



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA

MECÁNICA ELÉCTRICA

**Rediseño de la red de distribución de vapor en el Hospital  
Regional Docente de Trujillo para mejorar su capacidad  
térmica y eficiencia.**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Mecánico Electricista

**AUTOR:**

Carrasco Correa, Jean Pierre (orcid.org/0000-0002-1980-8785)

**ASESOR:**

Mg. Julca Verastegui, Luis Alberto (orcid.org/0000-0001-5158-2686)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Generación, Trasmisión y Distribución.

**LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:**

Innovación tecnológica y desarrollo sostenible

TRUJILLO - PERÚ

2022

## **DEDICATORIA**

Este trabajo de investigación está dedicado para todas las personas que depositaron su confianza en mí, especialmente para Margarita Pérez Mesa y Mario Correa Oliva que fueron y serán la base fundamental para la edificación de mi crecimiento personal y profesional.

## **AGRADECIMIENTO**

A mi madre Aurora Emilia Correa Pérez y a mi padre José Salvador Carrasco Reátegui ya que ellos fueron la base, el apoyo durante todo este periodo y a lo largo de mi vida. Un agradecimiento a los Trabajadores del hospital regional docente de Trujillo por brindarme su apoyo para realizar mis prácticas, También a Yoseliny Gomez Salinas por ser mi motivación durante este proceso y a mi mejor amigo que lo considero como mi hermano a Esteban Arqueros, mi hermano Jean Paul y también al señor Luis Polo y Pedro Peña. Por último, al ingeniero José Livaque por mantener la confianza y el apoyo en mi persona.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	iv
ÍNDICE DE TABLAS.....	v
ÍNDICE DE FIGURAS.....	vi
RESUMEN.....	x
ABSTRACT.....	xi
<b>I. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>II. MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>4</b>
<b>III. METODOLOGÍA.....</b>	<b>26</b>
3.1. Tipo y diseño de investigación.....	26
3.2. Variables y operacionalización.....	26
3.3. Población, muestra y muestreo.....	27
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	28
3.5. Procedimientos.....	28
3.6. Método de análisis de datos.....	30
3.7. Aspectos éticos.....	30
<b>IV. RESULTADOS.....</b>	<b>31</b>
<b>V. DISCUSIÓN.....</b>	<b>175</b>
<b>VI. CONCLUSIONES.....</b>	<b>179</b>
<b>VII. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>181</b>
<b>REFERENCIAS.....</b>	<b>182</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>190</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Capacidad actual de transporte de vapor en función de la velocidad, para tubería de alimentación a Cocina HRDT.....	61
capacidad de transporte de vapor en función de velocidad para tubería de alimentación a Central de esterilización HRDT.....	63
capacidad de transporte de vapor en función de velocidad para tubería de alimentación a Lavandería 100 psig HRDT.....	65
capacidad de transporte de vapor en función de velocidad para tubería de alimentación a Lavandería a 10 psig HRDT.....	67
Listado de Materiales y Mano de Obra Cambio de Tuberías Vapor en el HRDT.....	166
Listado de Materiales y Mano de Obra Cambio de Tuberías Vapor en el HRDT de Lavandería.....	168
Listado de Materiales y Mano de Obra Cambio de Tuberías Vapor en el HRDT de cocina.....	170
Listado de Materiales y Mano de Obra Cambio de Tuberías Vapor en el HRDT de central de esterilización.....	172

## ÍNDICE DE FIGURAS

Componentes De Un Circuito De Vapor Industrial.....	5
Aislamiento Térmico En Redes De Vapor Y Condensado.....	6
Válvula De Globo.....	7
Válvula De Compuerta.....	8
Válvula De Bola.....	9
Válvula De Seguridad.....	10
Válvula De Control.....	11
Pantalla De Programa Solidworks En Línea .....	27
Pantalla De Programa Microsoft Excel En Línea.....	28
Demanda De Vapor Actual En Cocina HRDT.....	39
Tuberías Vapor A Central De Esterilización.....	41
Demanda Máxima De Vapor A Lavandería HRDT, En 100 Y En 10 Psig....	46
Tubería Desnuda Y Con Aislante Térmico Alimentación Con Vapor A Cocina.....	47
Tubería Desnuda Y Con Aislante Térmico Alimentación Con Vapor A Central De Esterilización.....	50
Tubería Desnuda Y Con Aislante Térmico Alimentación Con Vapor A Lavandería, En 100 Psig.....	53
Tubería Desnuda Y Con Aislante Térmico Alimentación Con Vapor A Lavandería, En 10 Psig.....	56
Diagrama De Calor En Cada Área Requerida De Vapor.....	59
Variación Del Flujo De Vapor En Función De Su Velocidad En Tubería....	61
Variación Del Flujo De Vapor En Función De Su Velocidad En Tubería....	63
Variación Del Flujo De Vapor En Función De Su Velocidad En Tubería...	65

Variación Del Flujo De Vapor En Función De Su Velocidad En Tubería.....	67
Alternativa De Configuración N°1.....	68
Alternativa De Configuración N°2 .....	69
Alternativa De Configuración N°3 .....	70
Matriz De Selección Ponderada De Configuración De Rediseño.....	78
Disposición Proyectada De Tubería De Vapor En Calderas Intesa En Planta De Calderas HRDT.....	79
Disposición Tuberías De Vapor En Calderas Intesa En Planta De Calderas Del HRDT.....	83
Manifold Vertical Colector Y Distribuidor De Vapor.....	86
Manifold Vertical Para Vapor.....	88
Manifold Vertical Para Vapor Con Base De Concreto.....	89
Soportes Tubulares Para Tubería De Vapor.....	90
Esquema De Cálculo De Reacciones En A, B Y C, Por Método De Tres Momentos. Elaboración Propia.....	91
Esquema De Cálculo De Pérdida De Presión En Tuberías Vapor De Caldera .....	94
Esquema De Tuberías Vapor General Y Alimentación A Cocina.....	100
Esquema De Cálculo De Aislamiento Térmico En Tubería Matriz De Distribución De Vapor.....	103
Tubería Matriz De Vapor (Dn = 4'') Con Aislante Térmico De Lana Mineral .....	105
Esquema De Tubería Vapor Alimentación A Cocina.....	106
Esquema De Cálculo De Aislamiento Térmico.....	109
Tubería Vapor (Dn = 2.5'') A Cocina Con Aislante Térmico De Lana Mineral .....	111

Esquema De B, B1 Y B2 .....	112
Esquema B, B1 Y B2.....	113
Esquema B1, B2 Y B3.....	114
Esquema De Montaje De Junta De Expansi3n Axial Tubería Vapor A Cocina .....	114
Características De Juntas De Expansi3n Axiales .....	115
Dimensionamiento De La Válvula Reductora De Presi3n De Vapor Para Cocina.....	116
Esquema De Cálculo De Aislamiento Térmico En Tubería Vapor De Alimentaci3n A Cocina HRDT.....	119
Tubería Vapor (Dn = 5") A Cocina Con Aislante Térmico De Lana Mineral.....	121
Esquema De Distribuci3n De Vapor Saturado De La Central De Esterilizaci3n Y Lavandería.....	122
Tubería Vapor (Dn = 3") En Tramo BC Con Aislante Térmico De Lana Mineral.....	126
Esquema De Montaje De Junta De Expansi3n Axial Tubería Vapor A Central De Esterilizaci3n.....	127
Características De Juntas De Expansi3n Axiales.....	128
Red De Distribuci3n De Vapor Saturado A Central De Esterilizaci3n Y Lavandería HRDT.....	129
Tubería Vapor (Dn = 3") En Tramo CC <sub>1</sub> Con Aislante Térmico De Lana Mineral.....	133
Red De Distribuci3n De Vapor Saturado A Lavandería HRDT.....	134
Dimensionamiento De Válvula Reductora De Presi3n De Vapor A Lavandería.....	137



<b>Red De Distribución De Vapor Saturado En 100 Psig A Lavandería</b>	
<b>HRDT.....</b>	<b>140</b>
<b>Tubería Vapor (Dn = 2.5") En Tramo C1C<sub>1d</sub> Con Aislante Térmico De Lana Mineral.....</b>	<b>143</b>
<b>Red De Distribución De Vapor Saturado A Central De Esterilización.....</b>	<b>144</b>
<b>Tubería Vapor (Dn = 3") En Tramo C1C<sub>1d</sub> Con Aislante Térmico De Lana Mineral.....</b>	<b>147</b>
<b>Dimensionamiento De Tubería De Vapor A Central De Esterilización En Baja Presión.....</b>	<b>148</b>
<b>Dimensionamiento De La Válvula Reductora De Presión De Vapor Para Central De Esterilización.....</b>	<b>149</b>
<b>Capacidad De Red Y De Tramos De Vapor Por Rediseño.....</b>	<b>153</b>
<b>Flujos Térmicos En Red De Vapor Rediseñada.....</b>	<b>154</b>
<b>Plano Medio.....</b>	<b>158</b>
<b>Plano Medio.....</b>	<b>159</b>
<b>Plano Isométrico.....</b>	<b>160</b>
<b>Corte Alzado.....</b>	<b>160</b>
<b>Plano Medio.....</b>	<b>161</b>
<b>Plano Isométrico.....</b>	<b>162</b>
<b>Corte Alzado.....</b>	<b>162</b>
<b>Plano Medio.....</b>	<b>163</b>
<b>Plano Isométrico.....</b>	<b>164</b>
<b>Corte Alzado.....</b>	<b>164</b>

## RESUMEN

La presente tesis tuvo como objetivo general Rediseño de la red de Distribución de Vapor en el Hospital Regional Docente de Trujillo para Mejorar su Capacidad Térmica y Eficiencia. Primero se realizó el diagnóstico al hospital mencionado donde se logró identificar los aspectos de mal diseño desde el punto de vista hidráulico, térmico y flexibilidad. Proponiendo tres rediseños calculados los aspectos hidráulicos, térmico y flexibilidad de los cuales me por una matriz de selección de configuración seleccione la indicada. Se aplicó un cálculo detallado de la configuración ganadora y también diseñando un manifold vertical que el hospital porque el hospital no cuenta con este colector. Luego se realizó una comparación entre las especificaciones del estado actual y el nuevo rediseño, donde se observó es el aumento del rendimiento térmico y la reducción de costos en operación, de esta manera la metodología planteada se validó. Por último, se simuló en SolidWorks y para hacer que tenga relación con los cálculos teóricos y se utilizó también el Excel para algunos cálculos como los rediseños, capacidad de vapor y de las fichas de observación y, Por último, se elaboró análisis económico y encontrando VAN, TIR y un tiempo de retorno de inversión.

Palabras clave: rediseño, capacidad térmica, eficiencia, efectividad operacional, vapor saturado.

## **ABSTRACT**

The general objective of this thesis was the Redesign of the Steam Distribution Network at the Trujillo Regional Teaching Hospital to Improve its Thermal Capacity and Efficiency. First, the diagnosis was made to the mentioned hospital where it was possible to identify the aspects of bad design from the hydraulic, thermal and flexibility point of view. Proposing three redesigns calculated the hydraulic, thermal and flexibility aspects of which I select the one indicated by a configuration selection matrix. A detailed calculation of the winning configuration was applied and also designing a vertical manifold for the hospital because the hospital does not have this collector. Then a comparison was made between the specifications of the current state and the new redesign, where the increase in thermal performance and the reduction of costs in operation were observed, in this way the proposed methodology was validated. Finally, it was simulated in solidwork and to make it related to the theoretical calculations and excel was also used for some calculations such as redesigns, steam capacity and observation sheets, and finally, an economic analysis was developed and finding VAN, TIR and a time of return of investment.

Keywords: redesign, thermal capacity, efficiency, operational effectiveness, saturated steam.

## I INTRODUCCIÓN

En las instituciones de servicio público como en el Hospital Regional Docente de Trujillo, inició su funcionamiento al público el 18 de diciembre de 1963 Actualmente cumple la función de Un servicio médico especializado de alta complejidad que asegura la accesibilidad de la población. El uso del vapor es para tres áreas específicas como es la cocina, lavandería y central de esterilización.

El calor y sus propiedades tienen una historia que se remonta a la primera revolución industrial de grandes ingenieros, como James Watt (1736-1819), Sadi Carnot (1796-1832), fueron pioneros y estudiaron diferentes formas de utilizar el vapor para realizar ciertos tipos de trabajo, convirtiendo el calor en electricidad. (Ruiz y García, 2016)

El uso del vapor se ha extendido a varios sectores industriales. aplicaciones en calefacción, esterilización, limpieza, humidificación. El calentamiento por vapor se utiliza en diversas plantas, como alimentos, hospitales y refinerías. En estos procesos, el vapor saturado se utiliza como principio para calentar líquidos en intercambiadores de calor, reactores, precalentadores de aire de combustión y otros dispositivos donde se aplica transferencia de calor. (Cardona, 2018).

El suministro de líquido se logró mediante el transporte de tuberías al punto requerido, que forman la columna vertebral entre el generador de vapor y las diversas fuentes de aplicación (Cengel y Boles, 2015).

Las líneas de distribución de vapor en industrias una longitud de varios metros requiere de accesorios como reductores, reguladores de presión, trampas de vapor, válvulas de bola, etc. para mejorar el(transporte) del vapor a través de las tuberías y evitar pérdidas de calor o condensación de vapor. (Rodríguez y Rubio, 2014).

En las industrias peruanas, las líneas de transmisión de energía térmica, en la mayoría de los casos, son diseñadas e instaladas sin cumplir con las normas, ya sean nacionales o internacionales. En estas guías se encuentran instrucciones completas para su correcto diseño tales como las partes: mecánicas, hidráulicas, elásticas y de térmico. El incumplimiento de las reglamentaciones conduce a una operación ineficiente de los vehículos de transporte de vapor saturado, que pueden tener un tamaño demasiado pequeño o demasiado grande, lo que provoca caídas de presión y pérdida de calor en la ruta del fluido, lo que en última instancia genera pérdidas económicas, daños a la propiedad y ruptura de tuberías. (Yauri, 2018).

A la fecha el Hospital regional docente de Trujillo, tiene dos calderas industriales del tipo pirotubular, las cuales se alternan quincenalmente. Estos equipos constituyen la fuente de energía para los servicios de lavandería, cocina y central de equipos. tiene perdidas de energía calorífica en casa de fuerza en la tubería de vapor que cuentan con más de cuarenta años de vida útil, no cuenta con un aislamiento térmico adecuado, uniones desgastadas, fugas de vapor en tres áreas: en lavandería, cocina y central de esterilización.

Es el caso que, debido a una deficiencia en la red de transporte de vapor, no se puede ofrecer los servicios a carga completa del Hospital, al operar todos al mismo tiempo, la red no tiene la capacidad y eficiencia adecuadas. El sistema está diseñado para transportar vapor generado por una sola caldera, pero no de las dos, en paralelo, para atender la demanda de todos los consumidores y puedan dar los servicios a plena capacidad.

De acuerdo a lo anteriormente expresado, urge un cambio de red de distribución de vapor por haber perdidas de presión y calor; pues hay pérdidas importantes de calor al medio ambiente por no tener un aislamiento térmico.

Por lo expuesto y debido a los diferentes problemas que ocurren dentro de la institución pública de gran envergadura se plantea la formulación del problema de investigación del siguiente modo:

¿Cuáles son las características técnicas del Rediseño de la Red de Distribución de Vapor en el Hospital Regional Docente De Trujillo para para mejorar su capacidad térmica y eficiencia?

La justificación de la investigación de este proyecto en el hospital regional docente de Trujillo por la aplicación de conocimientos existentes a la solución del problema que afronta el hospital.

El objetivo general: Rediseñar la red de distribución de vapor en el hospital regional docente de Trujillo para mejorar su capacidad térmica y eficiencia.

Para lograr el objetivo general del estudio, se identificaron los siguientes objetivos específicos: i) Determinar el balance de masa y energía de la red de vapor actual, ii) Determinar la eficiencia y de la capacidad de la red de vapor actual iii) Generar las configuraciones del rediseño realizando cálculos de pérdidas de presión de tuberías, elasticidad en las tuberías, aislamiento térmico y costos de materiales para extraer la opción optima. iv) Determinar la nueva capacidad y eficiencia del rediseño de la red de vapor, v) Simular por el método de elementos finitos (FEM) partes del rediseño estático y térmico, vi) Elaborar un análisis económico del rediseño de la red de vapor.

## II MARCO TEÓRICO

Se presentan antecedentes que sirvieron de base bibliográfica para el desarrollo de este trabajo:

**Yauri (2018)**, En su tesis titulada “Evaluación de la red de distribución de vapor en el hospital regional Ramiro Prialé de Huancayo” Al analizar el sistema se encontró que el flujo de vapor el suministrado es de 1298.13 kg/h y el flujo requerido era de 1390 kg/h .También Se determinó que el flujo de vapor en el servicio de lavandería cuyo diámetro es de 3 pulgadas es de 1298 kg/hr es insuficiente ya que el flujo mínimo requerido es de 1391 kg/hr. Por último, El resultado de la propuesta para cambiar la tubería del servicio de lavandería a 3 ½ pulgada aumentaría el flujo de vapor a 1083 kg/hr.

**Lozano y Medina (2020)**, En su tesis “Metodología integrada para el diseño de tuberías en proceso de transporte de vapor saturado para asegurar la efectividad operacional para Centros Hospitalarios” El diseño actual se obtuvo la pérdida total de calor del sistema aislado de 17.0306 kW siendo mucho menor en comparación con las pérdidas de calor en el sistema desnudo de 314.410 kW

**Popayán, A. (2016)**, En su tesis “Mejoramiento de las líneas de distribución de vapor mediante la reingeniería al área de esterilización, cocina y lavandería del Hospital Regional Eleazar Guzmán Barrón” teniendo un rendimiento térmico de 94 % en el estado actual, provocando un cambio en el a 96 % en la mejora del rediseño, teniendo un presupuesto de 257, 162.66 soles y un periodo de recuperación de la inversión de 6.6 años

**Henry, Martínez (2007)**, En su tesis titulada “Estudio Para El Rediseño De La Red De Vapor Y Retorno Del Condensado Para El Hospital General San Juan De Dios, Guatemala” El rediseño lo hacen por el costo de operación de la caldera que son 12 horas diarias de lunes a sábado y 10 horas los domingos ante ello hacen un costo beneficio que es la inversión

de la reinstalación del diseño original comprar con el rediseño y también presentan un solo rediseño hecho en AutoCAD

Las bases conceptuales son:

### 1. Distribución De Vapor:

Se presenta un esquema de un circuito generador de vapor que consta de partes: el generador de vapor es la caldera, la parte de distribución en las tuberías, el usuario final son los consumidores de vapor y se lleva a cabo el proceso de retorno del vapor. A través de la trampa de vapor, el condensado de todos los usuarios se almacena en el tanque y luego se bombea al tanque de alimentación de la caldera. (Bohórquez Guzmán, 2013)



Figura 1: Componentes de un circuito de vapor industrial

Fuente: Auditoria Energética al Circuito de Vapor y Condensado  
(Bohórquez Guzmán)



## 2. Aislamiento térmico:

En las tuberías desnudas pierden el calor transferido del líquido que están transportando al vapor. Con aislamiento tiene una eficiencia térmica del 99.5 %.

Calderas, Tuberías, Accesorios, Tanques, Marmitas. (Isover, 2006)

### Finalidad:

- Protección personal.
- Controlar la condensación en las tuberías de vapor.
- Consideraciones a tomar en cuenta en el aislamiento:
  - Buen mantenimiento.
  - Diseño adecuado.
  - Costo del combustible.
  - Eficiencia de la caldera.
  - Temperatura de operación óptima.
  - Diámetro de tubería.
  - Largo de tubería.
  - Eficiencia de aislamiento (Isover, 2006)



Figura 2: Aislamiento térmico en redes de vapor y condensado

Fuente: Manual de Eficiencia Energética.

### 3. Válvulas de Globo:

Es un dispositivo de control mecánico compuesto por dos partes: la parte motriz o actuador y el cuerpo. que puede iniciar, detener o regular el movimiento de un líquido o gas con una parte móvil que puede abrir, cerrar u obstruir parcialmente. Son las herramientas más esenciales en la industria. Su tamaño y presión varían con el diámetro del manómetro y la presión. (VAM Industry, 2016)

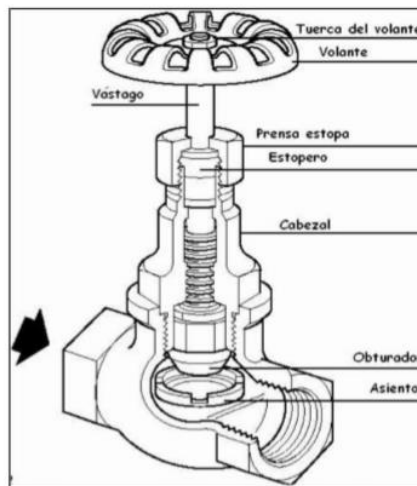


Figura 3 Válvula de Globo.

Fuente: Instrucciones de Montaje y Mantenimiento.

#### 4. Válvulas de Compuerta:

Es cuña cónica (obturador) colocada en un ángulo de 8 a 10 grados entre dos anillos de asiento en el cuerpo. Las guías del cuerpo permiten que la cuña se deslice suavemente al abrir y cerrar la válvula. El vástago está montado en una cuña en forma de "T" autoalineable. El eje se atornilla al puente. Cuando se gira la manija, el puente gira y el vástago desciende con la cuña para cerrar la válvula. Las válvulas de compuerta se utilizan para servicios de apertura/cierre que requieren un flujo máximo con una caída de presión mínima cuando están completamente abiertas. Las válvulas de compuerta no se recomiendan para la regulación de fluidos. Estas válvulas deben usarse en posición completamente cerrada o completamente abierta (D. Asencio, 2009)



Figura 4: Válvula de Compuerta.

Fuente: Instrucciones de Montaje y Mantenimiento.

## 5. Válvulas de Bola:

Ofrecen muy buena capacidad de cierre y son convenientes porque abrir y cerrar la válvula es tan fácil como girar la manija 90°. Se pueden diseñar "paso total". Esto significa que la apertura de la válvula es del mismo tamaño que el interior del tubo, lo que resulta en una caída de presión muy baja. Otra característica importante es que se reduce el riesgo de fugas en los prensaestopas ya que el vástago de la válvula solo necesita girarse 90°, pero esta válvula solo puede operarse en las posiciones completamente abierta o completamente cerrada. Las válvulas de bola utilizan un anillo liso moldeado en el asiento de la válvula. Cuando la válvula se usa en la posición semiabierta, solo una parte del asiento de la válvula está bajo presión y el asiento de la válvula puede pandearse. Si el asiento de la válvula está deformado, el sello se verá comprometido y, como resultado, la válvula tendrá fugas. (TLV Dampftechnik, 1995)

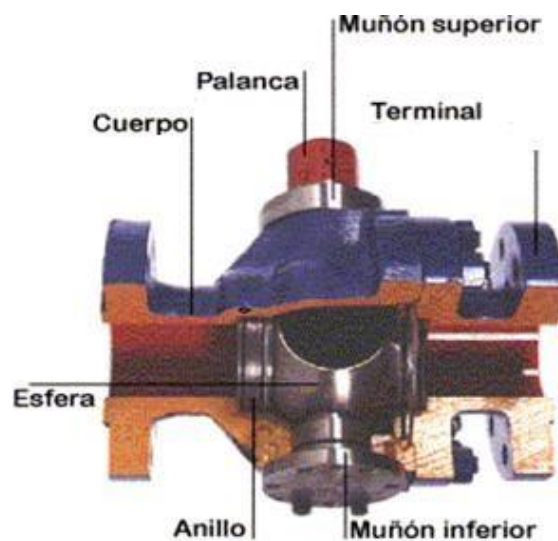


Figura 5: Válvula de Bola.

Fuente: TLV Ingeniería del Vapor.

## 6. Válvulas de Seguridad:

Uno de los accesorios más importantes de la caldera es la válvula de seguridad. Su función es proteger el cuerpo de la caldera de sobrepresiones y evitar explosiones. BS 6759 (ISO 4126) trata sobre válvulas de seguridad de calderas de vapor y BS 2790 trata sobre especificaciones para el diseño y fabricación de calderas de tubos de fuego soldados. Los sistemas de calderas que deben cumplir con sgte están equipados con varias válvulas de seguridad. Criterios: (Spirax, 1999)

- La válvula de seguridad debe permitir la salida del vapor en función de la potencia calorífica de la caldera.
- El rango de capacidad de la válvula de alivio debe estar dentro de los 110° de la presión de diseño de la caldera.
- El orificio de conexión de la válvula de seguridad a la caldera debe ser de al menos 20 mm.
- El ajuste máximo de la válvula de seguridad es la presión de funcionamiento máxima permitida de la caldera (Spirax, 1999).

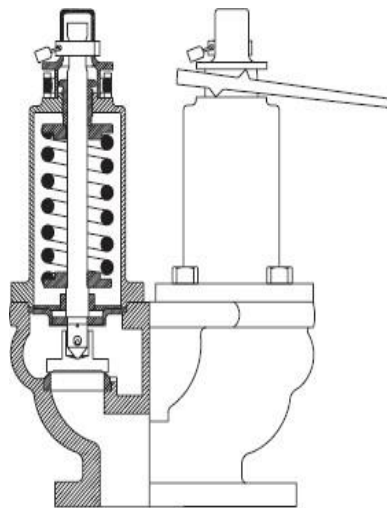


Figura 6: Válvula de Seguridad.

Fuente: Calderas y accesorios Spirax Sarco.

