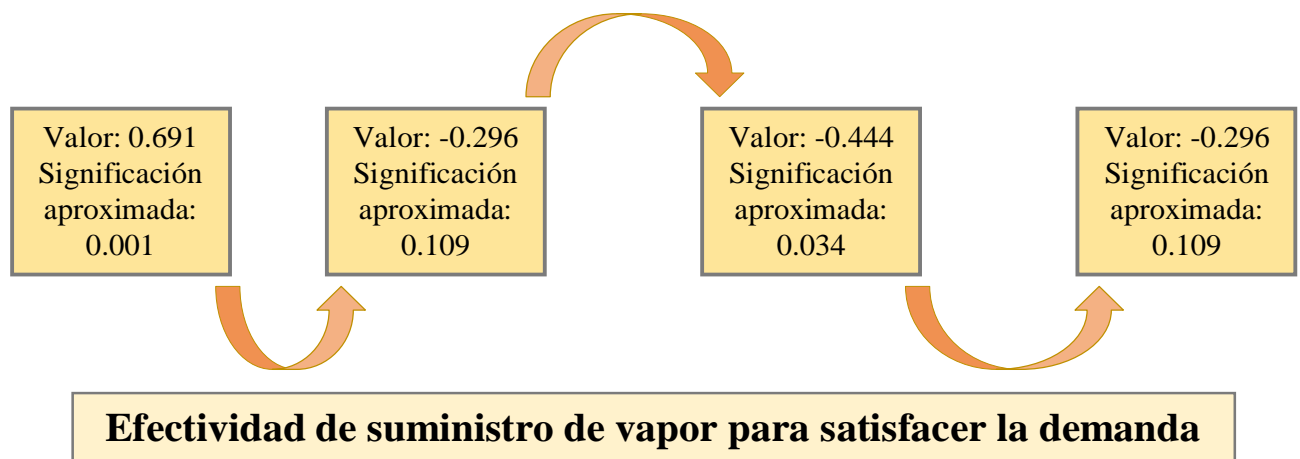
**Finalmente, los resultados de las pruebas de correlación elaboradas.**

Estado del aislamiento de las tuberías y anclajes de la red de vapor

Estado de los sistemas de purgas en los equipos de demanda de vapor

¿El mal estado de los dispositivos de distribución, fugas de vapor y pérdidas de calor en el sistema, afectan las condiciones de operación de los equipos de servicio ?

Estado de las válvulas de distribución en la red





En lo que refiere al análisis profundo del sistema de generación y distribución de vapor, la **observación directa** a través de plantillas estructuradas de manera detallada, fue uno de los instrumentos clave para identificar el estado actual de cada una de las partes del sistema.

Este instrumento fue aplicado a las dos calderas que operan actualmente en el área de mantenimiento del HESJDE, de manera que logramos identificar individualmente los problemas vigentes en cada uno de los generadores.

La primera lista de observación se realizó en la caldera pirotubular CleaverBrooks, con una presión máxima de trabajo de 150 Psi equivalente a 10.34 bar de presión la cual funciona con combustible diésel y gas butano.

La segunda lista de observación se llevó a cabo con el generador Sincal, el más actualizado que contiene el área de mantenimiento del HESJDE, consta con una superficie de calefacción de 25,96 m<sup>2</sup>, presión máxima de trabajo de 11 bar y el combustible que utiliza es diésel.

Como se mencionó al inicio, las calderas pirotubulares que están ubicadas en el área de mantenimiento del hospital, son recientes, es decir no han presentado falla alguna, por lo tanto, donde más se presentan problemas, según el estudio y análisis de las listas de observación, es en las tuberías principales y ramales de vapor, incluyendo el mal estado de algunas válvulas de purgas.

Todo lo planteado hasta ahora concluye de manera general a los problemas más comunes que presenta el sistema, las listas de observación, entrevistas semiestructuras nos ayudaron a corroborar aspectos de suma importancia para el estudio en cuestión, cabe destacar que las entrevistas libres que se realizaron a forma de conversación con los operarios del sistema y demás personas del área, también nos sirvió de ayuda para tomar en cuenta factores que necesitan ser mejorados, esto será plasmado en nuestras propuestas de mejoras para el mismo.