## 7. Válvulas de Control:

Una válvula se puede definir como un dispositivo mecánico que puede ser utilizado para iniciar, detener o regular la circulación (paso) de líquidos o gases por medio de partes móviles que abren, cierran o bloquean parcialmente una o más aberturas o canales. Las válvulas son uno de los dispositivos de control más importantes en la industria. Su diseño y materiales permiten a las válvulas abrir, cerrar, conectar y desconectar, regular, regular y separar una gran variedad de líquidos y gases, desde los más simples hasta los más corrosivos o tóxicos.

Su tamaño varía de 1 pulgada a más de 30 pies de diámetro. Con la presión pasa lo mismo ya que puedes encontrar válvulas desde presión de vacío hasta alta presión. Algunas instalaciones requieren un sellado completo.

En otros casos, las fugas y drenajes son menos importantes. Las válvulas de control constan básicamente de dos partes: la parte de accionamiento o actuador y la carcasa. (Industria VAM, 2016)



Figura 7: Válvula de Control.

Fuente: VALFONTA, diseño y fabricación de válvulas.

Las bases teóricas son:

### 1. Capacidad de una caldera piro-tubular:

Es el consumo total de vapor en la planta (Flow of Fluids,2018)

$$m_{vapor} = \frac{Bhp * 9.8095 \frac{Kw}{BHP}}{(h_{vapor} - h_{agua}) \frac{KJ}{Kg}} \quad (1)$$

### 2. Cálculo de la entalpia:

Se multiplica la temperatura por el calor específico (The Finite Element, 2022)

$$h = c_p * T \quad (2)$$

### 3. Volumen de un cilindro:

Es un sólido formado por dos circunferencias congruentes en un plano paralelo, su interior y un segmento de recta paralelo a los centros que contiene las dos circunferencias, y un punto sobre el área de la circunferencia. El volumen de un sólido 3D es la cantidad de espacio que ocupa. (Varsity, 2022)

$$V = \frac{\pi}{4} * d_{int}^2 * H \quad (3)$$

### 4. Densidad:

Es la relación entre la masa y el volumen de una sustancia. Se trata de una propiedad intrínseca de la materia. Es una propiedad intrínseca a la materia porque no depende de la cantidad de materia considerada. (Concepto, 2022)

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (4)$$

## 5. Balance de energía para sistemas de flujo abierto:

Representa la relación de intercambio de energía con el medio ambiente a través de entradas y salidas. El flujo másico a través de una tubería o conducto se considera unidimensional. En otras palabras, puede suponer que la propiedad cambiará en una sola dirección. (Cengel, y otros, 2015)

$$\dot{Q}_{entrada} = \dot{Q}_{entrada} \quad (5)$$

En el caso más general, se desprecian las energías cinética y potencial. No hay interacciones laborales como: (Cengel, y otros, 2015)

$$\dot{Q} = \dot{m}C_p (\Delta T) \quad (6)$$

Dónde:

$\dot{Q}$  = Flujo de Calor.

$\dot{m}$  = Flujo de Masa.

$C_p$  = Calor Especifico.

$\Delta T$  = Cambio de temperatura de la sustancia.

## 6. Potencia térmica:

Medimos la energía térmica en (kJ) por la unidad de tiempo (s) (Certificados Energéticos, 2019)

$$\dot{Q}_u(kw) = \frac{Q_u(kJ)}{t(s)} \quad (7)$$

## 7. Rendimiento térmico:

La suma de la energía útil y la energía disipada es el calor total. La energía útil es la energía que se utiliza, en este sentido calculamos el rendimiento mediante la fórmula (Certificados Energéticos, 2019)

$$\eta = \frac{\dot{Q}_u}{\dot{Q}_t} \quad (8)$$



## 8. Flujo térmico total de calentamiento:

La cantidad de calor que se requiere por una diferencia de entalpías (Vapor para la industria, 2021)

$$\dot{Q}_t(\text{kw}) = \dot{m}_v \left( \frac{\text{kg}}{\text{s}} \right) * (h'' - h') \left( \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \right) \quad (9)$$

## 9. Superficie transversal del tubo:

Se multiplica pi entre cuartos y se multiplica por el diámetro interior. (Digi-Key, 2022.)

$$S_t = \frac{\pi}{4} * d_{int}^2 \quad (10)$$

También se puede hallar el diámetro interior mediante la siguiente fórmula:

$$d_{int} = \sqrt{\frac{4S_t}{\pi}} \quad (19)$$

## 10. Convección Natural:

Se utilizará la ecuación de "CARABOGDAN", y es expresada de la siguiente manera:

$$h_{p \rightarrow \infty} = 11.6 + 6.96 * \sqrt{V} \quad (11)$$

Dónde:

$h_{p \rightarrow \infty}$ : Coeficiente de transferencia de calor por convección. [ $W/m^2 * ^\circ C$ ]

$V$ : Velocidad promedio del aire. [ $m/s$ ]

Para saber la cantidad de energía perdida por convección natural, necesitamos relacionar; el coeficiente de transferencia de calor por convección natural, la sección lateral de la tubería y la diferencia de temperatura, metiéndolo todo en la ecuación, obtendríamos lo siguiente:

$$Q_{conv.N} = h_{p \rightarrow \infty} * S_{L-Inst.} * (T_p - T_\infty) \quad (12)$$

Dónde:

$h_{p \rightarrow \infty}$  : Coeficiente de transferencia de calor por convección. [ $W/m^2 * ^\circ C$ ]

$S_{L-Inst.}$ : Superficie lateral de la instalación. [ $m^2$ ]

$T_p$  : Temperatura de pared de la tubería. [ $^\circ C$ ]

$T_\infty$  : Temperatura medio ambiental. [ $^\circ C$ ]

### 11. Calor total:

Es la suma de La pérdida de calor y la ganancia de calor. (Aldo Scapini, 2019.)

$$Q_{total} = Q_{util} + Q_{perdido} \quad (13)$$

### 12. Rendimiento del aislante:

Es la unidad menos el calor perdido entre el calor total. (Paredes Rosario, 2013):

$$\eta_{ais} = 1 - \frac{Q_{perdido}}{Q_{total}} \quad (14)$$

$$Q_P = (\eta - 1) * Q_T \quad (38)$$

Dónde:

$Q_{total}$  = Flujo total de vapor ( $kw$ ).

$Q_{perdido}$  = Calor perdido ( $kw$ ).

$\eta_{ais}$  = Rendimiento del aislamiento.

### 13. Diámetro interior del tubo:

Es el diámetro exterior restando dos veces el espesor. (enginner, 2020.)

$$D_{int} = D_{ext} - 2 * e \quad (15)$$

**14. Superficie lateral del tubo aislado térmicamente:**

Es pi por el diámetro exterior por la longitud en metros (Paredes Rosario, 2013)

$$S_{L-Unit}(m^2) = \pi * D_{ext} * L \quad (16)$$

**15. Flujo masico:**

La cantidad de masa que fluye a través de una sección transversal por unidad de tiempo se denomina caudal másico. (Cengel y Boles, 2015).

$$\dot{m} = \rho * V * A \quad (17)$$

Dónde:

$\rho$ =Densidad del fluido, kg/m<sup>3</sup>

también para hallar la sección transversal necesaria de la tubería de vapor se utiliza la siguiente formula:

$$S_t = \frac{m_v \left(\frac{kg}{s}\right)}{U_v \left(\frac{m}{s}\right) * \rho_v \left(\frac{kg}{m^3}\right)} \quad (18)$$

Por último, se puede hallar también la velocidad del vapor:

$$U = \frac{m_v \left(\frac{kg}{s}\right)}{\rho_v \left(\frac{kg}{m^3}\right) * S_t (m^2)} \quad (21)$$

**16. El número de cedula:**

Para ello se debe conocer el esfuerzo admisible del material seleccionado  $\sigma_f$  se expresa en kg/cm<sup>2</sup> y la presión absoluta p, se expresa en bar.

$$Nr - \text{céd} = \frac{1000 * p_v}{\sigma_f} \quad (20)$$

## 17. Dilatación térmica

Es el cambio de dimensiones que sufre una tubería en respuesta a los cambios de temperatura experimentados por la tubería. (Rentería, 2014)

$$\Delta L = \alpha * L * \Delta T \quad (22)$$

Dónde:

$\alpha$  =Coeficiente de expansión térmica. (mm/m°C)

L =Longitud de la tubería. (m)

## 18. Brazo dilatante:

Se determina la longitud mínima del brazo de tubería para absorber la dilatación del brazo contiguo, debe ser menor que la real (Polifusion,2008)

$$L_{mín_{nec}}(m) = 0.056 * \sqrt{\Delta_n(mm) * d_{ext}(mm)} < L_{real} \quad (23)$$

## 19. Momento:

El momento de una fuerza se calcula como el producto vectorial de la fuerza aplicada y el vector distancia desde el punto donde calculamos el momento (el eje alrededor del cual girará el cuerpo) hasta el punto donde se aplica la fuerza. También se le llama par (Física Practica,2022)

$$M = F * l \quad (24)$$

Dónde:

F = peso de tubo vertical en cada extremo (incluye válvulas)

l = distancia desde fuerza del peso del tubo vertical a soporte extremo.

**20. Área de los momentos flectores:**

Se puede definir como una medida de la superficie que resulta cuando se aplica una fuerza a cierta distancia de un punto de referencia, provocando un efecto de torsión. (Diaz, elena y Ruiz miguel,2004)

$$\Omega = \frac{q*L}{12} \quad (25)$$

**21. Método de los tres momentos:**

Considerando una viga continua de material elástico lineal sobre varios apoyos simples, los momentos flectores en los tres apoyos continuos satisfacen la relación (CivilArq., 2022)

$$M_a * L + 2M_b(L + L) + M_c * L = -6 \left( \frac{\Omega_{ab}*L}{2*L} + \frac{\Omega_{bc}*L}{2*L} \right) \quad (26)$$

**22. Reacciones en cada apoyo:**

Resultan los valores de las reacciones en cada apoyo, que permiten dimensionar y seleccionar el perfil de acero respectivo (CivilArq., 2022)

$$R_a = \frac{-\frac{q*L^2}{8}-0}{L} + \frac{q*L}{2} = 3 \frac{q*L}{8} \quad (27)$$

$$R_b = \frac{0-\frac{q*L^2}{8}}{L} + \frac{0-\frac{q*L^2}{8}}{L} + \frac{qL}{2} = \frac{5q*L}{8} + \frac{5q*L}{8} = \frac{5qL}{4} \quad (28)$$

$$R_c = \frac{-\frac{q*L^2}{8}-0}{L} + \frac{q*L}{2} \quad (29)$$

**23. Fuerza de cálculo del perfil:**

Se utilizará la reacción de mayor valor y un factor de seguridad

$$F = Vb * F.S. \quad (30)$$

**24. Sección necesaria del acero del tubo:**

Es la fuerza de cálculo del perfil entre el esfuerzo admisible.

$$S_{acero\_tubo} = \frac{F_c}{\sigma_f} \quad (31)$$

**25. Número de Reynolds:**

Nos permite identificar de antemano si el flujo es laminar o turbulento (Osma,2020)

$$Re = \frac{U_v * d_{int}}{\nu} \quad (32)$$

**26. Coeficiente de pérdida de presión por fricción:**

Se utilizará la ecuación de Mc Adams (Milagros,2018)

$$\lambda = 0.184 * Re^{-0.237} \quad (33)$$

**27. Ecuación de Blasius:**

Ofrece una expresión en la que el coeficiente de fricción que está dado en función del número de Reynolds y es adecuada para tuberías lisas donde la rugosidad relativa no afecta el flujo, donde el sustrato laminar evita asperezas (Pirobloc, S.A,2022)

$$\lambda = 0.3164 * Re^{-0.25} \quad (34)$$

**28. Ecuación de Nikuradse:**

Desarrolla una ecuación efectiva para una tubería rugosas (Pirobloc, S.A,2022)

$$\lambda = 0.0032 + 0.221 * Re^{-0.237} \quad (35)$$

## 29. Pérdidas lineales:

La fórmula más exacta para cálculos hidráulicos es la de Darcy-Weisbach y es la más adecuada para instalaciones de fluido térmico (Pirobloc, S.A,2022)

$$\Delta_{pL}[\text{Pa}] = \lambda * \frac{L(m)}{d_{int}(m)} * \frac{U_v^2 \left( \frac{m^2}{s^2} \right)}{2} * \rho_v \left( \frac{kg}{m^3} \right) \quad (36)$$

Siendo:

$\lambda$ : Coeficiente de pérdida de presión por fricción (-)

L = Longitud del tramo recto (m)

$d_{int}$  = diámetro interior del tubo (m)

$U_v$  = velocidad del vapor (m/s)

$\rho_v$  = Densidad del vapor (kg/m<sup>3</sup>)

## 30. Pérdida de presión locales:

La pérdida de carga por fricción del conjunto ocurre en un período corto de tiempo y se considera hidráulicamente que ocurre en un solo punto, a menudo denominada pérdida de carga local, localizada o menor (Pirobloc, S.A,2022)

$$h_l(\text{Pa}) = \xi * \frac{U_v^2 \left( \frac{m^2}{s^2} \right)}{2} * \rho_v \left( \frac{kg}{m^3} \right) \quad (37)$$

Siendo:

$\xi$  = Coeficiente de pérdida de presión por fricción (-)

$U_v$  = velocidad del vapor (m/s)

$\rho_v$  = Densidad del vapor (kg/m<sup>3</sup>)

### 31. Calor en Tubería Perdida Unitaria:

Se puede expresar el calor perdido entre la longitud total de la tubería (Paredes Rosario, 2013)

$$q = \frac{Q_P}{l} \quad (39)$$

Dónde:

$q$ : Calor lineal perdido en tubería. [ $kW/m$ ]

$Q_P$ : Calor total perdido de tubería. [ $kW$ ]

$L$ : Longitud total de tubería. [ $m$ ]

### 32. Temperatura Promedio:

Media aritmética Esta es la media aritmética calculada sumando un conjunto de números y dividiendo por esa cantidad de números (Paredes Rosario, 2013)

$$\Delta T = \frac{T_I + T_{E AIS}}{2} \quad (40)$$

Dónde:

$T_I$  = Temperatura de la capa interior. ( $^{\circ}C$ )

$T_{E AIS}$  = Temperatura exterior del aislante. ( $^{\circ}C$ )

### 33. Cálculo de la conductividad térmica:

Se utiliza la ecuación para la lana mineral, para rango de (0...300)  $^{\circ}C$  (Paredes Rosario, 2013)

$$K_{aisl} = 0.059160 + 0.000186 * \Delta T \quad (41)$$



### 34. La Ecuación de Fourier de Tubos Cilíndricos:

Determina el flujo de calor y conociendo la conducción térmica y las diferentes temperaturas (Paredes Rosario, 2013)

$$q \left( \frac{w}{m} \right) = \frac{2\pi * k_{aisl} (t_v - t_{pared\_ext})}{\ln \left( \frac{D_{ext\_aisl}}{d_{int\_aisl}} \right)} L_{AB} \quad (42)$$

Procesando:

$$\frac{D_{ext\_aisl}}{d_{int\_aisl}} = e^{\frac{2\pi * k_{aisl} (t_v - t_{pared\_ext})}{q_{AB}}} \quad (43)$$

**Dónde:**

$D_{ext\_aisl}$  = diámetro exterior de la tubería con aislamiento térmico (m)

$d_{int\_aisl}$  = diámetro interior de la tubería con aislamiento térmico (m)

### 35. Diámetro Exterior:

Para obtener esto se resta el espesor de la tubería menos el diámetro interior aislada (Paredes Rosario, 2013)

$$D_{ext\_aisl} = e * d_{int\_aisl} \quad (44)$$

**Dónde:**

$D_{ext\_aisl}$  = diámetro exterior de la tubería con aislamiento térmico (m)

$d_{int\_aisl}$  = diámetro interior de la tubería con aislamiento térmico (m)

$e$  = Espesor (m)

### 36. Espesor del Aislante Térmico:

Es el mínimo punto de un tubo se hace mediante la siguiente ecuación (Paredes Rosario, 2013)

$$\delta_{aisl} = \frac{D_{ext\_aisl} - d_{int\_aisl}}{2} \quad (45)$$

### 37. Caída De Presión en Válvula Reductora de Presión:

Existen dos métodos para elegir la ecuación para determinar el Kv, la primera es  $\Delta p > P1/2$ , donde  $\Delta p$  es la diferencia de presiones P1-P2, estas son las presiones de entrada y salida de la válvula, respectivamente, si cumple este criterio se calcula el Kv y La segunda condición es  $\Delta p < P1/2$  (Paredes Rosario, 2013)

$$Kv = \frac{W}{1420} \sqrt{\frac{V_1 + V_2}{\Delta P}}, \quad \text{Si } \Delta P < \frac{P_1}{2} (\text{abs}) \quad (46)$$

$$Kv = \frac{W}{1004} \sqrt{\frac{V_1 + V_2}{P_1}} \quad \text{Si } \Delta P \geq \frac{P_1}{2} (\text{abs}) \quad (47)$$

**Dónde:**

- W = Flujo de vapor (Kg /horas)
- $\Delta p$  = Caída de presión (Kg/cm<sup>2</sup>)
- P1 = Presión absoluta (Kg/cm<sup>2</sup>)
- V1, V2= Volumen específico a la presión (dm<sup>3</sup>/kg)

### 38. Valor Futuro:

Es lo que obtendrán en el futuro por una cierta cantidad de dinero que tienen actualmente o invertirán, le permite considerar la mejor manera de gastar o invertir dinero. La cantidad que alcanzará una inversión si se realiza en una fecha determinada. (Stevens Ronal , 2022)

$$VF = VA (1 + i)^n \quad (48)$$

También:

$$VA = \frac{VF}{(1+i)^n} \quad (49)$$

Dónde:

VF: valor futuro

VA: valor actual

i: tasa de interés

n: números de periodos

### 39. VALOR ACTUAL NETO (VAN)

Es un indicador financiero utilizado para determinar la viabilidad de un proyecto. Un proyecto es factible si se obtiene un beneficio tras medir el flujo de ingresos y gastos futuros y descontar la inversión inicial. También se utiliza para determinar qué proyecto es más rentable. También es útil para definir la mejor opción dentro de un proyecto, teniendo en cuenta diferentes previsiones de flujo de ingresos y gastos. Además, esta métrica nos permite determinar cuándo un producto o empresa se vende a un precio más alto o más bajo del que habríamos ganado si no se hubiera vendido (Conexión Esan,2017)

$VAN < 0$  el proyecto no es rentable.

$VAN = 0$  el proyecto es rentable,

$VAN > 0$  el proyecto es rentable.

$$VAN = -I + \sum_{t=1}^n \frac{V_t}{(1+i)^t} \quad (50)$$

Dónde:

$I$ : Es el desembolso inicial de la Inversión en el año "0" de la evaluación económica.

$i$ : Es la tasa de interés del proyecto.

$n$ : Tiempo de vida a evaluar, generalmente en años.

$V_t$ : Representa los flujos de caja para cada periodo de análisis.

#### 40. TASA INTERNA DE RETORNO (TIR)

Es la tasa a la cual el valor actual neto es igual a cero. La tasa interna de retorno, que se calcula como un porcentaje y es la tasa de retorno de la reinversión de los flujos de efectivo netos dentro de las operaciones propias de la empresa, también se denomina así. La tasa de descuento se utiliza como punto de referencia cuando se evalúan proyectos de inversión basados en la tasa interna de retorno. Existen tres opciones a la hora de determinar la TIR. (Andrés Sevilla ,2022)

- Cuando la TIR > tasa de descuento (i): El proyecto es aceptable.
- Cuando la TIR = i: El proyecto es postergado.
- Cuando la TIR < tasa de descuento (i): El proyecto no es aceptable.

$$VAN = 0 = -I \left| \frac{TIR (1+TIR)^n}{(1+TIR)^{n-1}} \right| + V_t \quad (51)$$

#### 41. Razón beneficio costo:

Se define como la relación entre los beneficios y los costos o gastos del proyecto. (Aguilera Díaz ,2017)

- Cuando b/c > El proyecto es aceptable.
- Cuando b/c = El proyecto es postergado.
- Cuando b/c < El proyecto no es aceptable.

$$R_{a/c} = \frac{\sum_{j=0}^n \frac{B_j}{(1+i)^j}}{\sum_{j=0}^n \frac{C_j}{(1+i)^j}} \quad (52)$$

Dónde:

B<sub>j</sub>: flujo neto positivo en el periodo j

C<sub>j</sub>: flujo negativo en el periodo j

i: tasa de descuento del inversionista

n: horizonte de evolución

#### 42. PERIODO DE RETORNO DE LA INVERSIÓN O PAYBACK

También conocido como *payback*, es uno de los múltiples índices utilizados por inversionistas. Como su nombre lo indica, mide el plazo temporal que tomará recuperar la totalidad del capital invertido a valor presente. Arroja la fecha –en años, meses y días– en la que será cubierto el costo de la inversión inicial en un proyecto. (Arturo García,2021)

$$\text{PRI} = a + \frac{(b-c)}{d} \quad (53)$$

Dónde:

a= año inmediato anterior en que se recupera la inversión.

b= inversión inicial.

c= Flujo de efectivo acumulado del año inmediato anterior en el que se recupera la inversión.

d= Flujo de efectivo del año en el que se recupera la inversión.

Programas a utilizar:

**1. solidworks:**

Es un software que modela piezas y ensambles en 3D y planos en 2D. tiene una amplia gama de soluciones como: crear, diseñar, simular, producir, publicar y gestionar datos de procesos de diseño. Existen otros programas similares en el mercado como AutoCAD Inventor de Autodesk Group o Solid Edge de Siemens.



Figura 8: Pantalla de programa solidworks en Línea

Fuente: Programa solidworks

## 2. Microsoft Excel:

Es una hoja de cálculo que nos permite manipular datos numéricos y textuales en una tabla formada por la unión de filas y columnas. Pero, ¿qué es una hoja de cálculo? Las hojas de cálculo son las herramientas que usan los contadores para llevar registros y existen desde mucho antes que las computadoras. Las hojas de cálculo han existido en los programas de computadora desde la década de 1960 y fueron diseñadas para simular las hojas de cálculo contables utilizadas en ese momento, automatizando así el trabajo de contabilidad.



Figura 9: pantalla de programa microsoft excel en línea.

Fuente: programa microsoft excel

### III. METODOLOGÍA

#### 3.1. Tipo y diseño de investigación:

- **Tipo de investigación:** Es aplicada, se usa el conocimiento ya existente de energía térmica o calorífica para producción de vapor, distribución y utilización de vapor en el hospital regional docente de Trujillo.
- **Diseño de Investigación:** Es, No experimental. No se manipula la variable independiente. Por otro lado, también es transversal, porque describió en un determinado tiempo relacionado al tema de investigación.

#### 3.2. Variables y operacionalización:

Las variables que se estudiaron están relacionadas rediseño de la red de distribución de vapor en el hospital regional docente de Trujillo para mejorar su servicio y eficiencia, las cuales son:

##### **Variable independiente:**

- Rediseño de la red de vapor saturado

##### **Variable dependiente:**

- Capacidad térmica
- Eficiencia térmica



### **3.3. Población, muestra, muestreo y unidad de análisis**

#### **POBLACIÓN**

Sistemas de distribución de vapor a nivel nacional de Hospitales Regionales.

#### **MUESTRA**

Sistema de distribución de vapor saturado en el Hospital Regional Docente De Trujillo.

#### **MUESTREO**

No probabilístico, intencionado por conveniencia.

#### **Unidad de Análisis**

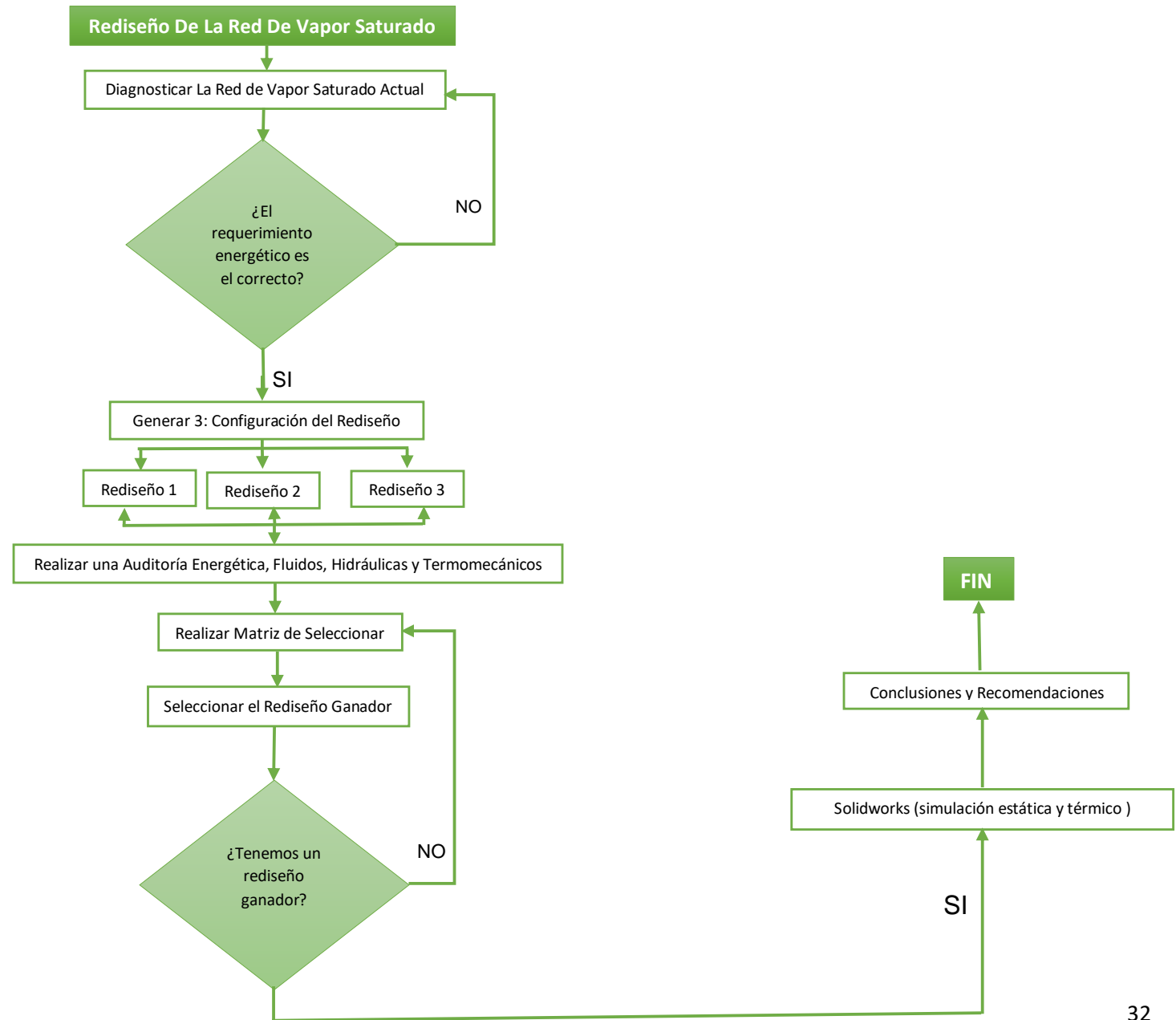
Sistema de distribución de vapor saturado en el Hospital Regional Docente De Trujillo.

### 3.4 Técnicas E Instrumentos De Recolección De Datos:

TÉCNICAS	INSTRUMENTOS	VALIDACIÓN
Observación	Ficha De Observación	Especialista
Entrevistas	Ficha De Entrevista	Especialista

### 3.5 Procedimientos:

Para realizar el diagnóstico del estado actual se recopiló información mediante tres técnicas: la observación se obtuvo datos del estado actual de la red transporte de vapor saturado del hospital regional docente de Trujillo, luego se aplicó entrevista para hallar el requerimiento de vapor en el área requeridas. Teniendo todo eso aplicamos una auditoría energética de la red actual de vapor saturado del hospital regional docente de Trujillo y luego damos tres posibles soluciones del rediseño y nos quedamos con el que nos brinde menos pérdidas de presión y mayor eficiente térmica también una auditoría , cálculos fluidos hidráulicos y de termo energéticos para la red nueva de vapor saturado del hospital regional docente de Trujillo sin olvidar con un crecimiento de demanda de vapor en el hospital regional docente de Trujillo, también aplicamos los softwares solidworks para validar un análisis fluidinámica del colector y el uso del Excel para procesar la información almacenada en las tablas y derivar de ellas gráficos que resuman visualmente la información de la tabla y por último un análisis de inversión económica con ayuda de los programas propuestos.



### **3.6 Método De Análisis De Datos:**

Utilizaremos la norma técnica de salud “infraestructura y equipamiento de los establecimientos de salud del segundo nivel de atención” y cálculos de estructuras de soporte, análisis térmico, análisis de flexión y más. (Rentería, 2014).

En este estudio se utilizaron los siguientes: ASME B31.1 Power Piping y ASME B31.3 Process Piping.

Por lo tanto, el diseño hidráulico y mecánico a menudo se tienen en cuenta en las normas para determinar la especificación de tuberías estandarizadas. están, American Petroleum Institute (API) y American Society of Testing Materials (ASTM).

Estas características están directamente relacionadas con la presión y velocidad del fluido, deben mantenerse dentro de valores aceptables, estos aspectos son importantes porque evitan posibles fallas como el desgaste y el golpe de ariete, además permiten que el equipo funcione de acuerdo a su diseño. condiciones de operación. (Distribución de vapor-Spirax Sarco).

### **3.7 Aspectos Éticos:**

El autor de este trabajo se comprometió a cumplir con los requisitos que acrediten la autenticidad de la recopilación y el uso de los datos que el autor ha citado a lo largo del trabajo para ser referenciados de forma 7ª APA. El autor se comprometió a proteger la información proporcionada por el Hospital Regional Docente de Trujillo.

## IV. RESULTADOS

### 4.1. Balance de masa de la red de vapor y consumidores:

Determinar el balance de masa y energía de la red de vapor y consumidores

#### 4.1.1 Vapor nominal que produce cada caldera:

Capacidad nominal de caldera: 100 BHP

$$m_{vapor} = \frac{100 * 9.8095 \frac{Kw}{BHP}}{(2767.27 - 251.16) \frac{KJ}{Kg}} \quad (1)$$

$$m_{vapor} = 0.38986 Kg/s = 1403.566 Kg/h$$

$$h_{agua} = 60^{\circ}C * 4.185 J/kg \cdot ^{\circ}C \quad (2)$$

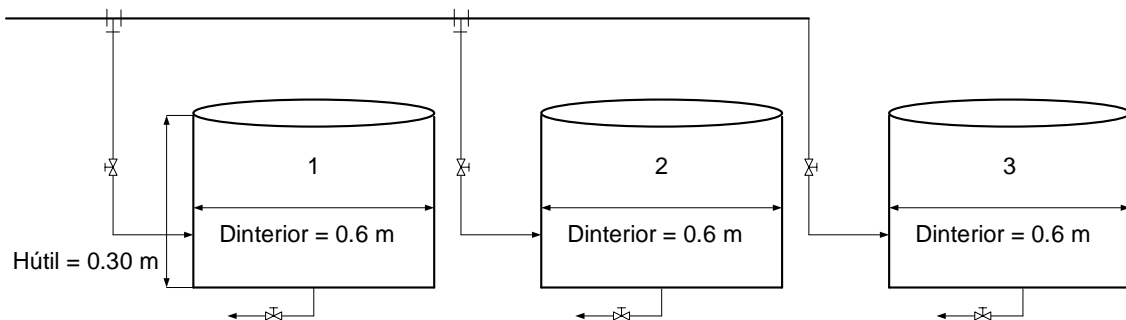
$$h = 251.16 KJ/kg$$

#### 4.1.2. Vapor a Cocina:

En cocina se cuenta con siete marmitas a vapor:

- 3 grandes, para cocinar arroz y guidos
- 3 medianas para hervir agua para caldos y sopas
- 1 mediana, para hervir agua, en reserva

##### 4.1.2.1 Vapor en Marmitas hervidoras de agua



### Volumen de marmita:

Datos:

- Diámetro interior = 0.6 m
- Altura = 0.3 m

$$V = \frac{\pi}{4} * 0.6^2 * 0.3 \quad (3)$$

$$V = 0.085 \text{ m}^3$$

### Masa de agua en marmita a ser calentada:

$$M_{\text{agua}} = 995 \text{ kg/m}^3 * 0.085 \text{ m}^3 = 84.575 \text{ kg} \quad (4)$$

Densidad del agua: 995 kg/m<sup>3</sup>

### Calor útil demandado para calentar el agua en marmita, Qu:

- Calor específico del agua: 4.187 kJ/(kg\*°C)
- Temperatura inicial: 20 °C
- Temperatura final: 100 °C
- Tiempo de calentamiento: 15 minutos = 900 segundos

### Demanda de calor de calentamiento:

$$Q_u = 84.575 \text{ kg} * 4.187 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} * ^\circ\text{C}} * (100 - 20)^\circ\text{C} \quad (6)$$

$$Q_u = 28,329.24 \text{ kJ}$$

### Potencia térmica del proceso:

$$\dot{Q}_u(\text{kw}) = \frac{28,329.24 \text{ kJ}}{900 \text{ s}} \quad (7)$$

$$\dot{Q}_u(\text{kw}) = 31.47 \text{ kw}$$

Eficiencia estimada del proceso: 90 % (sin aislamiento térmico)

### Flujo térmico total, $Q_t$ :

$$\dot{Q}_t = \frac{31.47}{0.9} \quad (8)$$

$$\dot{Q}_t = 34.97 \text{ kw}$$

### Demanda de vapor en cada marmita:

- Presión absoluta del vapor: 24.7 psi = 1.68 bar
- Entalpía del vapor a 1.68 bar,  $h'' = 2698.26 \text{ kJ/kg}$
- Entalpía del condensado,  $h' = 481.68 \text{ kJ/kg}$

Despejando resulta el flujo másico necesario de vapor,  $\dot{m}_v$ :

$$\dot{m}_v = \frac{34.97}{(2698.26 - 481.68)} = 0.0158 \frac{\text{kg}}{\text{s}} = 56.88 \frac{\text{kg}}{\text{h}} \quad (9)$$

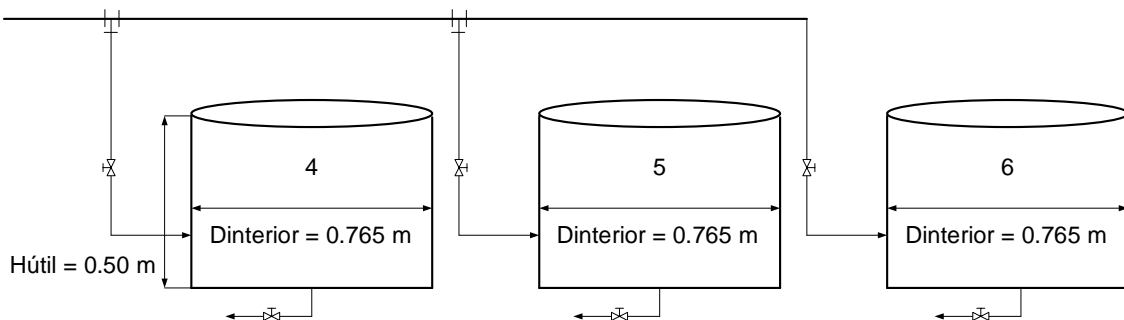
Siendo tres las marmitas hervidoras de agua, se tiene la demanda total de vapor:

$$M_{v-t} = 3 * M_{v-marmita} = 3 \times 0.0158$$

$$M_{v-t} = 0.047 \text{ kg/s}$$

$$M_{v-t} = 170.64 \text{ kg/h}$$

#### 4.1.1.2 Vapor en Marmitas para cocción de Alimentos:



### Volumen útil de marmita:

Datos:

- Diámetro interior = 0.765 m
- Altura útil = 0.50 m
- masa de arroz: 30 kg
- masa de agua: 55 kg

$$V = \frac{\pi}{4} * 0.765^2 * 0.50 \quad (3)$$

$$V = 0.23 \text{ m}^3$$

### Calor útil demandado para cocinar el arroz en marmita, Qu:

- Calor específico del agua: 4.187 kJ/(kg\*°C)
- Calor específico del arroz: 2.15 kJ/(kg\*°C)
- Calor latente de vaporización del agua: 2500 kJ/kg
- Temperatura inicial: 20 °C
- Temperatura final: 100 °C
- Tiempo de calentamiento: 20 minutos = 1200 segundos

### Demanda de calor de calentamiento:

$$Q_u = 55 \text{ kg} * \left[ 4.187 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} * ^\circ\text{C}} * (100 - 20)^\circ\text{C} + 2500 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \right] + 30 \text{ kg} * 2.15 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} * ^\circ\text{C}} * (100 - 20)^\circ\text{C} \quad (6)$$

$$Q_u = 155,922.80 + 9,460$$

$$Q_u = 165,382.80 \text{ kJ}$$

### Potencia térmica del proceso:

$$\dot{Q}_u(\text{kw}) = \frac{165,382.80 \text{ kJ}}{1200 \text{ s}} \quad (7)$$

$$\dot{Q}_u(\text{kw}) = 137.819 \text{ kw}$$



Eficiencia estimada del proceso: 95 % (tiene aislamiento térmico, velocidad del viento nula)

**Flujo térmico total,  $Q_t$ :**

$$\dot{Q}_t = \frac{137.819}{0.95} \quad (8)$$

$$\dot{Q}_t = 145.073 \text{ kw}$$

**Demanda de vapor en cada marmita:**

Presión absoluta del vapor: 24.7 psi = 1.68 bar

Entalpía del vapor a 1.68 bar,  $h'' = 2698.26 \text{ kJ/kg}$

Entalpía del condensado,  $h' = 481.68 \text{ kJ/kg}$

Despejando resulta el flujo másico necesario de vapor,  $\dot{m}_v$ :

$$\dot{m}_v = \frac{153.073}{(2698.26 - 481.68)} \quad (9)$$

$$\dot{m}_v = 0.069 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$$

$$\dot{m}_v = 248.40 \frac{\text{kg}}{\text{h}}$$

Siendo tres las marmitas para cocinar arroz, se tiene la demanda total de vapor en estas marmitas:

$$M_{v-t} = 3 * M_{v-marmita} = 3 \times 0.069$$

$$M_{v-t} = 0.207 \text{ kg/s}$$

$$M_{v-t} = 745.20 \text{ kg/h}$$

Resulta la demanda total de calor en Cocina:

$$0.047 + 0.207$$

$$0.254 \text{ kg/s}$$

$$914.40 \text{ kg/h}$$

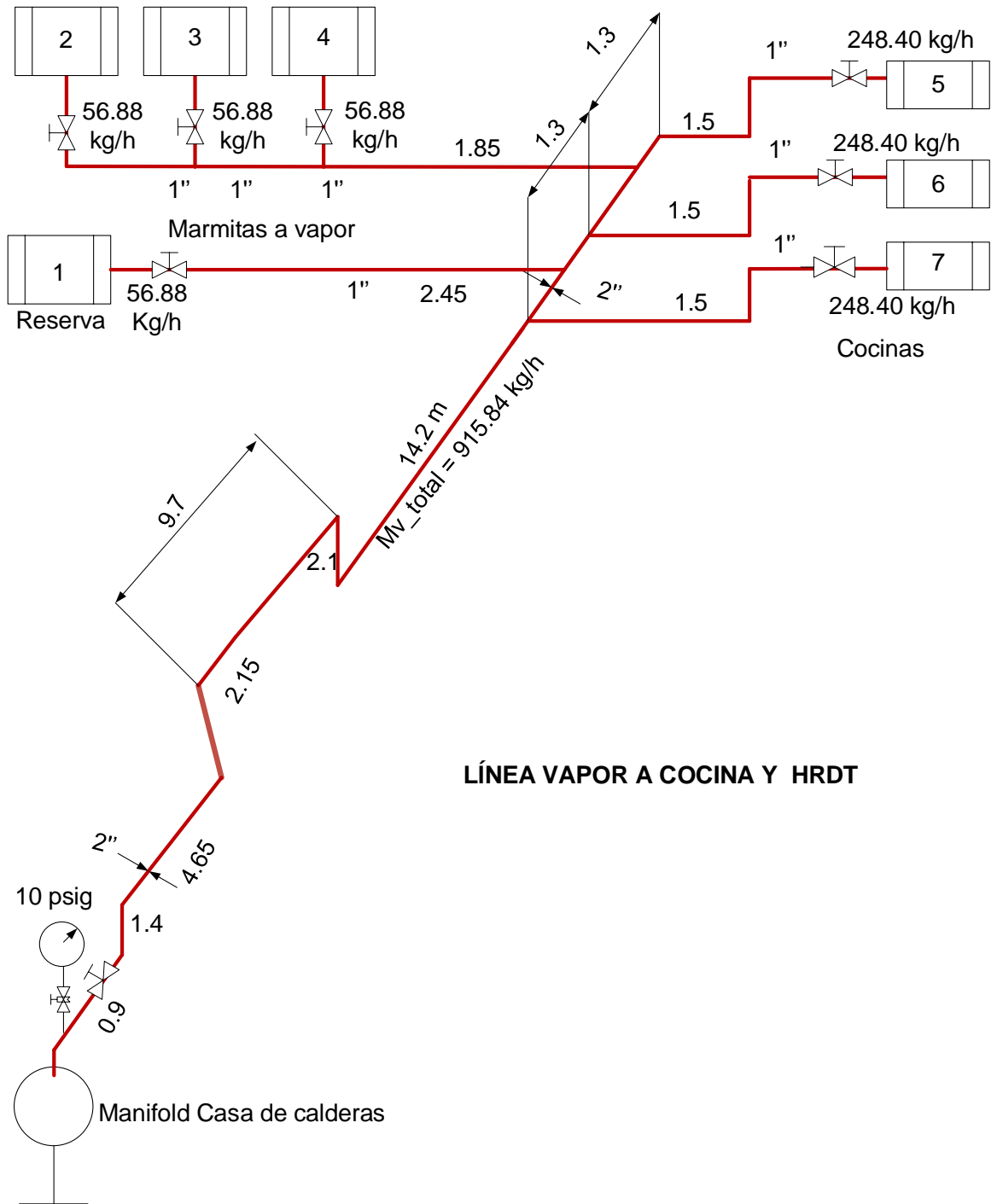


Figura 10: Demanda de vapor actual en Cocina HRDT.

Fuente: Elaboración Propia.

#### 4.1.3. Vapor a Central de esterilización

##### a) Consumidor Esterilizador 1.

- Calor útil nominal,  $Q_{u,n} = 35$  kW
- Presión manométrica vapor de operación: 40 psig = 2.72 bar
- Presión absoluta del vapor a Esterilización: 3.72 bar
- Entalpía del vapor: 2,734.75 kJ/kg
- Entalpía del condensado: 593.50 kJ/kg
- Densidad de vapor a 40 psig = 2.03 kg/m<sup>3</sup>

Vapor a esterilizador:

$$m_{v_{Esteriliz}} = \frac{35}{2734.75 - 593.50} \quad (9)$$

$$m_{v_{Esteriliz}} = 0.0163 \frac{kg}{s} = 58.68 \frac{kg}{h}$$

##### b) Consumidor Esterilizador 2.

- Calor útil nominal,  $Q_{u,n} = 20$  kW
- Presión manométrica vapor de operación: 40 psig = 2.72 bar
- Presión absoluta del vapor a Esterilización: 3.72 bar
- Entalpía del vapor: 2,734.75 kJ/kg
- Entalpía del condensado: 593.50 kJ/kg

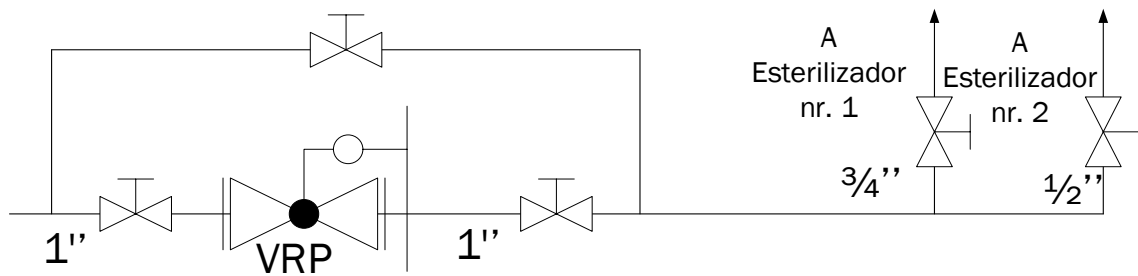
Vapor a esterilizador:

$$m_{v_{Esteriliz}} = \frac{20}{2734.75 - 593.50} \quad (9)$$

$$m_{v_{Esteriliz}} = 0.00934 \frac{kg}{s} = 33.624 \frac{kg}{h}$$

**Total, vapor a Central de esterilización:**

$$58.68 + 33.624 = 92.304 \text{ kg/h} = 0.02564 \text{ kg/s}$$



Vapor a Central de esterilización

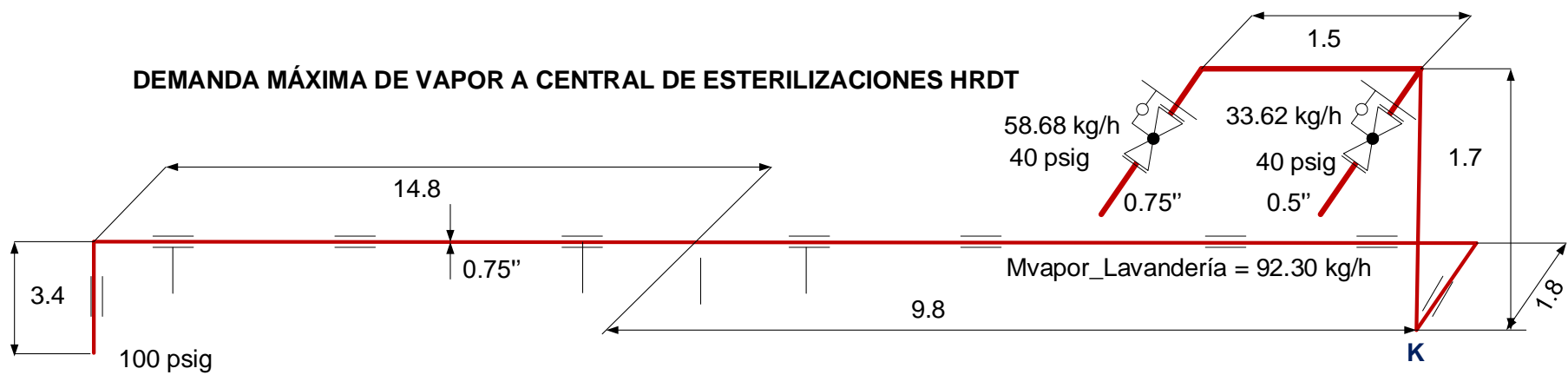


Figura 11: tuberías vapor a Central de Esterilización.

Fuente: Elaboración propia

#### 4.1.4. Vapor a Lavandería:

En este caso el vapor se distribuye en dos presiones diferentes:

Una línea a 100 psig. Una línea a 10 psig

##### 4.1.4.1 Consumidores de vapor en Lavandería del HRDT a 100 psig

- Presión absoluta del vapor de proceso: 114.7 psi = 7.803 bar
- Entalpía del vapor = 2,767.28 kJ/kg
- Entalpía del condensado = 716.35 kJ/kg

#### a) Plancha a vapor Nr. 1

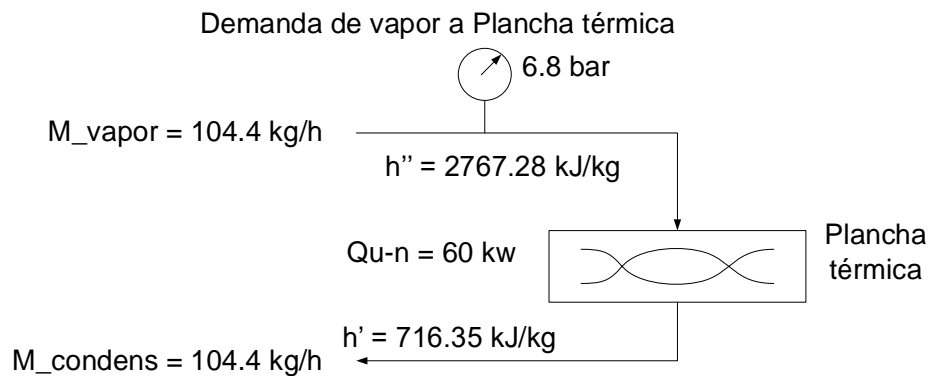
- Cantidad: Tres planchas
- Calor útil nominal: 60 kW

Consumo de vapor:

$$m_{v\_Plancha\_1} = \frac{60}{2767.28-716.35} = 0.029 \frac{kg}{s} = 104.4 \frac{kg}{h} \quad (9)$$

$$m_{v\_Plancha\_2} = \frac{60}{2767.28-716.35} = 0.029 \frac{kg}{s} = 104.4 \frac{kg}{h} \quad (9)$$

$$m_{v\_Plancha\_3} = \frac{60}{2767.28-716.35} = 0.029 \frac{kg}{s} = 104.4 \frac{kg}{h} \quad (9)$$



Demanda de vapor en planchas:  $3 \times 104.4 = 313.20 \text{ kg/h}$

**b) Secadores a vapor:**

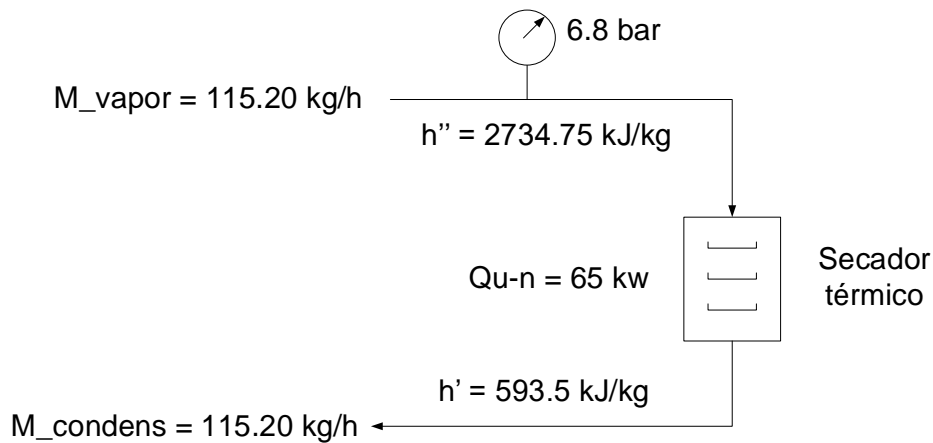
- Cantidad: dos unidades
- Calor útil nominal (Capacidad térmica nominal),  $Q_{u,n} = 65 \text{ kW}$
- Consumo unitario de vapor en Secadores:

$$m_{v\_Secador\_1} = \frac{65}{2767.28-716.35} = 0.032 \frac{\text{kg}}{\text{s}} = 115.20 \frac{\text{kg}}{\text{h}} \quad (9)$$

$$m_{v\_Secador\_2} = \frac{65}{2767.28-716.35} = 0.032 \frac{\text{kg}}{\text{s}} = 115.20 \frac{\text{kg}}{\text{h}} \quad (9)$$