### **Determinación del dimensionado de la capacidad instalada del sistema de generación y distribución de vapor.**

Lo primero que debe tomarse en cuenta para determinar la capacidad del generador de vapor, es precisamente, la demanda de vapor existente en el proceso, teniendo presente que la selección de un generador de vapor con capacidad excesiva con respecto a la demanda resultaría antieconómica; así mismo, si la capacidad del generador de vapor es menor que la requerida, nunca se llegaría a cubrir la demanda y por lo tanto serviría solamente de una forma parcial.



## Representación del sistema de generación, distribución y demanda de vapor del Hospital Escuela San Juan de Dios, Estelí

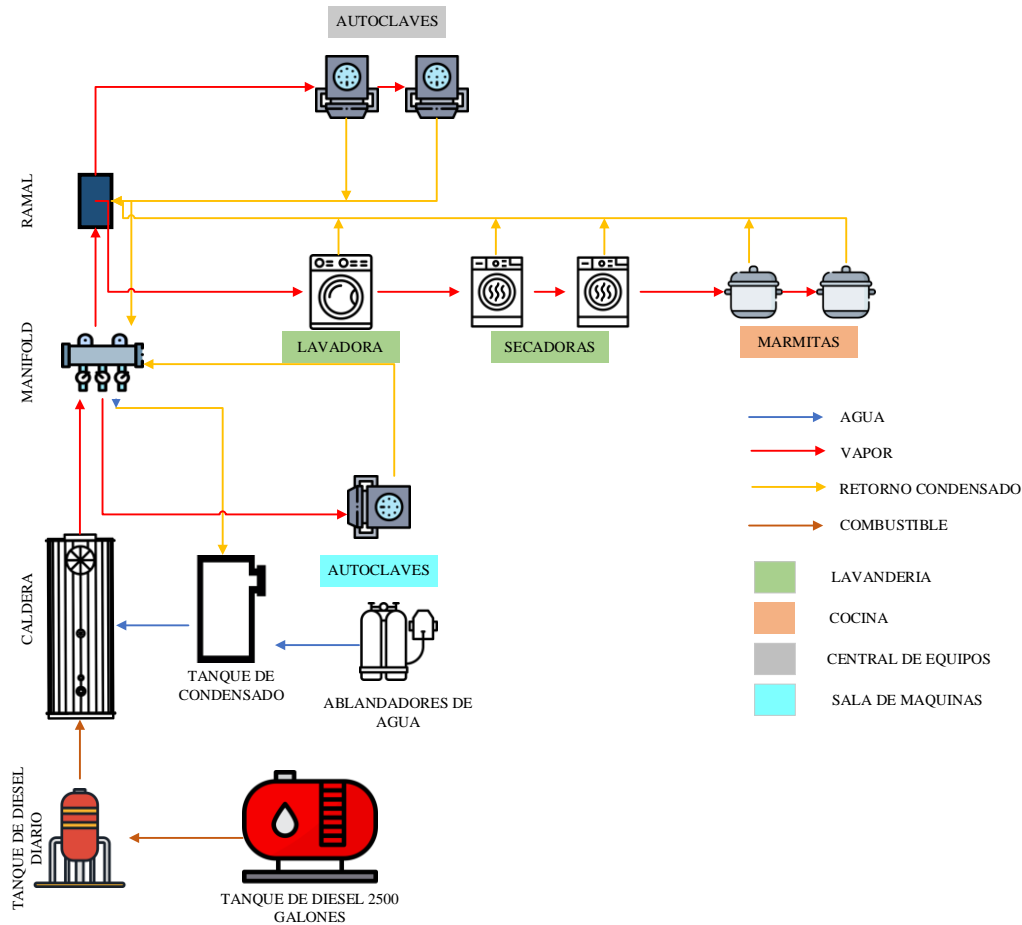


Figura 1 Representación y demanda de vapor HESJDE

Fuente: Equipo de investigación.

### Demanda de vapor del hospital escuela San Juan de Dios Estelí.

La demanda de vapor actual en el hospital se obtuvo mediante las especificaciones técnicas del fabricante de los equipos, la cual nos dice el consumo máximo de vapor de cada dispositivo.

A continuación, se muestra la tabla de demanda de vapor en el hospital escuela San Juan de Dios Estelí, se divide por estación y los equipos que existen en cada una de ellas.

Estimando pérdidas de energía conducción, convección y radiación natural en un 15% resulta:

$$\text{Demanda de vapor real} = 1.15 * (841.79 \text{ kg/h}) = 968.05 \text{ kg/h}$$

Para esta aplicación no se tomó en cuenta el factor de 25% para futuras ampliaciones, debido a que en el hospital existen dos calderas actualmente y solo se realizaron los cálculos para conocer la demanda actual de generación de vapor.

Comercialmente, las calderas son proporcionadas por los caballos caldera (BHP) que puede desarrollar. Y un BHP es equivalente a 15.7 kg/h entonces tenemos que:

$$\text{Demanda de vapor} = (968.05 / 15.7)$$

$$\text{Demanda de vapor} = 61.65 \text{ BHP}$$

**Tabla 1**

*Demanda de vapor*

<b>Estación</b>	<b>Equipos</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Consumo (kg/h)</b>	<b>Consumo total(kg/h)</b>
Lavandería	Lavadora	1	180	180
	Secadora	2	142.72	285.44
Cocina	Marmitas	2	120	240
Central de equipos	Autoclave manual	1	45.45	45.45
	Autoclave automática	1	45.45	45.45
Calderas	Autoclave manual	1	45.45	45.45
<b>TOTAL</b>		<b>8</b>		<b>841.79</b>

Fuente: Equipo de investigación

### **Demanda de combustible del generador**

Según datos del departamento de mantenimiento del HESJDE, la caldera realiza 25 ciclos al día y cada ciclo dura alrededor de 10 minutos, lo que nos da que el trabajo real de la caldera son 4h, y existe un consumo diario de 50 galones por día.

Según lo anteriormente planteado indica que aproximadamente en el régimen de operación actual del equipo el consumo de combustible gasoil (diésel) es de 4.12 gal/h.

### **Ramales de vapor.**

En la siguiente tabla se exponen los principales datos de los tramos de tuberías por donde circula el vapor de agua en el hospital, en cuanto a longitudes, diámetros y configuración.

Toda la tubería instalada es de acero al carbono Schedule 40.

En el HESJDE las líneas de distribución de vapor están instaladas de la siguiente forma:

**Tabla 2**

*Tramos de tubería de distribución de vapor*

<b>Tramo</b>	<b>Longitud (m)</b>	<b>Caudal (kg/h)</b>	<b>Diámetro (in)</b>
Manifold-Autoclave	4.52	45.45	½"
Ramal-Lavadora	27.5	180	1 ¼"
Ramal-Secadoras	28	285.44	1 ¼"
Ramal-Marmitas	56	240	½"
Ramal-Autoclaves CE	44.52	91	½"

Fuente: Equipo de investigación.

### **Retorno de condensado.**

El retorno del condensado es un proceso productivo, cuando el vapor transfiere su calor a través de intercambiadores de calor o calefacción, éste cambia a la fase líquida, lo cual constituye lo que comúnmente se llama condensado.

Durante los procesos de transferencia de calor a partir de vapor saturado, éste entrega su calor latente (entalpía de la evaporación), que representa la mayor proporción del calor total que el vapor contiene.

Un sistema térmico de generación de vapor eficiente reutiliza el condensado. El desechar o botar el condensado es pérdidas de recursos financieros, y malas prácticas técnicas y medioambientales, por lo cual una de las acciones importantes para mejorar la eficiencia energética, es aprovechar la energía contenida en el condensado, el modo de utilizarlo es haciéndolo retornar al sistema de la caldera.

### **Trazado mediante aplicativo informático el sistema completo de generación, distribución y retorno de vapor.**

Para desarrollar un proyecto de construcción es necesario contar con un plano donde se muestre la ubicación, el diseño y las dimensiones con precisión, así como la interrelación de todos los elementos del proyecto.

Entendemos por plano a la representación gráfica, sobre papel o a través de software especializado, de un terreno, de una superficie, de una parte, de una construcción, entre otros.

Un plano arquitectónico debería considerar:

Deben expresar claramente los factores que pudieran condicionar el proyecto.

Deben tener en consideración las condiciones del área que rodea al proyecto y expresarlas claramente.

Expresar gráficamente las transformaciones y adecuaciones que contendrá el proyecto de construcción.