Demanda de vapor total en secadores:  $115.20 + 115.20 = 230.40 \text{ kg/h}$

Demanda de vapor a secador térmico de ropa



**4.1.4.2 Demanda de vapor en equipos de 10 psig**

- Presión absoluta del vapor de proceso:  $24.7 \text{ psi} = 1.68 \text{ bar}$
- Entalpía del vapor =  $2,698.26 \text{ kJ/kg}$
- Entalpía del condensado =  $481.682 \text{ kJ/kg}$

**a) Demanda de Vapor en Lavadoras:**

- Presión de operación:  $10 \text{ psig}$
- Cantidad: 5 lavadoras

- Capacidad térmica nominal:  $Q_{u,n} = 35 \text{ kW}$

$$m_{v\_Lavadora_1} = \frac{35}{2698.26-481.682} = 0.016 \frac{kg}{s} = 57.60 \frac{kg}{h} \quad (9)$$

$$m_{v\_Lavadora_2} = \frac{35}{2698.26-481.682} = 0.016 \frac{kg}{s} = 57.60 \frac{kg}{h} \quad (9)$$

$$m_{v\_Lavadora_3} = \frac{35}{2698.26-481.682} = 0.016 \frac{kg}{s} = 57.60 \frac{kg}{h} \quad (9)$$

$$m_{v\_Lavadora_4} = \frac{35}{2698.26-481.682} = 0.016 \frac{kg}{s} = 57.60 \frac{kg}{h} \quad (9)$$

$$m_{v\_Lavadora_5} = \frac{35}{2698.26-481.682} = 0.016 \frac{kg}{s} = 57.60 \frac{kg}{h} \quad (9)$$

- Demanda de vapor en lavadoras:  $5 \times 57.60 = 288 \text{ kg/h}$   
Demanda de vapor en el área de Lavandería:  $313.20 + 230.40 + 288 = 831.60 \text{ kg/h}$

Demanda total actual de vapor en HRDT, a plena carga:

- En Cocina:  $914.40 \text{ kg/h}$
- En Central de esterilización:  $92.304 \text{ kg/h}$
- En Lavandería:  $831.60 \text{ kg/h}$

Vapor total actual:  $914.40 + 92.304 + 831.60 = 1,838.304 \text{ kg/h}$

Se observa que la demanda de vapor, a plena carga es menor a la capacidad de generación nominal de vapor de una caldera, 1403.566 kg/h

Según el Personal del HRDT, se van a instalar equipos nuevos de vapor:

**a) En Cocina:**

Dos marmitas en cocina, una grande y una mediana:

Vapor adicional a cocina:  $170.64 + 248.40 = 419.04$  kg/h

**b) En Lavandería:**

- 01 plancha a vapor: 104.4 kg/h
- 01 Secador a vapor: 115.20 kg/h
- 01 lavadora: 57.60 kg/h

Vapor adicional a Lavandería:  $104.4 + 115.20 + 57.60 = 277.20$  kg/h

Resulta la demanda proyectada de vapor, a plena carga, en HRDT:

$$M_{v-actual} + M_{v-proyect_cocina} + M_{v-proyect_lavanderia}$$

$$1838.304 + 419 + 277.20 = 2,534.504 \text{ kg/h} = 0.704 \text{ kg/s}$$

En la situación actual y proyectada a plena carga, una sola caldera (1403.566 kg/h) no puede atender la demanda de vapor (1838.304 kg/h actual y 2534.504 kg/h proyectada), en este caso deberán operar las dos calderas Intesa, al mismo tiempo, con lo cual:

$$M_{vapor_calderas} = 2807.132 \text{ kg/h} > M_{vapor_proyectada} = 2,534.504$$





## 4.2. Balance de energía térmica y consumidores:

### 4.2.1. Línea de alimentación con vapor a Cocina:

Se determina la pérdida de calor en la tubería desnuda y en la tubería con aislante térmico

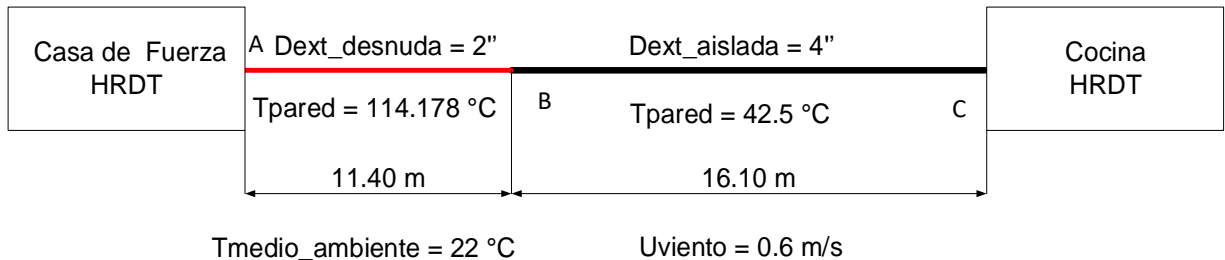


Figura 13: Tubería desnuda y con aislante térmico alimentación con vapor a Cocina.

Fuente: Elaboración Propia.

#### a) Pérdida de calor en tubería desnuda, $Q_{p\_desn}$ :

Datos:

Temperatura de pared del tubo: 114.178 °C

Temperatura del medio ambiente: 22 °C

Longitud del tubo desnudo: 11.40 m

Diámetro exterior del tubo desnudo: 2" = 0.0508 m

Superficie lateral del tubo desnudo:

$$S_{tub_{desn}}(m^2) = \pi * 0.0508 * 11.40 \quad (10)$$

$$S_{tub_{desn}}(m^2) = 1.82 m^2$$

Coeficiente de convección:

$$h_{p \rightarrow \infty} = 11.9 + 9.69 * \sqrt{0.6} = 19.406 \frac{w}{m^2 * ^\circ C} \quad (11)$$

Calor perdido en tramo de tubería desnuda de vapor a cocina:

$$Q_{p_{desn_{Cocina}}} = \frac{19.406 * 1.82 * (114.178 - 22)}{1000} \quad (12)$$

$$Q_{p_{desn_{Cocina}}} = 3.26 \text{ kw}$$

**b) Pérdida de calor en tubería con aislamiento térmico, Qp\_aisl:**

Datos:

- Temperatura de pared del tubo con aislante térmico: 42.5 °C
- Temperatura del medio ambiente: 22 °C
- Longitud del tubo desnudo: 16.10 m
- Diámetro exterior del tubo aislado: 4" = 0.1016 m

Superficie lateral del tubo aislado:

$$S_{tub_{aisl}}(m^2) = \pi * 0.1016 * 16.10 = 5.14 \text{ m}^2 \quad (10)$$

Coefficiente de convección:

$$h_{p \rightarrow \infty} = 11.9 + 9.69 * \sqrt{0.6} = 19.406 \frac{w}{m^2 * ^\circ C} \quad (11)$$

Calor perdido en tramo de tubería con aislante térmico de vapor a cocina:

$$Q_{p_{desn_{Cocina}}} = \frac{19.406 * 5.14 * (42.5 - 22)}{1000} \quad (12)$$

$$Q_{p_{desn_{Cocina}}} = 2.024 \text{ kw}$$

Calor total perdido en tubería de vapor a Cocina:

$$Q_{perd_{Total_{Cocina}}} = 3.26 + 2.024 = 5.284 \text{ kw}$$

Calor útil total entregado por tubería de vapor a cocina,  $Q_{t\_cocina}$ :

$$Q_{UtilTotalTuberCocina} = Q_{TotalMarmitas} + Q_{TotalCocinas} \quad (13)$$

$$Q_{UtilTotalTuberCocina} = 3 * 153 + 3 * 34.97$$

$$Q_{UtilTotalTuberCocina} = 564.306 \text{ kw}$$

Resulta el calor total que se le entrega a la tubería de vapor a Cocina,  $Q_{t\_cocina}$ :

$$Q_{t\_cocina} = Q_{util\_total} + Q_{perdido} \quad (13)$$

$$Q_{t\_cocina} = 564.306 + 5.284$$

$$Q_{t\_cocina} = 569.61 \text{ kw}$$

Rendimiento térmico de la tubería de vapor a cocina:

$$\eta_{térmicoTuber} = 1 - \frac{Q_{ptuber}}{Q_{Totaltuber}} \quad (17)$$

$$\eta_{térmicoTuber} = 1 - \frac{5.284}{569.61}$$

$$\eta_{térmicoTuber} = 99.72\%$$

#### 4.2.2 Línea de vapor a Central de Esterilización:

Se determina la pérdida de calor en la tubería desnuda y en la tubería con aislante térmico.

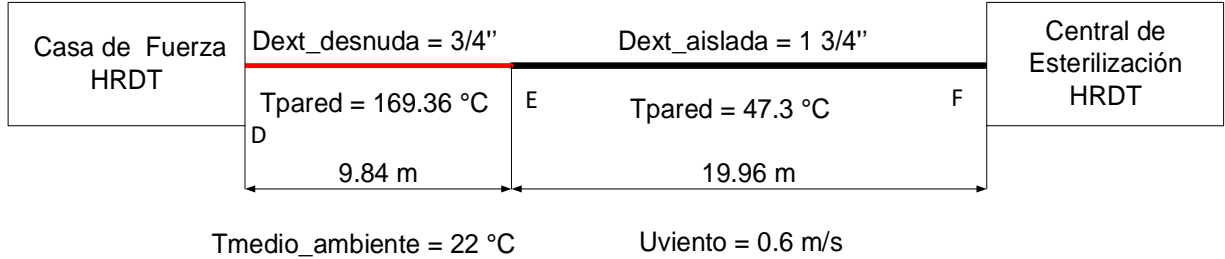


Figura 14: Tubería desnuda y con aislante térmico alimentación con vapor a Central de Esterilización.

Fuente: Elaboración Propia.

#### c) Pérdida de calor en tubería desnuda, $Q_{p\_desn}$ :

Datos:

Temperatura de pared del tubo: 169.36 °C

Temperatura del medio ambiente: 22 °C

Longitud del tubo desnudo: 9.84 m

Diámetro exterior del tubo desnudo: 3/4" = 0.01905 m

Superficie lateral del tubo desnudo:

$$S_{tub_{desn}} (m^2) = \pi * 0.01905 * 9.84 \quad (10)$$

$$S_{tub_{desn}} (m^2) = 0.59 m^2$$

Coefficiente de convección:

$$h_{p \rightarrow \infty} = 11.9 + 9.69 * \sqrt{0.6} = 19.406 \frac{W}{m^2 * ^\circ C} \quad (11)$$

Calor perdido en tramo de tubería desnuda de vapor a central esterilización:

$$Q_{p_{desn_{CentralEsterilización}}} = \frac{19.406 * 0.59 * (169.36 - 22)}{1000} \quad (12)$$

$$Q_{p_{desn}CentralEsterilización} = 1.69 \text{ kw}$$

**d) Pérdida de calor en tubería con aislamiento térmico, Qp\_aisl:**

Datos:

- Temperatura de pared del tubo con aislante térmico: 53.5 °C
- Temperatura del medio ambiente: 22 °C
- Longitud del tubo desnudo: 19.96 m
- Diámetro exterior del tubo aislado: 1.75" = 0.04445 m

Superficie lateral del tubo aislado:

$$S_{tub_{aisl}}(m^2) = \pi * 0.04445 * 19.96 \quad (10)$$

$$S_{tub_{aisl}}(m^2) = 2.78 \text{ m}^2$$

Coefficiente de convección:

$$h_{p \rightarrow \infty} = 11.9 + 9.69 * \sqrt{0.6} = 19.406 \frac{w}{m^2 * ^\circ C} \quad (11)$$

Calor perdido en tramo de tubería con aislante térmico de vapor a Central de Esterilización:

$$Q_{p_{desn}CentralEsteril} = \frac{19.406 * 2.78 * (53.5 - 22)}{1000} \quad (12)$$

$$Q_{p_{desn}CentralEsteril} = 1.70 \text{ kw}$$

Calor total perdido en tubería de vapor a Central de Esterilización:

$$Q_{perd_{Total}CentralEsteril} = 1.69 + 1.70$$

$$Q_{perd_{Total}CentralEsteril} = 3.39 \text{ kw}$$

Calor útil total entregado por tubería de vapor a cocina,  $Q_{t\_central\_esteril}$ :

$$Q_{UtilTotalTuberCentral-Ester} = Q_{TotalEsteril-1} + Q_{TotalEsteril2} \quad (13)$$

$$Q_{UtilTotalTuberCentral-Ester} = 35 + 20$$

$$Q_{UtilTotalTuberCentral-Ester} = 55 \text{ kW}$$

Resulta el calor total que se le entrega a la tubería de vapor a Central de Esterilización,  $Q_{t\_central\_esteril}$ :

$$Q_{t\_central\_Ester} = Q_{util\_total} + Q_{perdido} \quad (13)$$

$$Q_{t\_central\_Ester} = 55 + 3.39$$

$$Q_{t\_central\_Ester} = 58.39 \text{ kW}$$

Rendimiento térmico de la tubería de vapor a Central de Esterilización:

$$\eta_{térmicoTuber} = 1 - \frac{Q_{p\_tuber}}{Q_{Totaltuber}} \quad (17)$$

$$\eta_{térmicoTuber} = 1 - \frac{3.39}{55}$$

$$\eta_{térmicoTuber} = 93.84 \%$$

#### 4.2.3 Línea de vapor a Lavandería:

Se determina la pérdida de calor en la tubería desnuda y en la tubería con aislante térmico a 100 psig y a 10 psig, respectivamente

##### 4.2.3.1. Balance energético en línea de vapor a 100 psig:

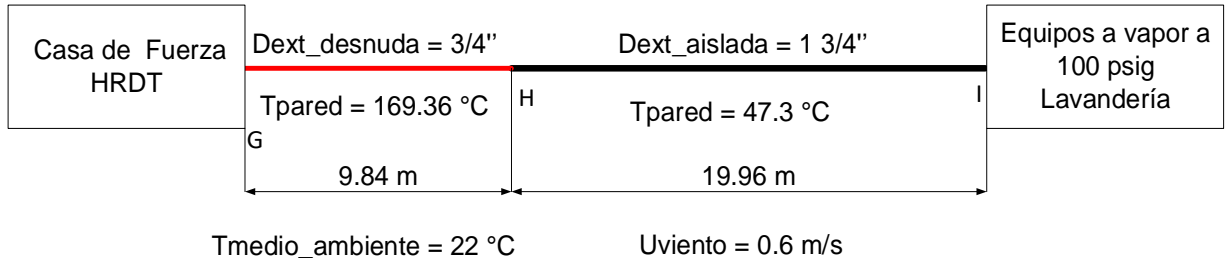


Figura 15: Tubería desnuda y con aislante térmico alimentación con vapor a Lavandería, en 100 psig.

Fuente: Elaboración Propia.

##### e) Pérdida de calor en tubería desnuda, $Q_{p\_desn}$ :

Datos:

Temperatura de pared del tubo: 169.36 °C

Temperatura del medio ambiente: 22 °C

Longitud del tubo desnudo: 13.70 m

Diámetro exterior del tubo desnudo: 1 3/4" = 0.04445 m

Superficie lateral del tubo desnudo:

$$S_{tub\_desn} (m^2) = \pi * 0.04445 * 13.70 \quad (10)$$

$$S_{tub\_desn} (m^2) = 1.91 m^2$$

Coeficiente de convección:

$$h_{p \rightarrow \infty} = 11.9 + 9.69 * \sqrt{0.6} = 19.406 \frac{w}{m^2 * ^\circ C} \quad (11)$$



Calor perdido en tramo de tubería desnuda de vapor a Lavandería en 100 psig:

$$Q_{p_{desn}Tuber_{Lavandería100psig}} = \frac{19.406 * 1.91 * (169.36 - 22)}{1000} \quad (12)$$

$$Q_{p_{desn}Tuber_{Lavandería100psig}} = 5.46 \text{ kw}$$

**f) Pérdida de calor en tubería con aislamiento térmico, Qp\_aisl:**

Datos:

- Temperatura de pared del tubo con aislante térmico: 41.5 °C
- Temperatura del medio ambiente: 22 °C
- Longitud del tubo desnudo: 32.19 m
- Diámetro exterior del tubo aislado: 1.75" = 0.09525 m

Superficie lateral del tubo aislado térmicamente:

$$S_{tub_{aisl}}(m^2) = \pi * 0.09525 * 32.19 \quad (10)$$

$$S_{tub_{aisl}}(m^2) = 9.63 \text{ m}^2$$

Coefficiente de convección:

$$h_{p \rightarrow \infty} = 11.9 + 9.69 * \sqrt{0.6} = 19.406 \frac{w}{m^2 * ^\circ C} \quad (11)$$

Calor perdido en tramo de tubería con aislante térmico de vapor a cocina:

$$Q_{p_{desn}Lavandería} = \frac{19.406 * 9.63 * (41.5 - 22)}{1000} \quad (12)$$

$$Q_{p_{desn}Lavandería} = 3.65 \text{ kw}$$

Calor total perdido en tubería de vapor a Lavandería en tubería a 100 psig:

$$Q_{perd\_Total\_Lavandería\_100\_psig} = 5.46 + 3.65 = 9.11 \text{ kw}$$

Calor útil total entregado por tubería de vapor a Lavandería,  $Q_{t\_Lavandería}$  a 100 psig:

$$Q_{Util_{Total_{Tuber}}} = Q_{Total_{100psi}} + Q_{Total_{10psig}} \quad (13)$$

$$Q_{Util_{Total_{Tuber}}} = 3 * 60 + 2 * 65$$

$$Q_{Util_{Total_{Tuber}}} = 310 \text{ kW}$$

Resulta el calor total que se le entrega a la tubería de vapor a Lavandería,  $Q_{t\_Lavander}$ :

$$Q_{t\_Lavander} = Q_{util\_total} + Q_{perdido} \quad (13)$$

$$Q_{t\_Lavander} = 310 + 9.11$$

$$Q_{t\_Lavander} = 319.11 \text{ kW}$$

Rendimiento térmico de la tubería de vapor a Lavandería a 100 psig:

$$\eta_{térmico_{Tuber}} = 1 - \frac{Q_{p_{tuber}}}{Q_{Total_{tuber}}} \quad (17)$$

$$\eta_{térmico_{Tuber}} = 1 - \frac{9.11}{310}$$

$$\eta_{térmico_{Tuber}} = 97.06 \%$$

#### 4.2.3.2 Balance energético en línea de vapor a 10 psig:

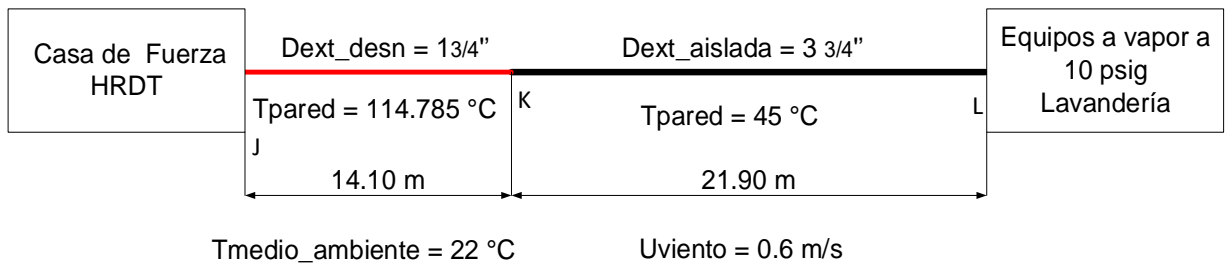


Figura 16: Tubería desnuda y con aislante térmico alimentación con vapor a Lavandería, en 10 psig.

Fuente: Elaboración Propia.

#### g) Pérdida de calor en tubería desnuda, $Q_{p\_desn}$ :

Datos:

Temperatura de pared del tubo: 114.785 °C

Temperatura del medio ambiente: 22 °C

Longitud del tubo desnudo: 14.10 m

Diámetro exterior del tubo desnudo: 1 3/4" = 0.04445 m

Superficie lateral del tubo desnudo:

$$S_{tub_{desn}}(m^2) = \pi * 0.04445 * 14.10 \quad (10)$$

$$S_{tub_{desn}}(m^2) = 1.97 m^2$$

Coefficiente de convección:

$$h_{p \rightarrow \infty} = 11.9 + 9.69 * \sqrt{0.6} = 19.406 \frac{w}{m^2 * ^\circ C} \quad (11)$$

Calor perdido en tramo de tubería desnuda de vapor a Lavandería en 10 psig:

$$Q_{p\_desn\_Tuber\_Lavandería10psig} = \frac{19.406 * 1.97 * (114.785 - 22)}{1000} \quad (12)$$

$$Q_{p\_desn\_Tuber\_Lavandería10psig} = 3.55 kw$$

#### h) Pérdida de calor en tubería con aislamiento térmico, $Q_{p\_aisl}$ :

Datos:

- Temperatura de pared del tubo con aislante térmico: 45 °C
- Temperatura del medio ambiente: 22 °C
- Longitud del tubo desnudo: 21.90 m
- Diámetro exterior del tubo aislado: 3.75" = 0.09525 m

Superficie lateral del tubo aislado térmicamente:

$$S_{tub_{aisl}}(m^2) = \pi * 0.09525 * 21.90 \quad (10)$$

$$S_{tub_{aisl}}(m^2) = 6.55 m^2$$

Coefficiente de convección:

$$h_{p \rightarrow \infty} = 11.9 + 9.69 * \sqrt{0.6} = 19.406 \frac{w}{m^2 * ^\circ C} \quad (11)$$

Calor perdido en tramo de tubería con aislante térmico de vapor a cocina:

$$Q_{p_{desn_{Lavandería}}} = \frac{19.406 * 6.55 * (45 - 22)}{1000} \quad (12)$$

$$Q_{p_{desn_{Lavandería}}} = 2.92 kw$$

Calor total perdido en tubería de vapor a Lavandería en tubería a 10 psig:

$$Q_{perd_{Total_{Lavandería_{10\_psig}}} = 3.55 + 2.92 = 6.47 kw$$

Calor útil total en tubería de vapor a Lavandería,  $Q_{t_{Lavandería}}$  a 10 psig :

$$Q_{Util_{Total_{Tuber}}} = 5 * 35 = 175 kw$$

Calor total que se le entrega a la tubería de vapor a Lavandería,

$$Q_{t\_Lavander} = Q_{util\_total} + Q_{perdido} \quad (13)$$

$$Q_{t\_Lavander} = 175 + 6.47$$

$$Q_{t\_Lavander} = 181.47 \text{ kW}$$

Rendimiento térmico de la tubería de vapor a Lavandería a 10 psig:

$$\eta_{térmicoTuber} = 1 - \frac{Q_{p\_tuber}}{Q_{Totaltuber}} \quad (17)$$

$$\eta_{térmicoTuber} = 1 - \frac{6.47}{181.47} = 96.43 \%$$

Rendimiento térmico de la red de distribución de vapor en HRDT:

Calor útil Total de la red de vapor:

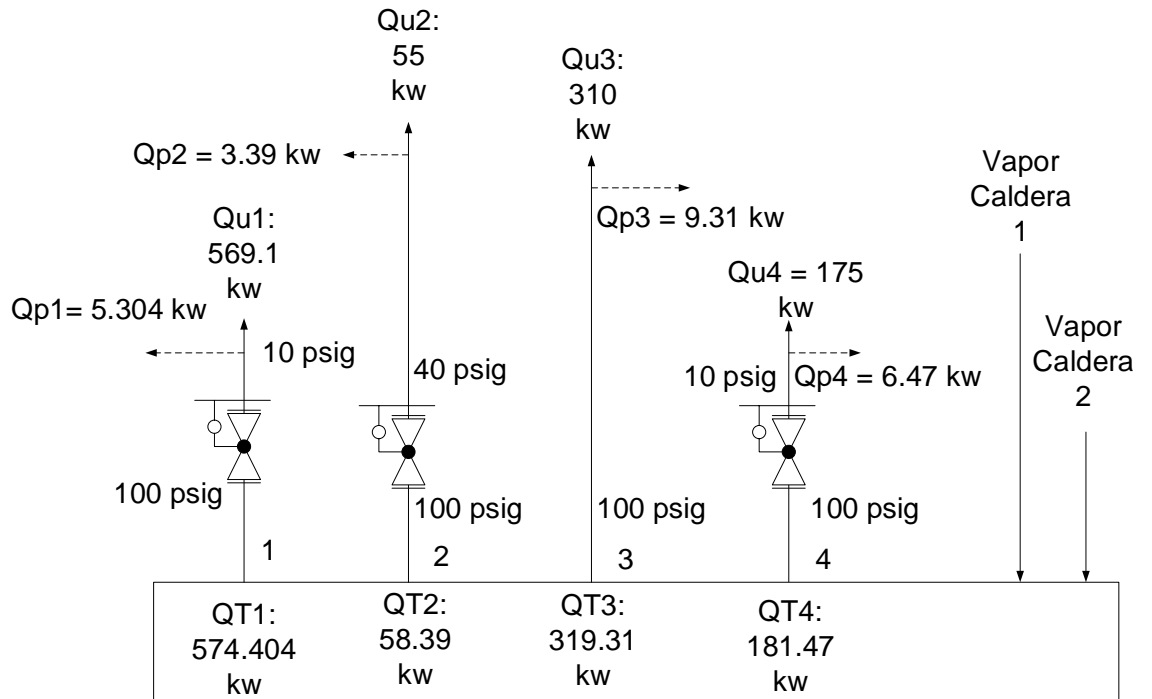
$$Q_{u-t} = 569.61 \text{ kW} + 55 + 310 + 175$$

$$Q_{u-t} = 1,109.59 \text{ kW}$$

Calor total perdido en red vapor:

$$Q_{p\_t} = 5.304 + 3.39 + 9.11 + 6.47$$

$$Q_{p\_t} = 24.274 \text{ KW}$$



- 1: Vapor a Cocina 10 psig
- 2: Vapor a Central de Esterilización
- 3: Vapor a Lavandería 100 psig
- 4: Vapor a Lavandería 10 psig

Figura 17: Diagrama de calor en cada área requerida de vapor.

Fuente: Elaboración Propia.

Eficiencia térmica de la red de distribución de vapor en HRDT:

$$\eta_{\text{térmico Red vapor HRDT}} = 1 - \frac{Q_{\text{Pred vapor}}}{Q_{\text{Total Red vapor}}} \quad (17)$$

$$\eta_{\text{térmico Red vapor HRDT}} = 1 - \frac{24.274}{1,109.59}$$

$$\eta_{\text{térmico Red vapor HRDT}} = 97.81 \%$$

### 4.3. Verificación de capacidad de la red de vapor:

#### 4.3.1. Vapor a cocina:

- Diámetro nominal actual de la tubería: 2". Número de cédula: 40
- Diámetro exterior del tubo = 60.3 mm
- Espesor del tubo: 3.91 mm

$$D_{int} = 60.3 - 2 \cdot 3.91 = 52.48 \text{ mm} \quad (19)$$

$$S_t = \frac{\pi}{4} * 0.05248^2 \quad (20)$$

$$S_t = 0.002163 \text{ m}^2$$

Se asume, del rango de velocidades para vapor a baja presión (15...20) m/s, (Carabodgean, 2018); un valor de velocidad  $U_v = 17 \text{ m/s}$ .

resulta el flujo másico de vapor:

$$m_v = 0.96 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 17 \frac{\text{m}}{\text{s}} * 0.002163 \text{ m}^2 \quad (21)$$

$$m_v = 0.035 \frac{\text{kg}}{\text{s}} = 127.080 \frac{\text{kg}}{\text{h}}$$

Siendo la demanda máxima actual de vapor 914.40 kg/h.

Vapor a plena carga proyectada:  $914.40 + 419.04 = 1333.44 \text{ kg/h}$ .

Se presenta una table en Excel con los resultados de capacidad de vapor para diferentes velocidades:

Denominación	Símb	UM	V1	V2	V3	V4	V5	V6
Presión manométrica del vapor	pv	Bar	1.68	1.68	1.68	1.68	1.68	1.68
Densidad del vapor	dv	kg/m3	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96
Velocidad del vapor	Uv	m/s	15	16	17	18	19	20
Diámetro nominal del tubo (Céd. 40)	dint	Pulgadas	2	2	2	2	2	2

Denominación	Símb	UM	V1	V2	V3	V4	V5	V6
Dext del tubo	dext	mm	60.3	60.3	60.3	60.3	60.3	60.3
Espesor del tubo	dt	mm	3.91	3.91	3.91	3.91	3.91	3.91
Diámetro interior del tubo	dint	mm	52.48	52.48	52.48	52.48	52.48	52.48
		m	0.05248	0.05248	0.05248	0.05248	0.05248	0.05248
Sección transversal del tubo	St	m2	0.00216	0.00216	0.00216	0.00216	0.00216	0.00216
Flujo másico de vapor	mv	kg/s	0.03115	0.03323	0.03530	0.03738	0.03946	0.04153
			112.14	119.61	127.09	134.56	142.04	149.51

Tabla 1: Capacidad actual de transporte de vapor en función de la velocidad, para tubería de alimentación a Cocina HRDT.

Fuente: Elaboración propia.

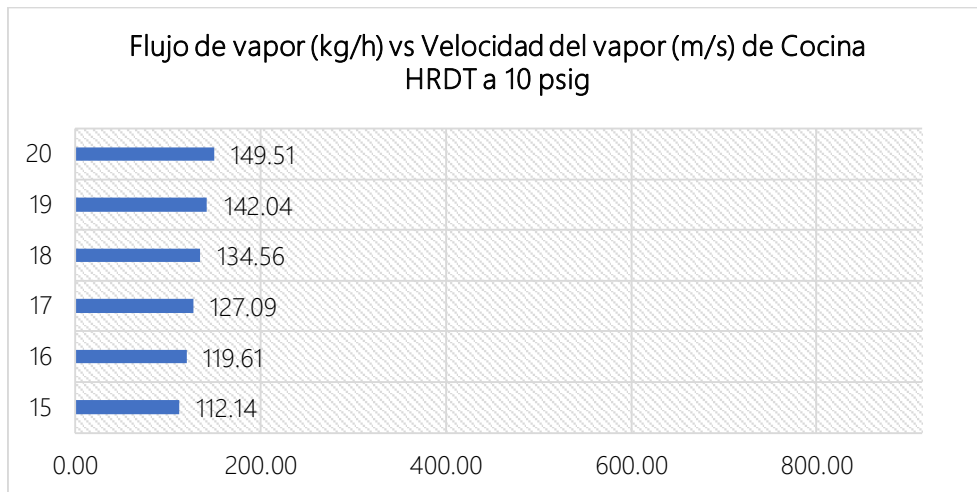


Figura 18: Variación del flujo de vapor en función de su velocidad en tubería.

Fuente: Elaboración propia.



Siendo la demanda máxima actual de vapor 914.40 kg/h, se observa que el diámetro actual de la tubería,  $dn = 2''$  es insuficiente para transportar el vapor a plena carga, en Cocina; a 10 psig.

#### 4.3.2. Vapor a Central de Esterilización:

Se determina la capacidad de transporte de la tubería actual, utilizando las velocidades recomendadas del vapor a baja presión (15...20) m/s (Carabodgean, 2018)

- Diámetro nominal actual de la tubería: 3/4". Número de cédula: 40
- Diámetro exterior del tubo = 26.70 mm
- Espesor del tubo: 2.87 mm

$$D_{int} = 26.70 - 2 * 2.87 = 20.96 \text{ mm} \quad (19)$$

Superficie transversal del tubo,  $S_t$ :

$$S_t = \frac{\pi}{4} * 0.02096^2 \quad (20)$$

$$S_t = 0.000345 \text{ m}^2$$

se asume, del rango de velocidades para vapor a baja presión (15...20) psig (Carabodgean, 2018) a 100 psig; un valor de velocidad  $U_v = 17 \text{ m/s}$

resulta el flujo másico de vapor:

$$m_v = 4.06 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 17 \frac{\text{m}}{\text{s}} * 0.000345 \text{ m}^2 \quad (21)$$

$$m_v = 0.023 \frac{\text{kg}}{\text{s}} = 85.72 \frac{\text{kg}}{\text{h}}$$

Siendo la demanda de vapor a plena carga: 92.3 kg/h.

Se presenta una table en Excel con los resultados de capacidad de vapor para diferentes velocidades:

Denominación	Símb	UM	V1	V2	V3	V4	V5	V6
Presión manométrica del vapor	pv	Bar	6.8	6.8	6.8	6.8	6.8	6.8
Densidad del vapor	dv	kg/m3	4.06	4.06	4.06	4.06	4.06	4.06
Velocidad del vapor	Uv	m/s	15	16	17	18	19	20
Diámetro nominal del tubo (Céd. 40)	dint	Pulg	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4

Denominación	Símb	UM	V1	V2	V3	V4	V5	V6
Dext del tubo	dext	mm	26.7	26.7	26.7	26.7	26.7	26.7
Espesor del tubo	dt	mm	2.87	2.87	2.87	2.87	2.87	2.87
Diámetro interior del tubo	dint	mm	20.96	20.96	20.96	20.96	20.96	20.96
		m	0.02096	0.02096	0.02096	0.02096	0.02096	0.02096
Sección transversal del tubo	St	m2	0.00035	0.00035	0.00035	0.00035	0.00035	0.00035
Flujo másico de vapor	mv	kg/s	0.02101	0.02241	0.02381	0.02522	0.02662	0.02802
			75.65	80.69	85.73	90.78	95.82	100.86

Tabla 2: capacidad de transporte de vapor en función de velocidad para tubería de alimentación a Central de esterilización HRDT.

Fuente: Elaboración propia

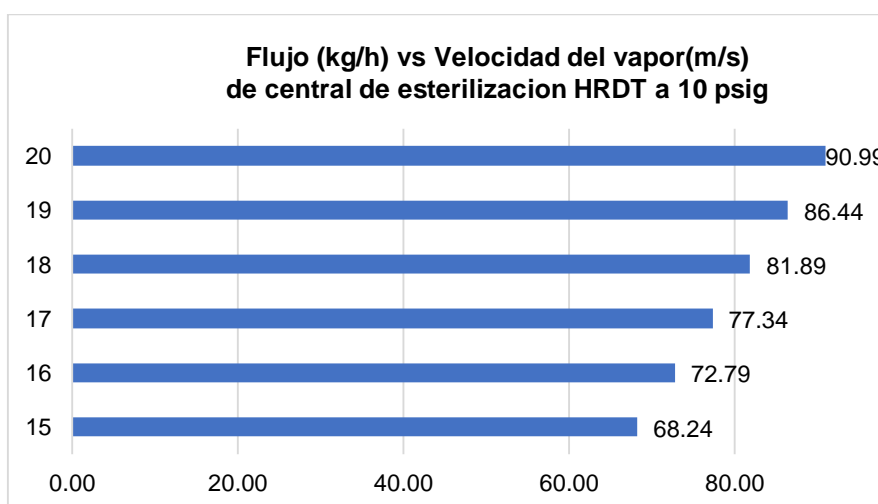


Figura 19: Variación del flujo de vapor en función de su velocidad en tubería.

Fuente: Elaboración propia

Siendo la demanda máxima actual de vapor 92.3 kg/h, se observa que el diámetro actual de la tubería,  $dn = \frac{3}{4}$ " Es insuficiente para transportar el vapor a plena carga.

#### 4.3.3. Vapor de Lavandería:

Se determina la capacidad de transporte de las tuberías actuales de alimentación, utilizando las velocidades recomendadas del vapor a baja presión (20...28) m/s.

A Lavandería se alimenta con vapor con dos líneas:

- A 100 psig,  $m_v = 588$  kg/h
- A 10 psig,  $m_v = 288$  kg/h

##### 4.3.3.1. Lavandería a 100 PSI:

- Diámetro nominal actual de la tubería: 2".
- Número de cédula: 40
- Diámetro exterior del tubo = 60.30 mm
- Espesor del tubo: 3.91 mm

$$d_{int} = 60.30 - 2 * 3.91 = 52.48 \text{ mm} \quad (19)$$

Superficie transversal del tubo,  $S_t$ :

$$S_t = \frac{\pi}{4} * 0.05248^2 \quad (20)$$

$$S_t = 0.002163 \text{ m}^2$$

Se asume, del rango de velocidades para vapor a baja presión, para vapor a baja presión: 15...20 m/s (Carabodgean, 2018); un valor de velocidad  $U_v = 17$  m/s.

Resulta el flujo másico de vapor:

$$m_v = 4.06 \frac{kg}{m^3} * 18 \frac{m}{s} * 0.002163 m^2 \quad (21)$$

$$m_v = 0.16 \frac{kg}{s} = 569.06 \frac{kg}{h}$$

Vapor a plena carga actual: 588 kg/h

Vapor a plena carga proyectada:  $588 + 104.4 + 115.20 = 807.6$  kg/h.

Se presenta una table en Excel con los resultados de capacidad de vapor para diferentes velocidades:

Denominación	Símb	UM	V1	V2	V3	V4	V5	V6
Presión manométrica del vapor	pv	Bar	6.8	6.8	6.8	6.8	6.8	6.8
Densidad del vapor	dv	kg/m3	4.06	4.06	4.06	4.06	4.06	4.06
Velocidad del vapor	Uv	m/s	15	16	17	18	19	20
Diámetro nominal del tubo (Céd. 40)	dint	Pulg	2	2	2	2	2	2

Denominación	Símb	UM	V1	V2	V3	V4	V5	V6
Dext del tubo	dext	mm	60.3	60.3	60.3	60.3	60.3	60.3
Espesor del tubo	dt	mm	3.91	3.91	3.91	3.91	3.91	3.91
Diámetro interior del tubo	dint	mm	52.48	52.48	52.48	52.48	52.48	52.48
		m	0.05248	0.05248	0.05248	0.05248	0.05248	0.05248
Sección transversal del tubo	St	m2	0.00216	0.00216	0.00216	0.00216	0.00216	0.00216
Flujo másico de vapor	mv	kg/s	0.13173	0.14052	0.14930	0.15808	0.16686	0.17564
			474.24	505.86	537.47	569.09	600.70	632.32

Tabla 3: capacidad de transporte de vapor en función de velocidad para tubería de alimentación a Lavandería 100 psig HRDT.

Fuente: Elaboración propia

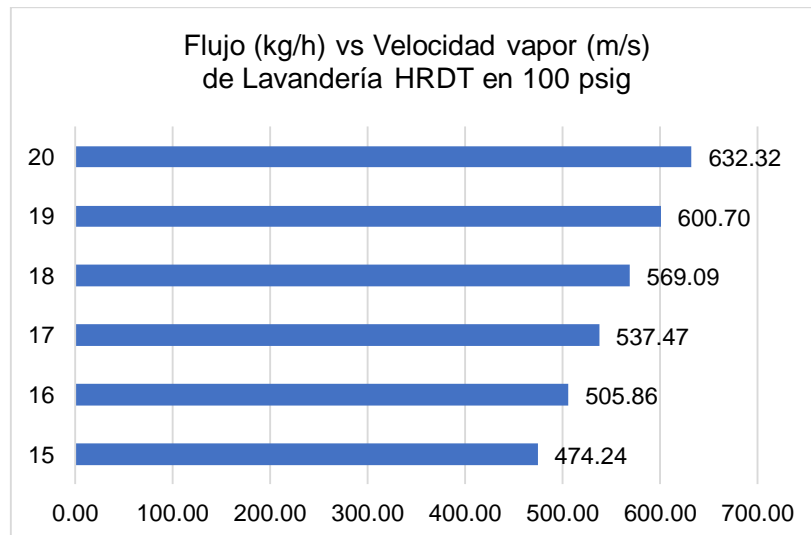


Figura 20: Variación del flujo de vapor en función de su velocidad en tubería.

Fuente: Elaboración propia

Siendo la demanda máxima actual de vapor 588 kg/h, se observa que el diámetro actual de la tubería,  $d_n = \frac{3}{4}$ ". Es insuficiente en la proyectada para transportar el vapor.

#### 4.3.3.2. Lavandería a 10 PSI:

- Diámetro nominal actual de la tubería: 1.5".
- Número de cédula: 40
- Diámetro exterior del tubo = 48.30 mm
- Espesor del tubo: 3.68 mm

$$d_{int} = 48.30 - 2 \cdot 3.68 = 40.94 \text{ mm} \quad (19)$$

Superficie transversal del tubo,  $S_t$ :

$$S_t = \frac{\pi}{4} * 0.04094^2 \quad (20)$$

$$S_t = 0.00132 \text{ m}^2$$

Se asume, del rango de velocidades para vapor a baja presión, para vapor a baja presión: 15...20 m/s (Carabodgean, 2018); un valor de velocidad  $U_v = 17$  m/s.

Resulta el flujo másico de vapor:

$$m_v = 0.96 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 17 \frac{\text{m}}{\text{s}} * 0.00132 \text{ m}^2 \quad (21)$$

$$m_v = 0.21 \frac{\text{kg}}{\text{s}} = 77.55 \frac{\text{kg}}{\text{h}}$$

Siendo la densidad del vapor a 10 psig = 0.96 kg/m<sup>3</sup>

Siendo:

Vapor a plena carga actual: 288 kg/h

Vapor a plena carga proyectada: 288 + 57.60 = 345.60 kg/h.

Se presenta una table en Excel con los resultados de capacidad de vapor para diferentes velocidades:

Denominación	Símb	UM	V1	V2	V3	V4	V5	V6
Presión manométrica del vapor	pv	Bar	1.68	1.68	1.68	1.68	1.68	1.68
Densidad del vapor	dv	kg/m3	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96
Velocidad del vapor	Uv	m/s	15	16	17	18	19	20
Diámetro nominal del tubo (Céd. 40)	dn	Pulgadas	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5

Denominación	Símb	UM	V1	V2	V3	V4	V5	V6
Dext del tubo	dext	mm	48.3	48.3	48.3	48.3	48.3	48.3
Espesor del tubo	dt	mm	3.68	3.68	3.68	3.68	3.68	3.68
Diámetro interior del tubo	dint	mm	40.94	40.94	40.94	40.94	40.94	40.94
		m	0.04094	0.04094	0.04094	0.04094	0.04094	0.04094
Sección transversal del tubo	St	m2	0.00132	0.00132	0.00132	0.00132	0.00132	0.00132
Flujo másico de vapor	mv	kg/s	0.01896	0.02022	0.02148	0.02275	0.02401	0.02527
			68.24	72.79	77.34	81.89	86.44	90.99

Tabla 4: capacidad de transporte de vapor en función de velocidad para tubería de alimentación a Lavandería a 10 psig HRDT.

Fuente: Elaboración propia.

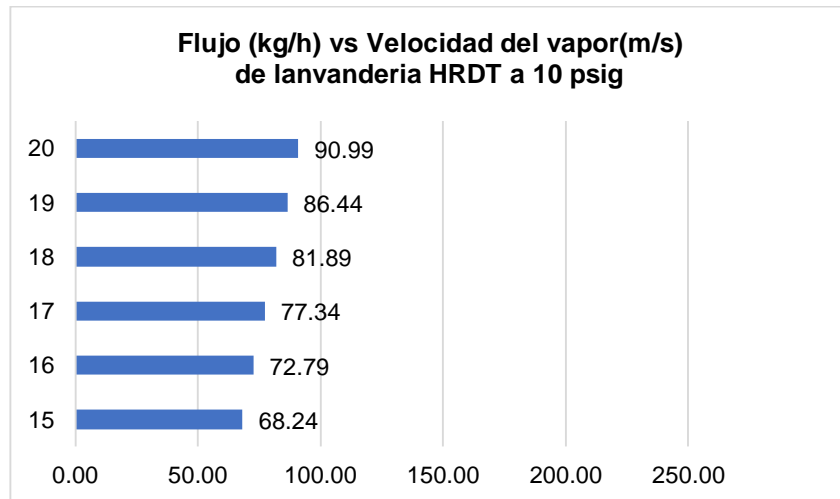


Figura 21: Variación del flujo de vapor en función de su velocidad en tubería.

Fuente: Elaboración propia.

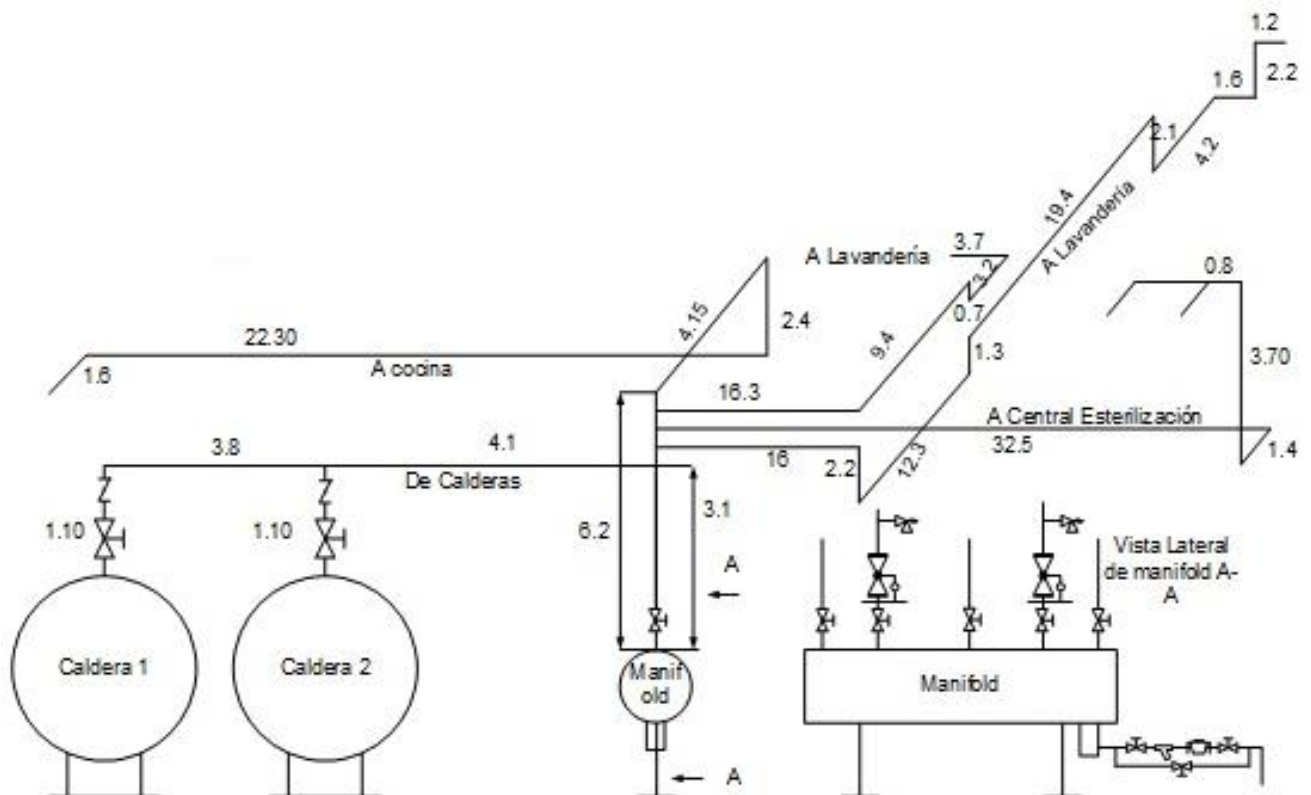
Siendo la demanda máxima actual de vapor 288 kg/h, se observa que el diámetro actual de la tubería,  $dn = 1 \frac{3}{4}$ ". Es insuficiente para transportar el vapor.

#### 4.4. Rediseño de Configuración:

Para el rediseño de configuración se plantearon tres modelos para poder, mediante una serie de criterios, seleccionar la opción más óptima que cumpla con el objetivo de transportar la energía térmica y eficiencia térmica. Para seleccionar entre la configuración óptimas se realizó al igual que con los diseños conceptuales una tabla de criterios ponderados para determinar según los requerimientos la configuración óptima para el rediseño.

#### Configuración "A":

La primera alternativa de red de distribución de vapor en hospital regional



docente de Trujillo con autocompensación de dilatación térmica.

Figura 22: Alternativa de configuración N°1

Fuente: Elaboración Propia.

### Configuración “B”:

La siguiente alternativa de configuración muestra con compensación de dilatación térmica con fuelles con distribución primaria en alta presión-100 PSIG

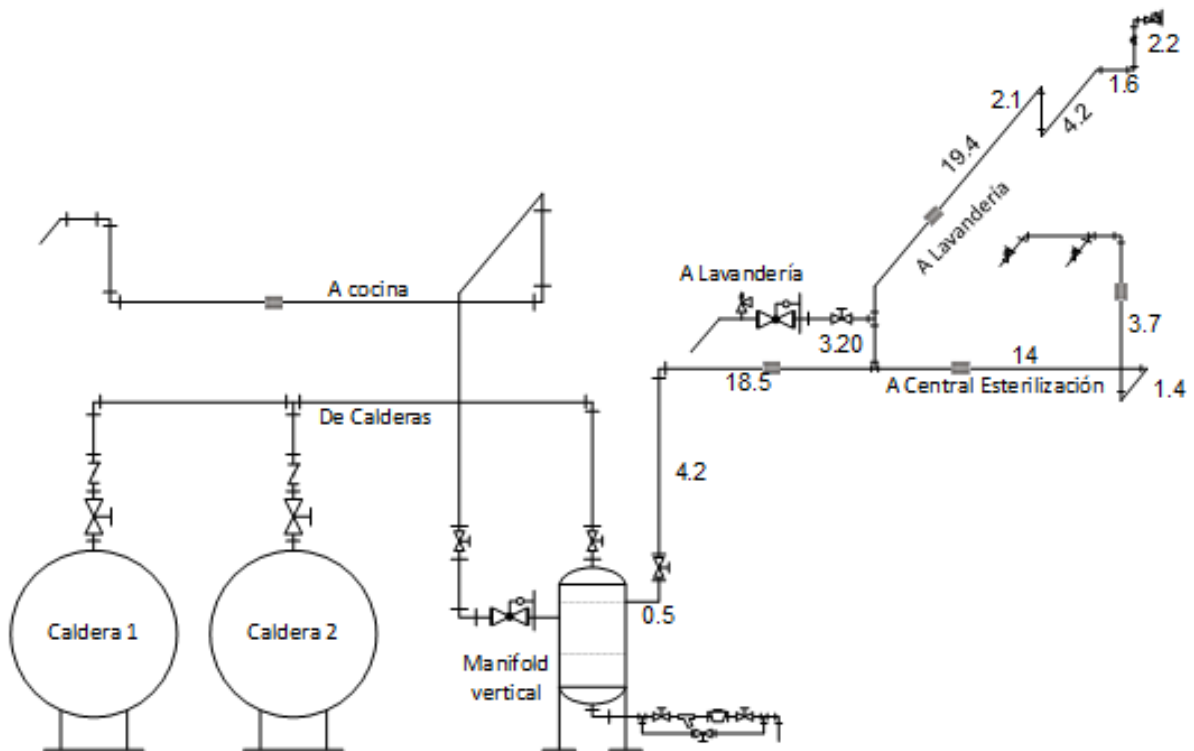


Figura 23: Alternativa de configuración N°2

Fuente: Elaboración Propia.