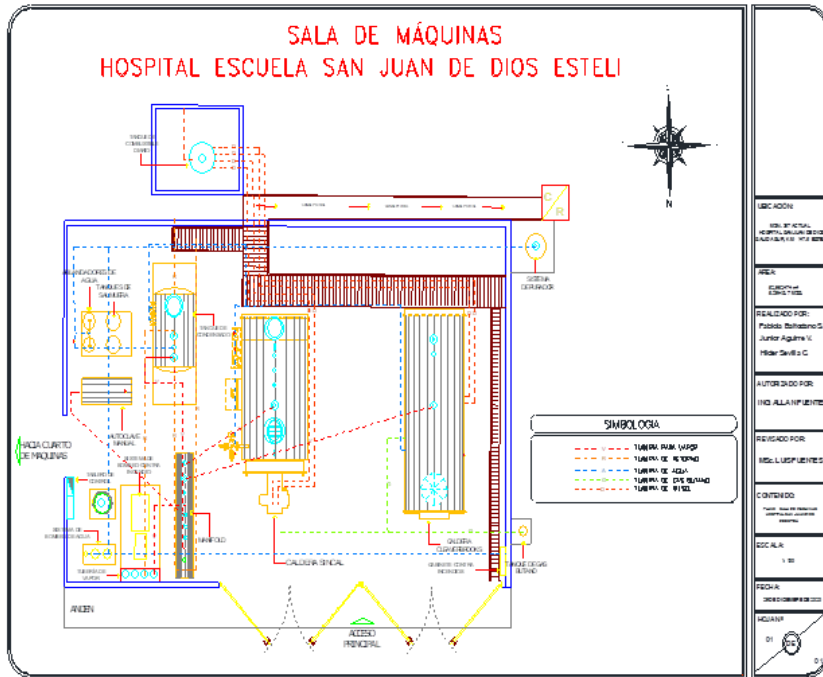
Debe ser un auxiliar para medir y presupuestar los costos de llevar a cabo el proyecto.

En el Hospital Escuela San Juan de Dios Estelí no se contaba con un plano arquitectónico actual del área de sala de máquinas y distribución de vapor.

Es por eso que cómo equipo de investigación se procedió a la elaboración de dichos planos que se detallaran a continuación, cabe destacar que el jefe de ingeniería y mantenimiento del hospital HESJDE nos brindó el plano general de todas las instalaciones del hospital.

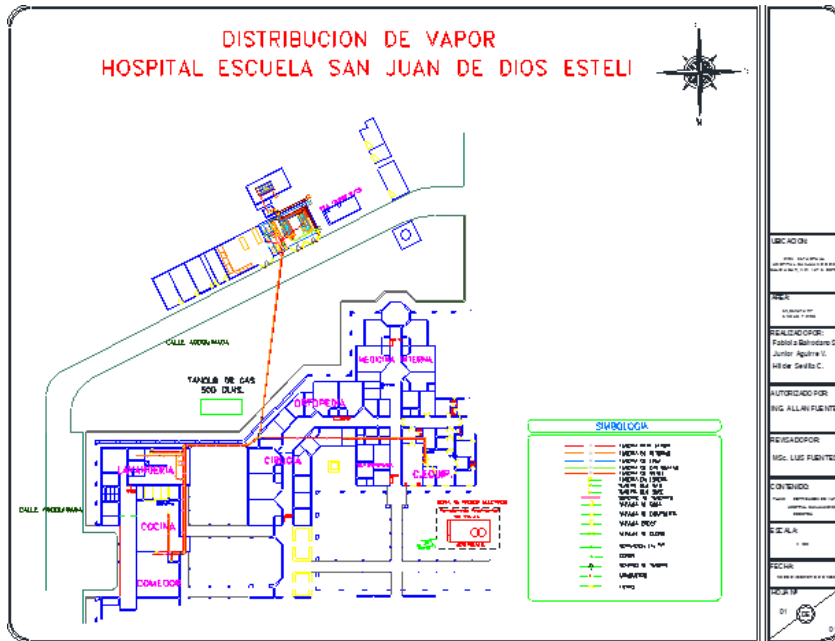
Los planos que se elaboraron son, plano general del hospital con sala de máquinas actualizada, distribución de planta de sala de máquinas y distribución de vapor. Estos contribuirán y será sumamente efectivo para el desarrollo de formulación de un nuevo proyecto o futuras ampliaciones que se deseen realizar, siendo un insumo de muchísima importancia.

Los planos se desarrollaron en el aplicativo informático AUTOCAD 2021.



Plano 1 Distribución de Planta Sala de Máquina HESJDE.

Fuente: Equipo de investigación.



Plano 1 Distribución de vapor en el HESJDE.