### Configuración "C":

Esta alternativa de solución es con compensación de dilatación térmica con fuelles con distribución primaria y secundaria en alta presión-100 PSIG

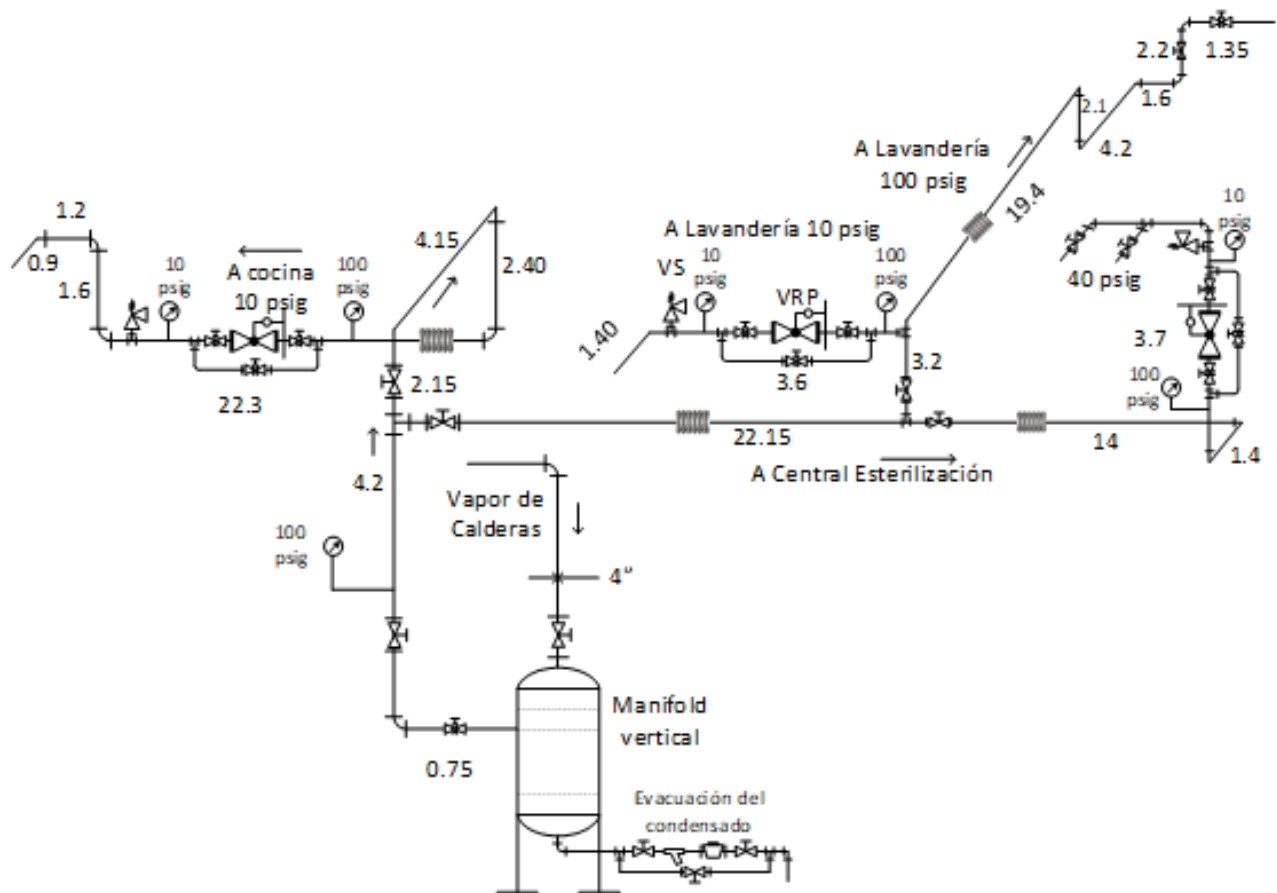


Figura 24: Alternativa de configuración N°3

Fuente: Elaboración Propia.

**Cálculo Hidráulico, Mecánico y Térmico Tubería Colectora Vapor de Calderas a Manifold -Hospital Regional Docente de Trujillo:**

RESULTADOS			
It	Denom	UM	V1
<b>CÁLCULO HIDRÁULICO</b>			
1	Flujo vapor nominal	kg/s	0.78
2	Sección transversal tuber_vapor	m <sup>2</sup>	0.0077
3	Diámetro interior Tuber_vapor	mm	98.91
		Pulg	3.89
		Pulg-n	4.00
<b>CÁLCULO NR. CÉDULA TUBERÍA</b>			
1	Número de Cédula Tubo	-	9.18
2	Sección transv_real_tuber_vapor	m <sup>2</sup>	0.008
3	Velocidad máxima real del vapor	m/s	23.51
4	Número de Reynolds flujo vap	-	664247
5	Coefficiente de Pérdida de presión	-	0.02
<b>PÉRDIDA DE PRESIÓN EN TUBERÍA</b>			
1	Longitud total de tramos rectos	m	13.2
2	Longitud equiv codo radio largo	m	2.04
3	Longitud equivalente Tee	m	
4	Longitud equivalente Entrada	m	1.53
5	Longitud total equivalente	m	16.77
6	Pérdida de presión en tubería	Bar	0.0323
		Pa	3229.64
		mm Col H2C	0.32
<b>ELASTICIDAD DE TUBERÍA</b>			
1	Dilatación de tramo horizontal	mm	12.06
2	Dilatación de tramo vertical	mm	8.73
3	Longitud mínima tramo horiz	m	1.57
4	Longitud mínima tramo vert	m	1.84
<b>AISLAMIENTO TÉRMICO</b>			
1	Temperatura media aislante térm	°C	20
2	Conductiv térmica Fibra vidrio	w/(m*°C)	0.0636
3	Relación Dext_aisl/Dext_tubo_desn	-	3.63
4	Diámetro ext tubo con aisl Térm	m	0.41
		Pulg	16.28
5	Espesor del aislante térmico (FV)	mm	149.77
		Pulg	5.90
6	Calor total en Tub Vapor	kw	2159.33
7	Calor perd tubería con aisl térm	kw	0.7938
8	Calor útil Tub con aisl térm	kw	2158.54
9	Eficiencia tub con aisl térmico	%	99.96%
<b>COSTO DE MATERIALES</b>			
1	Costo tubo dn = 4"	S/,	672
2	Costo tubo dn = 3"	S/,	422
3	Costo codo radio largo dn = 4"	S/.	131
4	Costo Tee dn = 4"	S/.	152
5	Costo Plancha Al	S/.	197
<b>6</b>	<b>Total costo materieles</b>	<b>S/</b>	<b>1574</b>

## Configuración "A":

### Cálculo Hidráulico, Mecánico y Térmico Tubería Vapor a Central de Esterilización – Hospital Regional Docente de Trujillo:

RESULTADOS			
It	Denom	UM	V1
<b>CÁLCULO HIDRÁULICO</b>			
1	Flujo vapor nominal	kg/s	0.026
2	Sección transversal tuber_vapor	m <sup>2</sup>	0.00025
3	Diámetro interior Tuber_vapor	mm	17.93
		Pulg	0.71
		Pulg-n	3/4
<b>CÁLCULO NR. CÉDULA TUBERÍA</b>			
1	Número de Cédula Tubo	-	9.18
2	Sección transv_real_tuber_vapor	m <sup>2</sup>	0.00035
3	Velocidad máxima real del vapor	m/s	18.22
4	Número de Reynolds flujo vap	-	106013.39
5	Coefficiente de Pérdida de presión	-	0.0175
<b>PÉRDIDA DE PRESIÓN EN TUBERÍA</b>			
1.a	Longitud equiv codo radio largo	m	1.68
1.b	Longitud equiv codo radio corto	m	0
2	Longitud equivalente Tee	m	0
3	Longitud equivalente Entrada	m	0.315
4.1	Longitud equiv válv esférica	m	0
4.2	Longitud equiv válv de compuerta	m	0.336
4.3	Longitud equiv válv de globo	m	0
4	Longitud equiv válv reductora de pres	m	0
5	Longitud total equivalente	m	44.131
6	Pérdida de presión en tubería	Bar	0.2481
		Pa	24806.74
		mm Col H2O	2.48
7	Presión manométrica final del vapor	bar	6.55
		% de p1	3.18%
<b>ELASTICIDAD DE TUBERÍA</b>			
1	Dilatación de tramo principal	mm	101.23
2	Lira de dilatación	m	5.30
<b> AISLAMIENTO TÉRMICO</b>			
1	Temperatura media aislante térm	°c	103.5
2	Conductiv térmica Fibra vidrio	w/(m*°C)	0.0734
3	Relación Dext_aisl/Dext_tubo_desn	-	1.62
4	Diámetro ext tubo con aisl Térm	m	0.04
		Pulg	1.72
5	Espesor del aislante térmico (FV)	mm	8.39
		Pulg	0.33
6	Calor total en Tub Vapor	kw	70.95
7	Calor perd tubería con aisl térm	kw	5.225
8	Calor útil Tub con aisl térm	kw	65.73
9	Eficiencia tub con aisl térmico	%	92.64%
<b>COSTO DE MATERIALES</b>			
1	Costo tubo dn = 3/4"	S/.	760
2	Costo codo radio largo dn = 3/4"	S/.	100
3	Costo codo radio corto dn = 3/4"	S/.	0
4	Costo Tee dn = 3/4"	S/.	0
5	Costo aislante térmico	S/.	1160
6	Costo Plancha Al	S/.	246.25
7	Costo válvulas esféricas 3/4"	S/.	0
8	Costo válvulas de compuerta 3/4"	S/.	84
9	Costo válvulas de globo 3/4"	S/.	0
10	Costo válvula reductora de presión	S/.	0
	<b>Total costo materiales</b>	<b>S/</b>	<b>2350.25</b>

## Cálculo Hidráulico, Mecánico y Térmico Tubería Vapor a Cocina - Hospital Regional Docente de Trujillo:

RESULTADOS			
It	Denom	UM	V1
<b>CÁLCULO HIDRÁULICO</b>			
1	Flujo vapor nominal	kg/s	0.370
2	Sección transversal tuber_vapor	m <sup>2</sup>	0.00365
3	Diámetro interior Tuber_vapor	mm	68.15
		Pulg	2.68
		Pulg-n	3.00
<b>CÁLCULO NR. CÉDULA TUBERÍA</b>			
1	Número de Cédula Tubo	-	9.18
2	Sección transv_real_tuber_vapor	m <sup>2</sup>	0.00478
3	Velocidad máxima real del vapor	m/s	19.08
4	Número de Reynolds flujo vap	-	412323.76
5	Coefficiente de Pérdida de presión	-	0.0175
<b>PÉRDIDA DE PRESIÓN EN TUBERÍA</b>			
1.a	Longitud equiv codo radio largo	m	6.24
1.b	Longitud equiv codo radio corto	m	0
2	Longitud equivalente Tee	m	1.56
3	Longitud equivalente Entrada	m	1.17
4.1	Longitud equiv válv esférica	m	0
4.2	Longitud equiv válv de compuerta	m	1.248
4.3	Longitud equiv válv de globo	m	0
4	Longitud equiv válv reductora de pres	m	0
5	Longitud total equivalente	m	46.868
6	Pérdida de presión en tubería	Bar	0.0778
		Pa	7777.35
		mm Col H2O	0.78
7	Presión manométrica final del vapor	bar	6.72
		% de p1	1.00%
<b>ELASTICIDAD DE TUBERÍA</b> dn = 3"			
1	Dilatación de tramo 1	mm	15.01
2	Dilatación de tramo 2	mm	10.05
3	Dilatación de tramo 3	mm	5.81
4	Dilatación de tramo 4	mm	54.01
5	Dilatación de tramo 5	mm	3.87
6	Lira de dilatación para tramo 4	m	5.00
<b>AISLAMIENTO TÉRMICO</b> dn = 3"			
1	Temperatura media aislante térm	°c	103.5
2	Conductiv térmica Fibra vidrio	w/(m*°C)	0.0734
3	Relación Dext_aisl/Dext_tubo_desn	-	1.89
4	Diámetro ext tubo con aisl Térm	m	0.17
		Pulg	6.62
5	Espesor del aislante térmico (FV)	mm	39.56
		Pulg	1.56
6	Calor total en Tub Vapor	kw	1025.00
7	Calor perd tubería con aisl térm	kw	3.48175
8	Calor útil Tub con aisl térm	kw	1021.52
9	Eficiencia tub con aisl térmico	%	99.66%
<b>COSTO DE MATERIALES</b>			
1	Costo tubo	S/.	2907.56667
2	Costo codo radio largo	S/.	484
3	Costo codo radio corto	S/.	0
4	Costo Tee	S/.	0
5	Costo aislante térmico	S/.	1740
6	Costo Plancha Al	S/.	295.5
7	Costo válvulas esféricas	S/.	0
8	Costo válvulas de compuerta	S/.	910
9	Costo válvulas de globo	S/.	0
10	Costo válvula reductora de presión	S/.	0
	<b>Total costo materiales</b>	<b>S/</b>	<b>6,337.07</b>

## Cálculo Hidráulico, Mecánico y Térmico Tubería Vapor a Lavandería - Hospital Regional Docente de Trujillo:

RESULTADOS				
It	Denom	UM	V1	V2
<b>CÁLCULO HIDRÁULICO</b>				
1	Flujo vapor nominal	kg/s	0.096	0.212
2	Sección transversal tuber_vapor	m <sup>2</sup>	0.00295	0.00209
3	Diámetro interior Tuber_vapor	mm	61.27	51.56
		Pulg	2.41	2.03
		Pulg-n	2.00	2.00
<b>CÁLCULO NR. CÉDULA TUBERÍA</b>				
1	Número de Cédula Tubo	-	3.15	9.18
2	Sección transv_real_tuber_vapor	m <sup>2</sup>	0.00478	0.00221
3	Velocidad máxima real del vapor	m/s	13.57	23.66
4	Número de Reynolds flujo vap	-	117909.20	511140.99
5	Coefficiente de Pérdida de presión	-	0.0175	0.0175
<b>PÉRDIDA DE PRESIÓN EN TUBERÍA</b>				
1.a	Longitud equiv codo radio largo	m	0	6.24
1.b	Longitud equiv codo radio corto	m	9.36	0
2	Longitud equivalente Tee	m	1.56	1.56
3	Longitud equivalente Entrada	m	1.17	1.17
4.1	Longitud equiv válv esférica	m	46.8	0
4.2	Longitud equiv válv de compuerta	m	0	0
4.3	Longitud equiv válv de globo	m	0	26.52
4	Longitud equiv válv reductora de presión	m	28.47	0
5	Longitud total equivalente	m	124.06	85.39
6	Pérdida de presión en tubería	Bar	0.0380	0.2178
		Pa	3795.47	21775.44
		mm Col H2O	0.38	2.18
7	Presión manométrica final del vapor	bar	1.64	6.58
		% de p1	1.42%	2.79%
<b>ELASTICIDAD DE TUBERÍA</b>				
			dn = 3"	dn = 2"
1	Dilatación tramo 1	mm	7.13	8.23
2	Dilatación tramo 2	mm	34.16	38.75
3	Dilatación tramo 3	mm	19.70	5.33
4	Dilatación tramo 4	mm	1.47	29.79
5	Dilatación tramo 5	mm	6.71	3.15
6	Dilatación tramo 6	mm	7.76	46.98
7	Dilatación tramo 7	mm	0.00	5.09
8	Dilatación tramo 8	mm	0.00	10.17
9	Dilatación tramo 9	mm	0.00	3.87
10	Dilatación tramo 10	mm	0.00	5.33
11	Dilatación tramo 11	mm	0.00	2.91
12	Lira de dilatación para tramo 6 con dn = 2"	m	5.30	5.00
13	Lira de dilatación para tramo 2	m	5.00	5.00
<b>AISLAMIENTO TÉRMICO</b>				
			dn = 3"	dn = 2"
1	Temperatura media aislante térm	°c	94.5	103.5
2	Conductiv térmica Fibra vidrio	w/(m**C)	0.0723	0.0734
3	Relación Dext_aisl/Dext_tubo_desn	-	1.94	2.24
4	Diámetro ext tubo con aisl Térm	m	0.17	0.20
		Pulg	6.78	7.84
5	Espesor del aislante térmico (FV)	mm	41.66	69.60
		Pulg	1.64	2.74
6	Calor total en Tub Vapor	kw	265.66	586.66
7	Calor perd tubería con aisl térm	kw	2.7525	3.7425
8	Calor útil Tub con aisl térm	kw	262.91	582.92
9	Eficiencia tub con aisl térmico	%	98.96%	99.36%
<b>COSTO DE MATERIALES</b>				
1	Costo tubo	S/.	3767.5	2792.53
2	Costo codo radio largo	S/.	0	484
3	Costo codo radio corto	S/.	484	0
4	Costo Tee	S/.	0	0
5	Costo aislante térmico	S/.	2030	1740
6	Costo Plancha Al	S/.	394	295.5
7	Costo válvulas esféricas	S/.	1844	0
8	Costo válvulas de compuerta	S/.	0	910
9	Costo válvulas de globo	S/.	0	0
10	Costo válvula reductora de presión	S/.	4568	0
	<b>Total costo materiales en cada línea</b>	<b>S/</b>	<b>13,087.50</b>	<b>6,222.03</b>
	<b>COSTO TOTAL DE LAS DOS LÍNEAS A LAVAND.</b>		<b>19,309.53</b>	

## Configuración "B":

RESULTADOS								
It	Denom	UM	1	2	3	4	5	
CÁLCULO HIDRÁULICO				AP	Lav BP	CE	Lav AP	
1	Flujo vapor nominal	kg/s	0.370	0.334	0.096	0.026	0.212	
2	Sección_transv_tuber_vapor	m2	0.00365	0.00329	0.00295	0.00025	0.00209	
3	Diám_inter_Tuber_vapor	mm	68.15	64.68	61.27	17.93	51.56	
		Pulg_calc	2.68	2.55	2.41	0.71	2.03	
		Pulg-nom	2.00	3.00	2.00	0.75	2.00	
CÁLCULO NR. CÉDULA TUBERÍA								
1	Número de Cédula Tubo	-	9.18	9.18	3.15	9.18	9.18	
2	Sección_transv_real_tub_vapor	m2	0.00478	0.00478	0.00221	0.00035	0.00221	
3	Veloc_máx_real del vapor	m/s	19.08	17.19	29.40	18.22	23.66	
4	Nr_Reynolds flujo vap	-	412324	371403	173527	106013	347314	
5	Coefic_Pérdida_presión	-	0.0175	0.0175	0.0175	0.0175	0.0175	
PÉRDIDA PRESIÓN TUBERÍA								
1.a	Long_equiv_codo_rad_largo	m	6.24	3.12	0	3.18	2.1	
1.b	Long_equiv_codo_rad_corto	m	0	0	0	0	0	
2	Longitud equivalente Tee	m	1.56	1.56	1.56	1.06	0	
3	Longitud equivalente Entrada	m	1.17	1.17	1.17	0.795	0.315	
4.1	Longitud equiv válv esférica	m	0	0	0	0	0	
4.2	Long_equiv válv de compuerta	m	1.248	0.624	0.624	0.424	0.168	
4.3	Longitud equiv válv de globo	m	0	0	0	0	0	
4	L_equiv_válv_reduct_presión	m	0	0	28.47	0	0	
5	Longitud total equivalente	m	46.87	29.67	36.32	24.56	35.28	
6	Pérdida de presión en tubería	Bar	0.0778	0.0400	0.0521	0.0547	0.3342	
		Pa	7777	3995	5213	5470	33420	
		mm Col H2O	0.78	0.40	0.52	0.55	3.34	
7	Presión_manom_final_vapor	bar	6.72	6.76	1.63	6.75	6.47	
		% de p1	1.00%	0.51%	1.95%	0.70%	4.28%	
ELASTICIDAD DE TUBERÍA								
1	Dilatación tramo 1	mm	36.33	36.33	31.44	31.44	31.44	
2	Dilatación tramo 2	mm	0.00	363.26		314.40	314.40	
3	Dilatación tramo 3	mm	19.37	19.37		16.77	16.77	
4	Dilatación tramo 4	mm	0.00				712.64	
5	Dilatación tramo 5	mm	0.00				62.88	
6	Lira de dilatación para tramo 2	m	0	0	0	5	0	
7	Lira de dilatación para tramo 3	m	0.00	5.00	0.00	0	5.00	
8	Lira de dilatación para tramo 4	m	5.50					
AISLAMIENTO TÉRMICO			3"	3"	2"	0.75"	2"	
1	Temp_media_aisl_térm	°c	103.5	103.5	94.5	104.5	104.5	
2	Conduct_térm_Fibra_vidrio	w/(m**C)	0.0734	0.0734	0.0723	0.0735	0.0735	
3	Rel_Dext_aisl/Dext_tubo_desn	-	1.89	2.24	1.94	2.21	2.21	
4	Diám_ext_tubo_aisl_Térm	m	0.17	0.20	0.17	0.13	0.06	
		Pulg	6.62	7.84	6.78	5.23	2.35	
5	Espesor_aislan_térmico (FV)	mm	39.56	69.60	41.66	36.41	16.38	
		Pulg	1.56	2.74	1.64	1.43	0.64	
6	Calor total en Tub Vapor	kw	1025.00	923.27	265.66	70.95	586.66	
7	Calor_perd_tub_con_aisl_térm	kw	3.48	1.74	0.34	1.43	2.45	
8	Calor útil Tub con aisl térm	kw	1021.52	921.53	265.32	69.52	584.21	
9	Eficiencia tub con aisl térmico	%	99.66%	99.81%	99.87%	97.98%	99.58%	
COSTO DE MATERIALES								
1	Costo tubo	S/.	3332	2740	476	333	2142	
2	Costo codo radio largo	S/.	484	114	0	36	210	
3	Costo Tee	S/.	0	98	72	9	0	
4	Costo aislante térmico	S/.	1740	2030	145	1740	2320	
5	Costo Plancha Al	S/.	296	296	394	394	394	
6	Costo válvulas de compuerta	S/.	910	910	546	152	546	
7	Costo_válv_reduct_presión	S/.	0	0	4568	0	0	
<b>Costo materiales de línea</b>			<b>S/</b>	<b>6762</b>	<b>6188</b>	<b>6201</b>	<b>2664</b>	<b>5612</b>
<b>COSTO TOTAL RED VARIANTE 2</b>					<b>S/ 27,426</b>			

## Configuración "C":

RESULTADOS							
It	Denom	UM	1	2	3	4	5
CÁLCULO HIDRÁULICO			AP	COCINA	LavBP	CE	Lav AP
1	Flujo vapor nominal	kg/s	0.704	0.370	0.096	0.026	0.212
2	Sección_transv_tuber_vapor	m2	0.00693	0.00365	0.00295	0.00025	0.00209
3	Diám_inter_Tuber_vapor	mm	93.95	68.15	61.27	17.93	51.56
		Pulg_calc	3.70	2.68	2.41	0.71	2.03
		Pulg-nom	3.00	3.00	2.00	0.75	2.00
CÁLCULO NR. CÉDULA TUBERÍA							
1	Número de Cédula Tubo	-	9.18	9.18	3.15	9.18	9.18
2	Sección_transv_real_tub_vapor	m2	0.00478	0.00478	0.00221	0.00035	0.00221
3	Veloc_máx_real del vapor	m/s	36.27	19.08	29.40	18.22	23.66
4	Nr_Reynolds flujo vap	-	783727	412324	173527	106013	347314
5	Coefic_Pérdida_presión	-	0.0175	1.0175	0.0175	0.0175	0.0175
PÉRDIDA PRESIÓN TUBERÍA							
1	Long_equiv_codo_rad_largo	m	3.12	0.624	0	3.18	2.1
2	Longitud equivalente Tee	m	1.56	0	1.56	1.06	0
3	Longitud equivalente Entrada	m	1.17	0	1.17	0.795	0.315
4	Long_equiv_válv de compuerta	m	0.624	1.56	0.624	0.424	0.168
5	L_equiv_válv_reduct_presión	m	0	0	28.47	0	0
6	Longitud total equivalente	m	11.17	36.88	36.32	46.71	35.28
7	Pérdida de presión en tubería	Bar	0.0670	3.5587	0.0521	0.1040	0.3342
		Pa	6699	355869	5213	10403	33420
		mm Col H2O	0.67	35.59	0.52	1.04	3.34
8	Presión_manom_final_vapor	bar	6.73	3.24	1.63	6.70	6.47
		% de p1	0.86%	45.62%	1.95%	1.33%	4.28%
ELASTICIDAD DE TUBERÍA							
1	Dilatación tramo 1	mm	36.33	0.00	31.44	31.44	31.44
2	Dilatación tramo 2	mm	363.26	48.44		314.40	314.40
3	Dilatación tramo 3	mm	19.37	48.44		16.77	16.77
4	Dilatación tramo 4	mm		36.33		712.64	712.64
5	Dilatación tramo 5	mm		0.00			62.88
6	Dilatación tramo 6	mm		19.37			765.04
7	Dilatación tramo 7	mm		0.00			
8	Dilatación tramo 8	mm		0.00			
9	Dilatación tramo 9	mm		0.00			
10	Lira de dilatación para tramo 1	m	0	0	0	5	0
	Lira de dilatación para tramo 2						5.00
	Lira de dilatación para tramo 6	m		5.00			
AISLAMIENTO TÉRMICO			3"		2"	0.75"	2"
1	Temp_media_aisl_térm	°c	103.5	103.5	94.5	104.5	104.5
2	Conduct_térm_Fibra_vidrio	w/(m*°C)	0.0734	0.0734	0.0723	0.0735	0.0735
3	Rel_Dext_aisl/Dext_tubo_desn	-	2.24	1.89	1.94	2.21	2.21
4	Diám_ext_tubo_aisl_Térm	m	0.20	0.17	0.17	0.13	0.06
		Pulg	7.84	6.62	6.78	5.23	2.35
5	Espesor_aislan_térmico (FV)	mm	69.60	70.56	41.66	36.41	16.38
		Pulg	2.74	2.78	1.64	1.43	0.64
6	Calor total en Tub Vapor	kw	1948.27	1025.00	265.66	70.95	586.66
7	Calor_perd_tub_con_aisl_térm	kw	0.35	3.30	0.34	3.09	2.45
8	Calor útil Tub con aisl térm	kw	1947.92	1021.70	265.32	67.86	584.21
9	Eficiencia tub con aisl térmico	%	99.98%	99.68%	99.87%	95.64%	99.58%
COSTO DE MATERIALES							
1	Costo tubo	S/.	537	2908	357	595	1960
2	Costo codo radio largo	S/.	114	484	0	36	210
3	Costo Tee	S/.	98	0	72	9	0
4	Costo aislante térmico	S/.	2320	1740	290	1740	2320
5	Costo Plancha Al	S/.	296	296	394	394	394
6	Costo válvulas de compuerta	S/.	910	910	546	152	546
7	Costo_válv_reduct_presión	S/.	0	0	4568	0	0
	<b>Costo materiales de línea</b>	<b>S/</b>	<b>4274</b>	<b>6337</b>	<b>6227</b>	<b>2926</b>	<b>5430</b>
<b>COSTO TOTAL RED VAR 3</b>					<b>S/ 25,193</b>		



#### **4.4.1 Selección del concepto de Rediseño:**

La selección de la alternativa más adecuada se realizó mediante una matriz de selección ponderado bajo los criterios de selección obtenidos diseño de tuberías de vapor realizadas para lo cual se incluyeron los criterios de: perdidas de presión de tubería, elasticidad en la tubería, aislamiento térmico y costos de Materiales. Siendo el concepto con la puntuación más alta el elegido como mejor concepto de diseño como se muestra en la Tabla 25.