Fuente: Equipo de investigación

**Propuestas de alternativas de mejoras para el funcionamiento óptimo del sistema de generación de vapor.**

Mediante el proceso investigativo realizado y con los resultados obtenidos gracias a los instrumentos de investigación, consideramos que actualmente la sala de máquinas del Hospital Escuela San Juan de Dios de Estelí se encuentra en buen estado, con problemas menores que se mencionan más adelante, esto es debido a una reciente actualización de equipos, más no se realizó una actualización en las redes de vapor en la cual si se encuentran problemas a los que se les dará una propuesta de mejora para su óptimo funcionamiento.

Inicialmente se plantea la perdida de combustible al mes tomando en cuenta las tuberías no aisladas.

**Cálculos monetarios sobre la pérdida de energía y combustible por falta de aislamiento en la tubería**

Puesto que permanentemente se pierden 40W por metro de tubería aun contando con su debido aislante térmico y 279W



metros por toda la tubería en general, esto tomando en cuenta que existe tubería aislada y no aislada, restamos 40W/m a los 279W/m para obtener el valor real sobre la tubería sin aislamiento, por consiguiente, equivale a 239W/m.

1W \_\_\_\_\_ 3.41214 Btu/h/m

239W \_\_\_\_\_ X

$X = 815.50146 \text{ Btu/h/m}$

Luego los Btu/h/m se multiplican por las 12 horas que opera el sistema diariamente.

$815.50146 \text{ Btu/h/m} * 12\text{h} = 9,786.01752$

Btu/día

Para ello se calcula la cantidad de combustible correspondiente a los Btu/día

$(9,786.01752).$

$Q_{\text{combustible}} = 9,786.01752 \text{ Btu/día} / 138,000$

Btu/gal

$Q_{\text{combustible}} = 0.07091 \text{ gal/día}$

Considerando una eficiencia del generador de vapor del 80%, se obtiene una demanda de combustible de:

$Q_{\text{combustible}} = 0.07091 \text{ gal/día} / 0.80$

$Q_{\text{combustible}} = 0.0886375 \text{ gal/día}$

Una vez calculada la cantidad de galones de combustible que se necesita para la operación diaria, se multiplica por el precio vigente del combustible tipo diésel brindado por el Instituto Nicaragüense de Energía (2021) mediante un monitoreo realizado en la ciudad capital Managua, donde indica que el precio promedio es de 28.18 córdobas por litro, equivalente 106.6613 córdobas por galón.

$0.0886375 \text{ gal/día} * \text{C\$ } 106.6613 = \text{C\$ } 9.4541$

Lo que simboliza un consumo de combustible de C\$ 9.4541 al día por cada metro de tubería sin aislamiento.

El sistema de generación y distribución de vapor actualmente cuenta con 65m de tubería sin aislamiento.

$65m * 9.4541 = C\$ 614.5165$  diarios

El sistema pierde C\$ 614.5165 al día por falta de aislamiento térmico y, por ende, esto representa una pérdida mensual de C\$ 18,435.495.

Lo anteriormente reflejado muestra la pérdida de energía del sistema de generación y distribución de vapor, el cual cuenta con 65m de tubería sin aislamiento, el número de Btu equivalente a 239W que pierde la tubería sin aislar se convierte a cantidad de combustible, esto con el propósito de conocer cuántos galones de diésel se pierden al día.

El objetivo de realizar este análisis se basa en conocer a través de la evaluación del sistema, cuánto dinero se pierde actualmente al no contar con la cantidad necesaria de aislamiento para todos los metros de tubería del sistema.

### **Propuesta para mejorar el aislamiento térmico**

Anteriormente, la utilidad del aislamiento era únicamente para proveer protección al personal de planta y prevenir la condensación y congelación del fluido. Actualmente la situación es diferente, ya que el costo del combustible y el equipo de generación de vapor y de transporte es elevado. Debido a esta situación se ha definido el espesor óptimo de aislamiento puesto que, a medida que el espesor aumenta, los costos de las pérdidas de calor disminuyen, a su vez los costos de aislamiento incrementan.

**Material propuesto:** El material a utilizar como aislamiento de la tubería del sistema de

generación de vapor y retorno de condensado propuesto es la fibra de vidrio con espesor de 2in, debido a que ésta es utilizada comúnmente para sistemas de vapor de bajas y medianas presiones, el sistema de la empresa trabaja a una presión máxima de 7 bar. Además, soporta temperaturas de hasta 482 grados celcius.