Criterio	Importancia Peso (%)	Conceptos de Solución					
		Configuración 1		Configuración 2		Configuración 3	
		Valoración	Calificación Ponderada	Valoración	Calificación Ponderada	Valoración	Calificación Ponderada
Perdidas de Presión de Tubería	25%	1	0.25	1	0.25	5	1.25
Elasticidad en la Tubería	25%	5	1.25	3	0.75	3	0.75
Aislamiento Térmico	25%	5	1.25	5	1.25	5	1.25
Costos de Materiales	25%	5	1.25	5	1.25	5	1.25
<b>Total</b>	<b>100%</b>		<b>4.00</b>		<b>3.50</b>		<b>4.50</b>
	<b>Clasificación</b>	<b>Valor</b>					
	Insatisfecho	1					
	Poco Satisfecho	2					
	Satisfecho	3					
	Muy Satisfecho	4					
	Perfectamente Satisfecho	5					

Tabla 25: Matriz de selección ponderada de Configuración de Rediseño.

Fuente: Elaboración Propia.

### Cálculo Detallado de la Configuración Ganadora

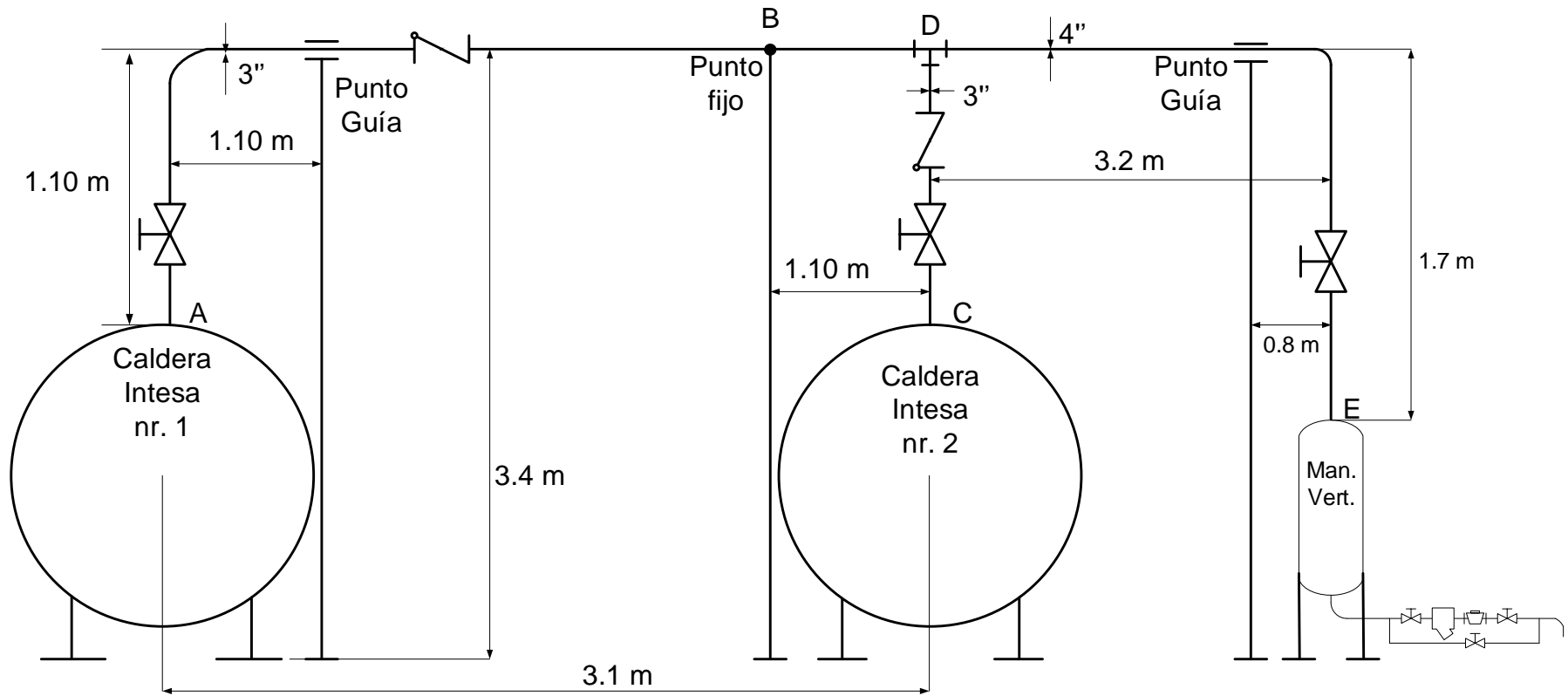


Figura 26: Disposición proyectada de Tubería de vapor en calderas Intesa en Planta de Calderas HRDT.

Fuente: Elaboración Propia.

**Dimensionamiento de tubería vapor tramo AB Caldera Intesa 1 = tramo CD caldera Intesa 2:**

- Flujo nominal de vapor en cada caldera: 1,404.56 kg/h = 0.39 kg/s
- Densidad del vapor generado (a 6.5 bar): 4.06 kg/m<sup>3</sup>
- Velocidad inicial estimada del vapor: 25 m/s

**Sección transversal necesaria de la tubería de vapor:**

$$S_t = \frac{0.39}{25 \cdot 4.06} \quad (18)$$

$$S_t = 3.84 \cdot 10^{-3} m^2$$

**Siendo el diámetro interior necesario de la tubería de vapor:**

$$d_{int} = \sqrt{\frac{4 \cdot 3.84 \cdot 10^{-3}}{\pi}} \quad (19)$$

$$d_{int} = 0.07 m = 2.76 \text{ pulgadas}$$

**Cálculo del número de cédula para a tubería de vapor:**

Se realiza para determinar sus dimensiones reales

- Material del tubo: acero ASTM A 36
- Temperatura de operación: 180°C
- Resistencia a la fluencia del material: 850 daN/cm<sup>2</sup>

$$Nr - \text{céd} = \frac{1000 \cdot p}{\sigma_f} \quad (20)$$

$$Nr - \text{céd} = \frac{1000 \cdot 7.8}{850} = 9.17$$

Se redondea al valor comercial inmediato superior, siendo Nr-céd = 40

De tablas, para tubos de acero cédula 40, diámetro nominal dn = 3 pulgadas:

- Diámetro exterior = 88.90 mm.
- Espesor = 5.46 mm

**Se calcula la velocidad real máxima del vapor en tubería:**

**Sección transversal del tubo:**

$$S_t = \frac{\pi}{4} * 0.07798^2 \quad (10)$$

$$S_t = 0.0048 \text{ m}^2$$

**Velocidad máxima real del vapor en tubo de 3”:**

$$U_{m\acute{a}x} = \frac{0.39}{4.06 * 0.0048} \quad (21)$$

$$U_{m\acute{a}x} = 20.01 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

**Dimensionamiento de tubería colectora de vapor de dos calderas**

- Flujo nominal:  $2 \times 1404 = 2808 \text{ kg/h} = 0.78 \text{ kg/s}$
- Velocidad inicial asumida, del rango:  $25 \text{ m/s}$
- Densidad del vapor:  $4.06 \text{ kg/m}^3$

**Sección transversal del tubo colector:**

$$S_t = \frac{0.79}{25 * 4.06} \quad (18)$$

$$S_t = 7.78 * 10^{-3} \text{ m}^2$$

**Diámetro interior necesario de la tubería colectora de vapor:**

$$d_{int} = \sqrt{\frac{4 * 7.78 * 10^{-3}}{\pi}} \quad (19)$$

$$d_{int} = 0.099 \text{ m} = 99 \text{ mm} = 3.89 \text{ pulgadas}$$

**Cálculo del número de cédula para a tubería de vapor, Nr-céd**

Se realiza para determinar sus dimensiones reales

- Material del tubo: acero ASTM A 36
- Temperatura de operación:  $180^\circ\text{C}$
- Resistencia a la fluencia del material:  $850 \text{ daN/cm}^2$

$$\text{Nr} - \text{céd} = \frac{1000 * 7.8}{850} \quad (20)$$

$$\text{Nr} - \text{céd} = 9.17$$

Se redondea al valor comercial inmediato superior, siendo Nr-céd = 40

De tablas, para tubos de acero cédula 40, diámetro nominal dn = 4 pulgadas:

- Diámetro exterior = 114.30 mm
- Espesor = 5.97 mm

**Sección transversal del tubo:**

$$S_t = \frac{\pi}{4} * 0.10236^2 \quad (10)$$

$$S_t = 0.0082 \text{ m}^2$$

**Velocidad máxima real del vapor en tubo de 4”:**

$$U_{m\acute{a}x} = \frac{0.78}{4.06 * 0.0082} \quad (21)$$

$$U_{m\acute{a}x} = 23.43 \frac{m}{s}$$

## Cálculo de elasticidad de tramos de tuberías vapor de caldera

### 1. Cálculo de dilatación de tramos de tuberías vapor de calderas

Tramo AB, de caldera Nr.1. Para el acero ASTM A 36:

Coefficiente de dilatación térmica lineal:  $\alpha = 0.016 \text{ mm}/(\text{m}^{\circ}\text{C})$

Temperatura inicial:  $20^{\circ}\text{C}$ . Temperatura final:  $163.78^{\circ}\text{C}$

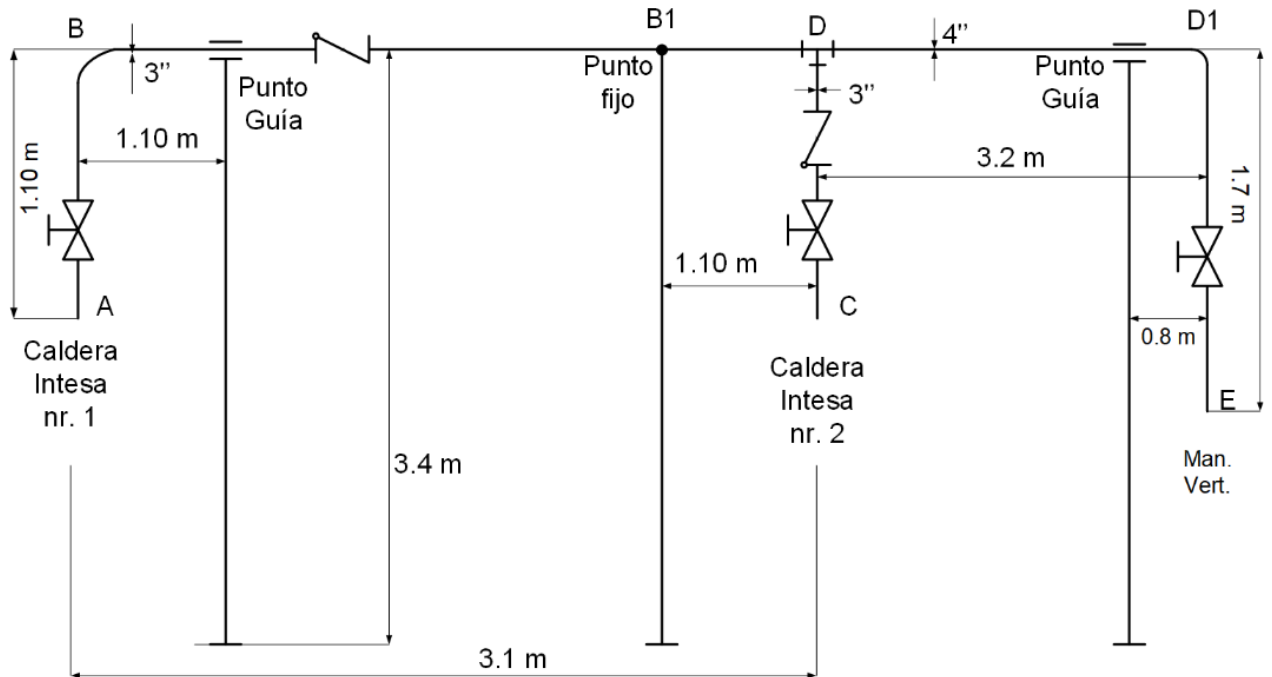


Figura 27: Disposición tuberías de vapor en calderas Intesa en planta de calderas del HRDT.

Fuente: elaboración propia.

a) Dilatación del tramo AB,  $L_{\text{tramo}} = 1.10 \text{ m}$ :

$$\Delta L_{\text{Tramo AB}}(\text{mm}) = 0.016 \left( \frac{\text{mm}}{\text{m}^{\circ}\text{C}} \right) * (163.78 - 20)(^{\circ}\text{C}) * 1.10(\text{m}) \quad (22)$$

$$\Delta L_{\text{Tramo AB}}(\text{mm}) = 2.53 \text{ mm}$$

b) Dilatación del tramo BB1,  $L_{\text{tramo}} = 2 \text{ m}$ :

$$\Delta L_{\text{Tramo BB}_1}(\text{mm}) = 0.016 \left( \frac{\text{mm}}{\text{m}^{\circ}\text{C}} \right) * (163.78 - 20)(^{\circ}\text{C}) * 2(\text{m}) \quad (22)$$

$$\Delta L_{\text{Tramo BB}_1}(\text{mm}) = 4.6 \text{ mm}$$

**c) Dilatación del tramo B1D, Ltramo = 1.10 m:**

$$\Delta L_{Tramo B_1D}(mm) = 0.016 \left( \frac{mm}{m \cdot ^\circ C} \right) * (163.78 - 20)(^\circ C) * 1.10(m) \quad (22)$$

$$\Delta L_{Tramo B_1D}(mm) = 2.53 mm$$

**d) Dilatación del tramo DC, Ltramo = 1.10 m:**

$$\Delta L_{Tramo DC}(mm) = 0.016 \left( \frac{mm}{m \cdot ^\circ C} \right) * (163.78 - 20)(^\circ C) * 1.10(m) \quad (22)$$

$$\Delta L_{Tramo DC}(mm) = 2.53 mm$$

**e) Dilatación del tramo DD1, Ltramo = 3.20 m:**

$$\Delta L_{Tramo DC}(mm) = 0.016 \left( \frac{mm}{m \cdot ^\circ C} \right) * (163.78 - 20)(^\circ C) * 3.20(m) \quad (22)$$

$$\Delta L_{Tramo DC}(mm) = 7.36 mm$$

**f) Dilatación del tramo D1E, Ltramo = 1.70 m:**

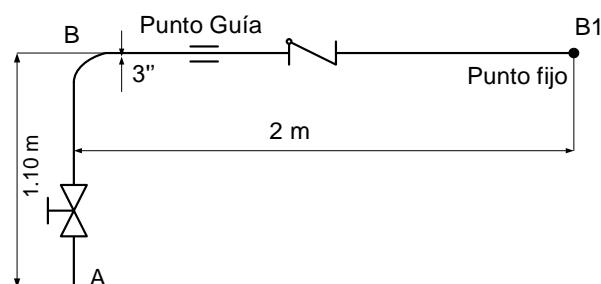
$$\Delta L_{Tramo D1E}(mm) = 0.016 \left( \frac{mm}{m \cdot ^\circ C} \right) * (163.78 - 20)(^\circ C) * 1.70(m) \quad (22)$$

$$\Delta L_{Tramo D1E}(mm) = 3.91 mm$$

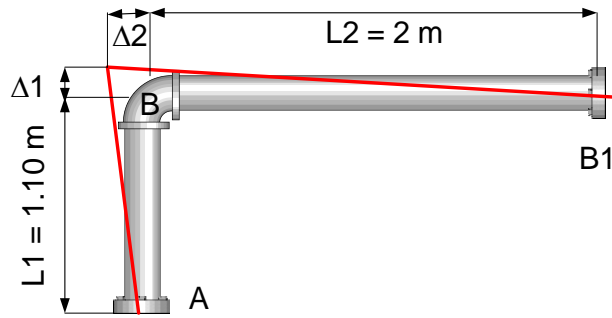
**1.2 Cálculo de absorción de dilatación térmica por tramos:**

Se elige un solo punto fijo para los tubos, en este caso, en el punto B1 y dos puntos guía en los extremos de los tubos, al lado de los codos. En este punto se analiza si existe flexibilidad en tramos de tubería, que permitan absorber las dilataciones y esfuerzos térmicos, y si es necesario instalar dispositivos flexibles que absorban estas dilataciones y anulen sus efectos en las tuberías y accesorios. Se harán lo análisis en los tramos ABB1 B1DC Y DD1E, de la figura:

**a) Tramo A-B-B1:**







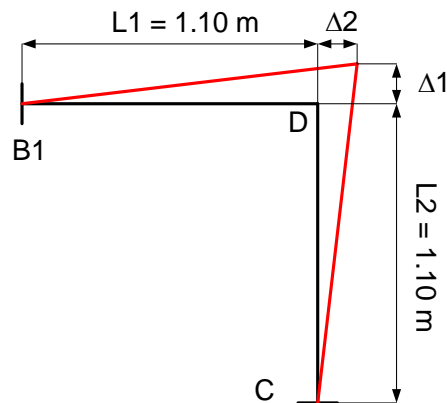
**a1) Verificación de la longitud necesaria del brazo BB1:**

$D_{ext}$  = diámetro exterior del tubo de 3", cédula 40 = 88.90 mm

$$L_{\min_{TramoBB_1}} (m) = 0.056 * \sqrt{2.53(mm) * 88.90(mm)} \quad (23)$$

$$L_{\min_{TramoBB_1}} (m) = 0.84 m < L_{real} = 2 m$$

Resulta que el brazo BB1 está bien dimensionado, soportará la dilatación del brazo AB, de 2.53 mm



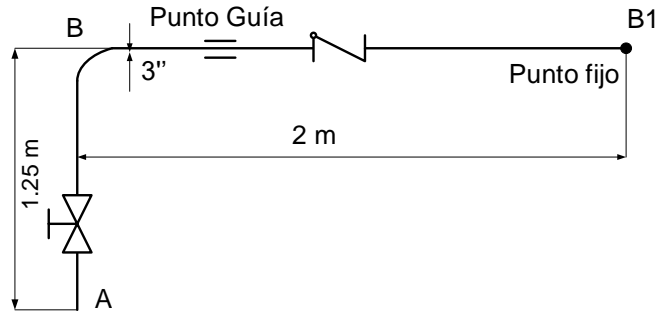
**a2) Verificación del brazo AB:**

$\Delta_{BB1}$  = Dilatación del brazo BB1 = 4.6 mm

$$L_{\min_{TramoAB}} (m) = 0.056 * \sqrt{4.6(mm) * 88.90(mm)} \quad (23)$$

$$L_{\min_{TramoAB}} (m) = 1.13 m < L_{real} = 1.10 m$$

Resulta que el brazo BB1 no está bien dimensionado, tiene Longitud de 1.10 m, se corrige hasta 1.25 m >  $L_{\min} = 1.13 m$ , para soporta la dilatación del brazo AB:



**b) Verificación a la elasticidad del tramo B1DC:**

**b1) Verificación de la longitud necesaria del brazo B1D:**

$\Delta DC$  = Dilatación del brazo DC = 2.53 mm

Dext = diámetro exterior del tubo de 3", cédula 40 = 88.90 mm

$$L_{\text{mínTramoB}_1\text{D}} (m) = 0.056 * \sqrt{2.53(mm) * 88.90(mm)} \quad (23)$$

$$L_{\text{mínTramoB}_1\text{D}} (m) = 0.84 m < L_{\text{real}} = 1.10 m$$

El tramo B1D está bien dimensionado, soporta dilatación del brazo DC: 2.53 mm.

**b2) Verificación de la longitud necesaria del brazo DC:**

Siendo  $\Delta B1D$  = Dilatación del brazo B1D = 2.53 mm

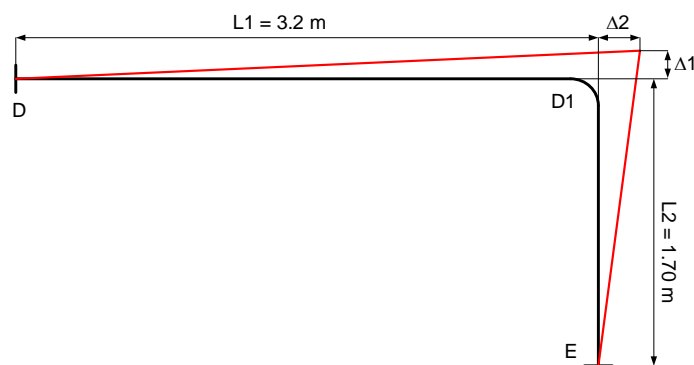
Dext = diámetro exterior del tubo de 3", cédula 40 = 88.90 mm

$$L_{\text{mínBrazoDC}} (m) = 0.056 * \sqrt{2.53(mm) * 88.90(mm)} \quad (23)$$

$$L_{\text{mínBrazoDC}} (m) = 0.84 m < L_{\text{real}} = 1.10 m$$

Resulta que el brazo DC soportará la dilatación del brazo B1D, de 2.53 mm

**c) Verificación a la elasticidad del tramo D-D1-E:**



**c1) Verificación de la longitud necesaria del brazo DD1:**

Siendo  $\Delta D1E$  = Dilatación del brazo D1E = 3.91 mm

Dext = diámetro exterior del tubo de 4", cédula 40 = 114.30 mm

$$L_{\text{mín}_{\text{brazoDD1}}}(m) = 0.056 * \sqrt{3.91(mm) * 114.30(mm)} \quad (23)$$

$$L_{\text{mín}_{\text{brazoDD1}}}(m) = 1.18 m < L_{\text{real}} = 3.2 m$$

Resulta que el brazo DD1 soportará la dilatación del brazo D1E, de 3.91 mm.

**c2) Verificación de la longitud necesaria del brazo D1E:**

Siendo  $\Delta DD1$  = Dilatación del brazo DD1 = 7.36 mm

Dext = diámetro exterior del tubo de 4", cédula 40 = 114.30 mm

$$L_{\text{mín}_{\text{brazoD1E}}}(m) = 0.056 * \sqrt{7.36(mm) * 114.30(mm)} \quad (23)$$

$$L_{\text{mín}_{\text{brazoD1E}}}(m) = 1.62 m < L_{\text{real}} = 1.70 m$$

Resulta que el brazo D1E soportará la dilatación del brazo DD1, de 7.36 mm.

### 1.3 Dimensionamiento de manifold colector de vapor de calderas:

Para el presente caso se opta por utilizar un manifold vertical, por presentar mayor capacidad para la captación y evacuación del condensado, evitando posibles implosiones, que son muy peligrosas.