Como plantea Yunus A. Çengel, en el libro de transferencia de calor y masa (2007), se puede calcular la pérdida de calor de un tubo aislado de vapor de agua.

### **Descripción de cuarto de válvulas (modificación).**

El cuarto de válvulas del HESJDE posee un área muy pequeña, lo cual dificulta el acceso para realizar operaciones de mantenimiento o reparaciones.

Como se menciona anteriormente, la sala de máquinas se encuentra en buen estado por una reciente actualización en donde se sustituyó uno de los generadores de vapor, las propuestas de mejora de menor impacto se detallan a continuación.

### **Instalación de una válvula de seguridad del tramo caldera Sincal- manifold de distribución de vapor.**

Teniendo en cuenta que, en la industria cuando los sistemas operan a presión, la maquinaria puede verse sometida a presiones superiores a la cual fueron diseñadas. Por consiguiente, los generadores y el sistema de vapor presentan el riesgo latente de explosión. De tal manera que, puede causar graves consecuencias tanto para los operarios como al personal de instalaciones cercanas.

### **Reubicación de la autoclave instalada en la sala de máquinas.**

Por motivos de orden de los equipos, facilitar el acceso y la libre circulación, es necesario la reubicación del equipo de esterilización (autoclave). Además, tomando en cuenta la congestión de maquinaria y la distancia entre ellas por la seguridad y comodidad del operador

de calderas, a su vez es indispensable la inocuidad en esta actividad.

**Propuesta en área de cocina y lavandería.**

En palabras de los encuestados, “es necesario la pronta sustitución de los equipos”, puesto que estos equipos de consumo instalados actualmente en el área de lavandería, están prácticamente obsoletos, en lo que abarca la lavadora y las secadoras.

En el área de cocina, la propuesta es reinstalar la línea de retorno de condensado, debido a que no está habilitada. Un sistema térmico de generación de vapor eficiente reutiliza el condensado.



## **CONCLUSIONES**

En virtud de los resultados, no cabe dudas que el vapor de agua es de suma importancia en la industria, en este caso es un respaldo indispensable en el centro asistencial Hospital Escuela San Juan de Dios de Estelí, para brindar la atención adecuada bajo las condiciones apropiadas de acuerdo a las necesidades de sus pacientes, en donde se llevó a cabo la presente evaluación en la operación del sistema de generación de vapor.

Se desarrolló este diagnóstico durante la operación del sistema de generación de vapor a través de la observación directa al igual que la entrevista libre, aplicada a forma de conversación al personal directamente involucrado. Dichos métodos que permitieron conocer eventualmente los fundamentos tanto en la generación y calidad del vapor de uso industrial, como del funcionamiento de la maquinaria instalada y el estado actual de la red de distribución del sistema. También, revelaron datos esenciales que se ordenaron y recopilaron, lo que incidió en la formulación de propuestas para el mejoramiento en el sistema.

Por medio de este estudio se consiguió comprobar el volumen máximo de producción de vapor, el cual es distribuido por medio de tuberías instaladas bajo los parámetros establecidos por las guías de referencia técnicas de distribución de vapor. Esta cantidad de vapor obtenida gracias a los generadores, son suficientes para abastecer las áreas de consumo, puesto que tienen la capacidad de producir por encima de la demanda. Sin embargo, debido a las fugas en tuberías, falta de aislamiento en las líneas de vapor y derivaciones, equipos de consumo en mal estado y la falta de mantenimiento. El sistema de generación de vapor está consumiendo más recursos de lo establecido.

Se realizó el trazado de planos arquitectónicos en primera instancia de la distribución actual de la planta en la sala de máquinas y otro plano directamente ligado al recorrido de tuberías de alimentación de agua y combustible; vapor y retornos de condensados, los cuales van desde el manifold hasta las áreas de consumo. Ambos constan con su debida señalización y componentes como soportes y válvulas. Sin

lugar a dudas todo esto ayuda a perfeccionar y actualizar las instalaciones, líneas de distribución y a proyectar futuras ampliaciones si el Hospital Escuela San Juan de Dios Estelí decide optar por aplicar las alternativas de mejoras al sistema de vapor.

## **RECOMENDACIONES**

Ante la vulnerabilidad inminente del personal involucrado directa e indirectamente a un sin número de riesgos por las altas temperaturas, desde la generación, distribución y abastecimiento del vapor, es una necesidad la capacitación y el entrenamiento de estos colaboradores para evitar riesgos y puedan manejar cualquier situación imprevista.

Gestionar fondos ante la administración competente, tomando en cuenta las alternativas de mejora brindadas por esta investigación.

Restringir el acceso y operación del personal o cualquier otro individuo que no porte los debidos equipos de protección en la sala de máquinas, para evitar todo tipo de incidente debido a las altas temperaturas, al igual que las altas presiones.

Por motivos de inspección continua y aportación al funcionamiento adecuado del sistema de vapor, es indispensable asignar tareas específicas al operador de calderas. Ya que, realiza múltiples actividades ajenas a las de operación del sistema, lo que implica un descuido parcial de su labor principal fatigando al trabajador en sus jornadas diarias. Por lo tanto, se recomienda reclutar personal capacitado y definir tareas precisas.

Se debe establecer una distribución de planta con su debida señalización, puesto que en la sala que se encuentran los generadores de vapor, siendo más específicos en el área donde se localizan: el manifold, la caldera SINCAL y tanque de condensados; hay una falta de distanciamiento entre maquinaria, lo que dificulta la libre circulación del operador y lo deja en contacto bajo roces con el material de aislamiento y la tubería sin aislar.

Como una medida preventiva al momento de un percance, es indispensable habilitar una entrada independiente, así como una salida las cuales sean libres y de acceso directo. A su vez, una debida señalización en la sala de máquinas con el propósito de informar a los operarios y personal externo; de recomendaciones, rutas permitidas, restringidas y del uso en general de las instalaciones y maquinaria de este sitio.

## **BIBLIOGRAFÍA**

- Çengel, Y. A. (2007). *Transferencia de calor y masa*. DF Mexico : Mc Graw-Hill.
- Concepto de marco teórico. (2010). En R. Hernández Sampieri, C. Fernández Collado, & M. d. Baptista Lucio, *Metodología de la investigación* (págs. 73-656). México D.F: McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V.
- Dr. Roberto Hernández Sampieri, D. C. (2003). *Metodología de la investigación 6ta edición*. Mexico: Miembro de la Cámara Nacional de la Industria Editorial Mexicana, Reg. Núm. 736.
- Gobierno de México. (07 de Julio de 2018). *Normas IMSS*. Obtenido de IMSS: <http://www.imss.gob.mx/conoce-al-imss>
- Hernández, S., & Hernández Sampieri, R. (2003). *Metodología de la investigación*. Mexico: Mc Graw-Hill Interamericana. Mexico. D.F, 2003.
- Instituto Mexicano del Seguro Social. (2004). *Instalaciones Hidráulicas, Sanitarias y Especiales*. Distrito Federal: Instituto Mexicano del Seguro Social.
- Instituto Nicaragüense de Energía . (01 de febrero de 2021). *Instituto Nicaragüense de Energía, Dirección General de Hidrocarburos*. Obtenido de Instituto Nicaragüense de Energía : [https://www.ine.gob.ni/DGH/monitoreos/2021/RES\\_monitoreo.pdf](https://www.ine.gob.ni/DGH/monitoreos/2021/RES_monitoreo.pdf)
- LENNTECH. (1998-2020). *Características del agua para alimentación de calderas*. Obtenido de LENNTECH: <https://www.lenntech.es/aplicaciones/proceso/caldera/tratamiento-de-agua-de-calderas.htm>
- S.A, S. S. (2020). Distribucion de vapor. *Guía de referencia Técnica de distribución de vapor*, pag 2.
- Sampieri, R. H. (2014). *Metodología de la investigación 6ta edición* . Mexico : McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V.
- SpiraxSarco. (2020). Controladores electrónicos para calderas de vapor. *Controladores electrónicos para calderas de vapor. Control de nivel, purga de sales y de fondo de calderas*, 9-15.
- Spirax-Sarco. (2020). *Guía de referencia técnica de distribución de vapor*. Buenos Aires- Argentina: Spirax-Sarco S.A.
- Wigodski, S. J. (14 de julio de 2010). *Metodología de la investigación*. Obtenido de Metodología de la investigación: <http://metodologiaeninvestigacion.blogspot.com/2010/07/poblacion-y-muestra.html>
- YUNUS A. ÇENGEL, & MICHAEL A. BOLES. (2015). *Termodinámica octava edición*. México: Mc. Graw Hill Education.