#### Manifold Vertical colector distribuidor de vapor de calderas HRDT

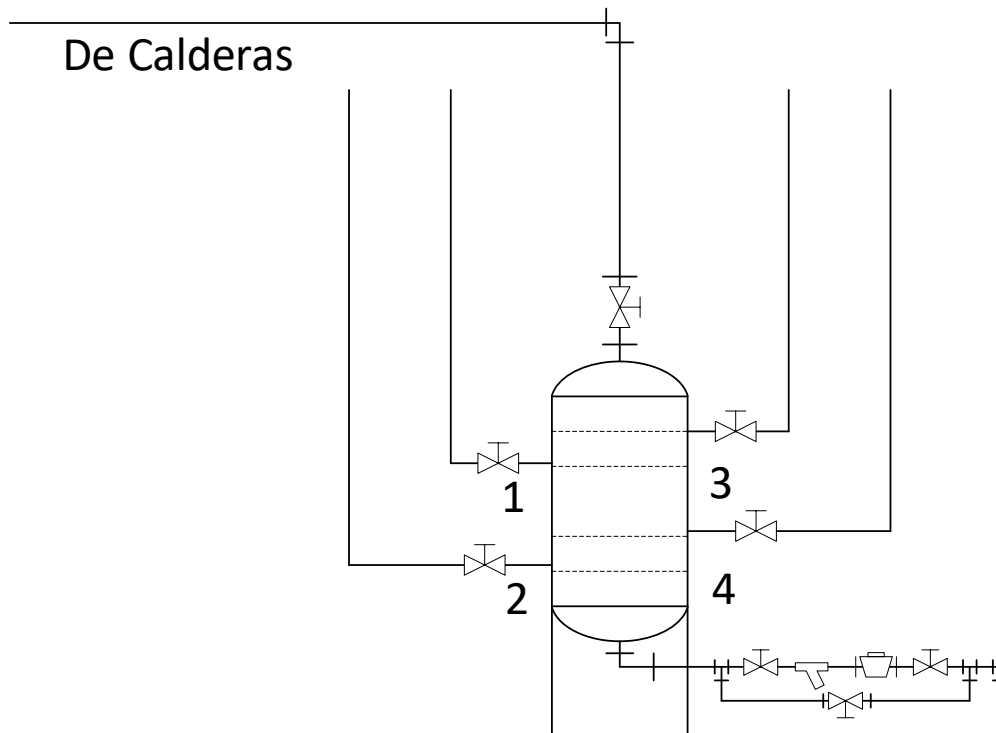


Figura 28: Manifold vertical colector y distribuidor de vapor

Fuente: Elaboración propia.

### 1.3.1 Cálculo del diámetro interior necesario del manifold:

Datos iniciales: Velocidad del vapor: 7.5 m/s.

Densidad del vapor: 4.06 kg/m<sup>3</sup>

Flujo de vapor: 2 x 1404.56 = 2,809.12 kg/h = 0.78 kg/s

#### Sección transversal necesaria del manifold:

$$S_t = \frac{0.78}{7.5 \cdot 4.06} \quad (18)$$

$$S_t = 0.0256 \text{ m}^2$$

#### Resulta el diámetro interior de la tubería:

$$d_{\text{int}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0.0256}{\pi}} \quad (19)$$

$$d_{\text{int}} = 0.186 \text{ m} = 7.11 \text{ pulgadas}$$

Se redondea al valor comercial superior, con diámetro nominal  $d_n = 8$  pulgadas.

Se asume número de cédula necesario para el tubo del manifold: 40

Diámetro exterior = 219.2 mm.

Diámetro interior = 202.69 mm

El acero del tubo es ASTM A106, sin costura, resistencia a 163.78°C = 741 daN/cm<sup>2</sup>

#### Verificación del número de cédula para el manifold:

$$Nr_{\text{cédula}} = \frac{1000 \cdot 7.8}{741} \quad (20)$$

$$Nr_{\text{cédula}} = 10.53 < 40$$

Resulta que el tubo de acero para el manifold de vapor está bien seleccionado.

Espesor del tubo para el manifold,  $d_n = 8''$ , cédula 40: 8.128 mm.

MANIFOLD COLECTOR DE VAPOR CALDERAS INTESA  
 Dn = 8" Cédula 40 ASTM A 36

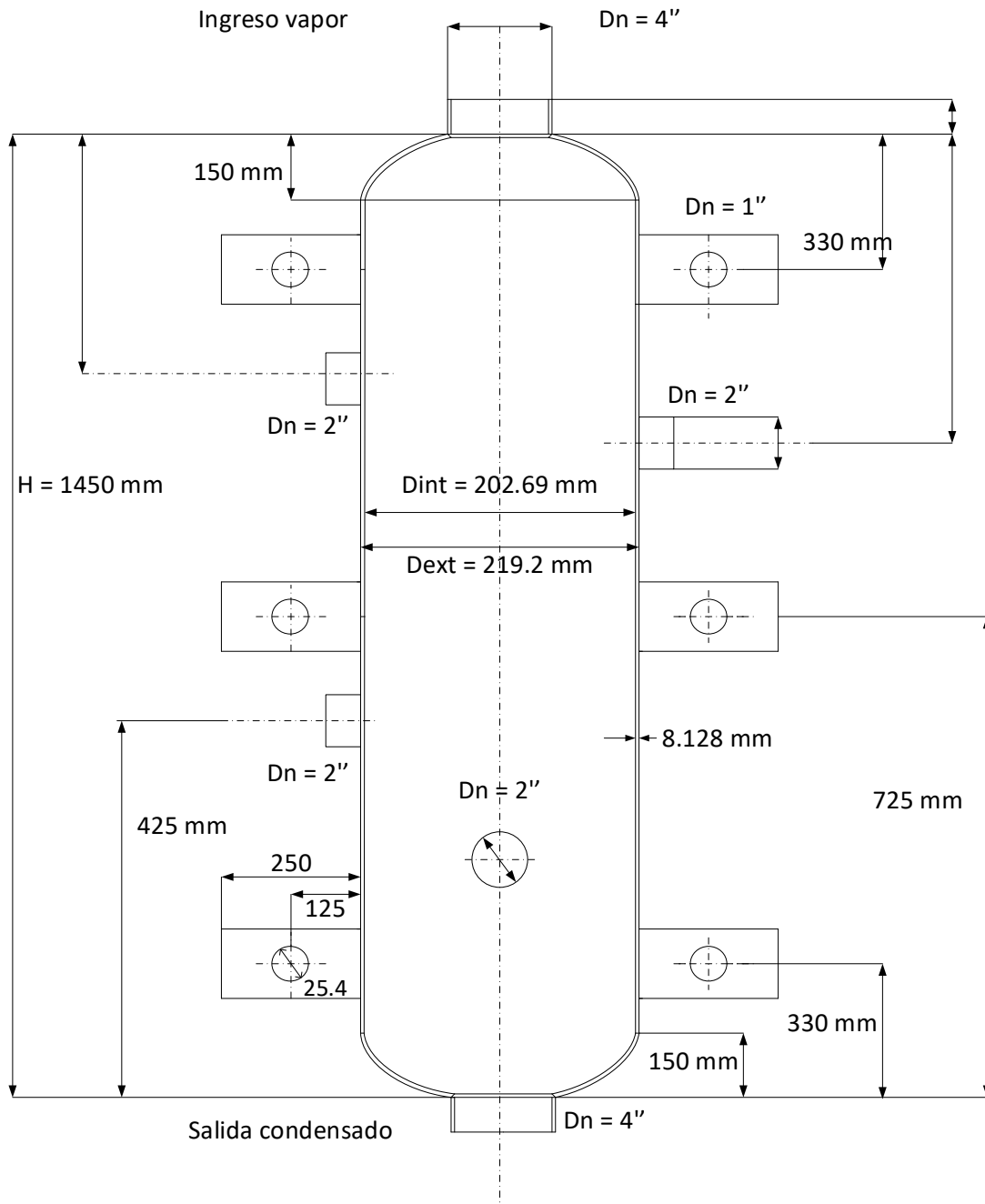


Figura 29: Manifold vertical para vapor.

Fuente: Elaboración propia.

MANIFOLD COLECTOR DE VAPOR CALDERAS INTESA  
Dn = 8" Cédula 40 ASTM A 36

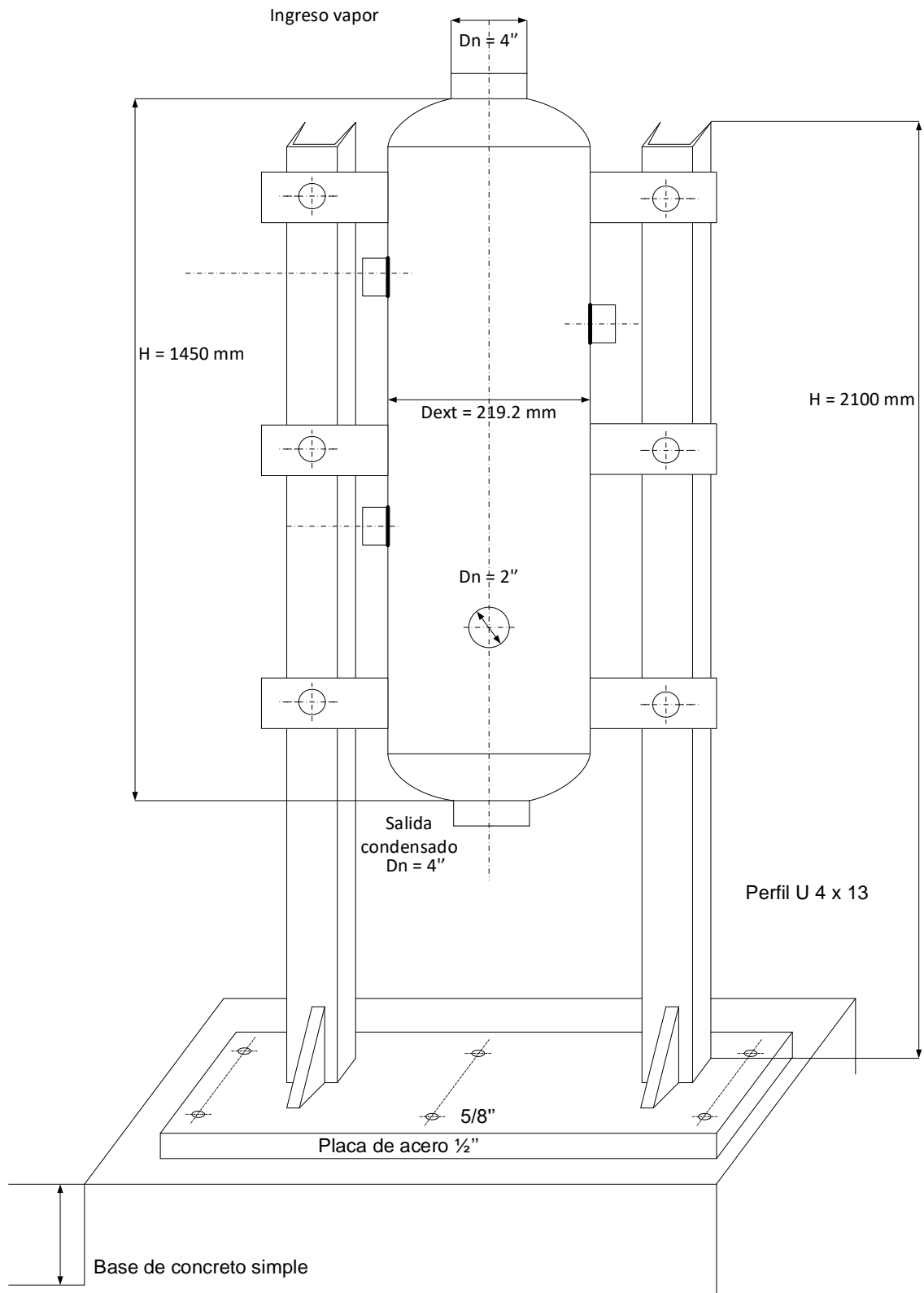


Figura 30: Manifold vertical para vapor con base de concreto.

Fuente: Elaboración propia.

### 1.3.2 Diseño de soportes tubería vapor de calderas:

La nueva tubería de vapor deberá tener tres soportes tubulares, se elige de sección cuadrada, con las siguientes características:

- Material: Acero ASTM A 36
- Resistencia a la fluencia: 2500 daN/cm<sup>2</sup>, a 20°C
- Tipo de sección del tubo: cuadrada

Los soportes tendrán la función de soportar la tubería de vapor y guiar las dilataciones térmicas.

Contará con un punto fijo en la parte central, para obtener elasticidad en ambos extremos, según la figura adjunta:

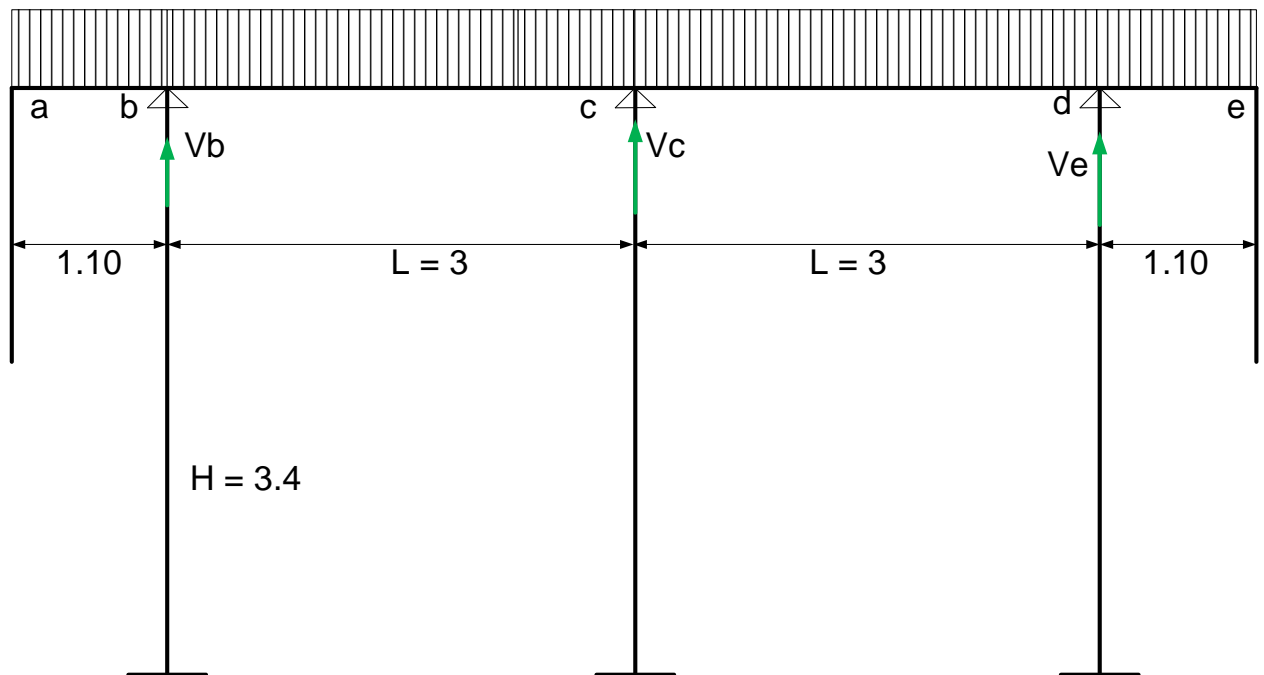


Figura 31: Soportes tubulares para tubería de vapor.

Fuente: Elaboración propia.



### a. Cálculo de reacciones en soportes tubulares

Se utiliza el método de tres momentos, es un sistema estático no determinado.

De acuerdo al método, se reduce el esquema a tres soportes y se agregan los momentos que se forman en cada extremo,  $M_a$  y  $M_c$  donde peso de tubo vertical en cada extremo (incluye válvulas)

$$M_a = M_c = 33.51 \text{ daN}\cdot 1.10\text{m} \quad (24)$$

$$M_a = M_c = 36.86 \text{ daN}\cdot\text{m}$$

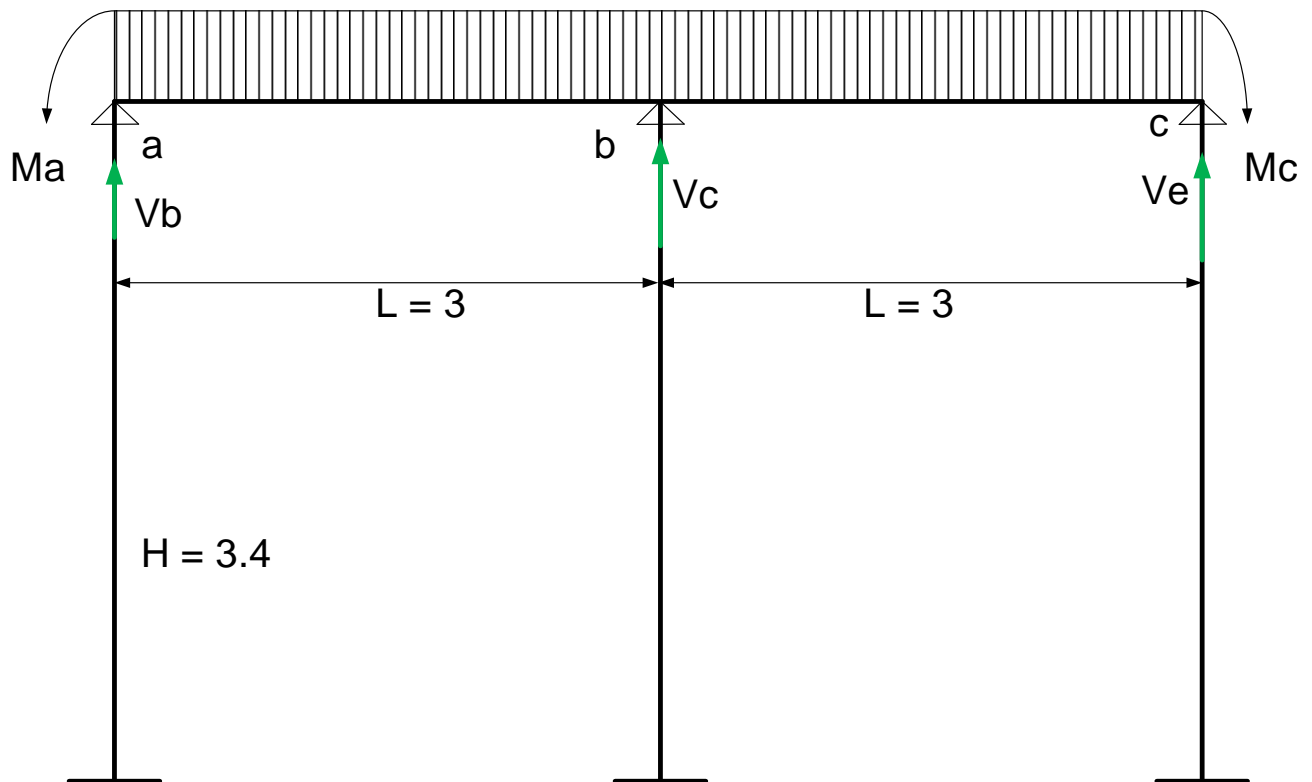


Figura 32: esquema de cálculo de reacciones en a, b y c, por método de tres momentos. Elaboración propia.

Fuente: Elaboración propia.

En la cual:

$$\Omega_{ab} = \Omega_{bc} = \frac{15.75 \frac{daN}{m} * 3^3 m^2}{12} \quad (25)$$

$$\Omega_{ab} = \Omega_{bc} = 35.4375 daN * m^2$$

Reemplazando en la ecuación del sistema:

$$36.86 * 3 + 2M_b(3 + 3) + 36.86 * 3 = -6 \left( \frac{35.4375 * 3}{2 * 3} + \frac{16.08}{2 * 3} \right) \quad (26)$$

$$\rightarrow 221.16 + 12M_b = -122.3925$$

$$M_b = 8.23 daN-m$$

Resultan los valores de las reacciones en cada apoyo, que permiten dimensionar y seleccionar el perfil de acero respectivo

$$R_a = \frac{3 * 15.75 * 3}{8} \quad (27)$$

$$R_a = 17.71 daN$$

$$R_b = \frac{5 * 15.75 * 3}{4} \quad (28)$$

$$R_b = 59.06 daN$$

$$R_c = \frac{3 * 15.75 * 3}{8} \quad (29)$$

$$R_c = 17.71 daN$$

Fuerza de cálculo del perfil:

$$F = 59.06 * 4 \quad (30)$$

$$F = 236.24 daN$$

Para dimensionar los perfiles que serán los soportes de la tubería de vapor, se utilizará la reacción de mayor valor, de 59.06 , con un factor de seguridad de 4, según norma peruana para estructuras metálicas Ubicado en el capítulo 13 que

es diseño sísmico y 13.4 Requisitos Generales De Diseño ubicados exactamente en 13.4.1 Tipos De Sistemas Estructurales.

**Dimensionamiento del perfil cuadrado a la compresión Tubo Cuadrado de Acero ASTM A500:**

- $F_c = 236.24 \text{ daN}$
- Esfuerzo a la fluencia del acero al carbono,  $\sigma_f = 2690 \text{ daN/cm}^2$

Sección necesaria del acero del tubo:

$$S_{\text{acero\_tubo}} = \frac{236.24}{2690} \quad (31)$$

$$S_{\text{acero\_tubo}} = 0.10 \text{ cm}^2$$

Se elige tubo con perfil cuadrado de lado = 100 mm (4"), que tiene una sección de acero igual a:  $(2 \cdot 10 + 2 \cdot 10) \cdot 0.4 = 16 \text{ cm}^2$

En teoría se puede utilizar un tubo cuadrado de 3", con 3 mm de espesor.

Por motivos de estabilidad y rigidez de montaje, se elige:

Tubo cuadrado de acero al carbono de  $L = 4''$ . Espesor de 4 mm.

### 1.3.2 Pérdida de presión en tubería vapor de calderas

Las válvulas a utilizar son del tipo de compuerta, bridas

Las válvulas antirretornos son del tipo de clapeta

Los codos rectos son de 90°, de radio largo, soldados

La Tee es soldable.

Las conexiones de tubo de 3" a tee de 4" se hace mediante una conexión conica tipo difusor, tano para la línea de caldera 1 como para la línea de caldera 2.

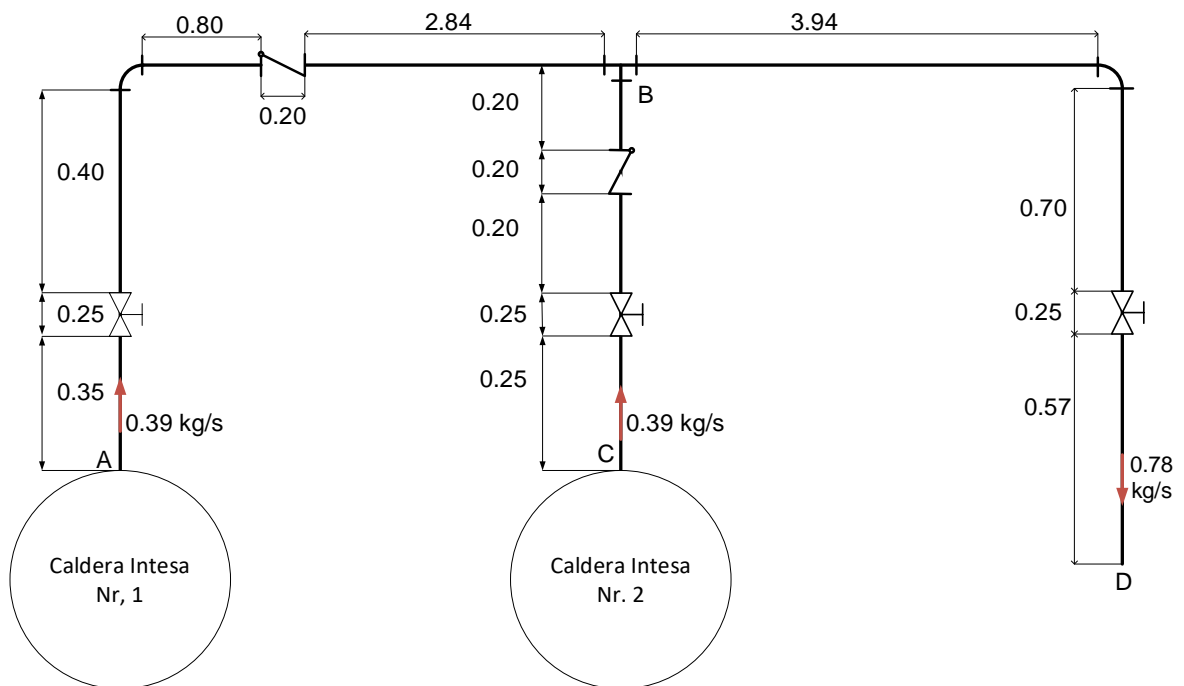


Figura 33: Esquema de cálculo de pérdida de presión en tuberías vapor de caldera

Fuente: Elaboración propia.

**a) Pérdida de presión en tramo AB**

Flujo de vapor máximo en tramo AB = 0.39 kg/s (de Caldera 1)

Dn de tubería = 3" = 0.07798 m.

Densidad del vapor = 4.06 kg/m<sup>3</sup>

Sección transversal del tubo de 3", cédula 40, St = 0.00476 m<sup>2</sup>

**Velocidad del vapor en tubo:**

$$U_v = \frac{0.39 \frac{kg}{s}}{4.06 \frac{kg}{m^3} * 0.00476 m^2} \quad (18)$$

$$U_v = 20.18 \frac{m}{s}$$

**a1) Pérdida de presión lineal**

Longitud total de tramos rectos: 0.35 + 0.4 + 0.8 + 3 = 4.55 m

**Cálculo de coeficiente de pérdida de presión lineal,  $\lambda$ :**

**1. El número de Reynolds:**

$$Re = \frac{20.18 \frac{m}{s} * 0.07798 m}{3.6 * 10^{-6} \frac{m^2}{s}} \quad (32)$$

$$Re = 437,121$$

Siendo

$\nu$ : viscosidad cinemática =  $3.6 * 10^{-6} m^2/s$

**2. Ecuación de Mc Adams:**

$$\lambda = 0.184 * 437121^{-0.237} \quad (33)$$

$$\lambda = 0.00847$$

**3. Ecuación de Blasius:**

$$\lambda = 0.3164 * 437,121^{-0.25} \quad (34)$$

$$\lambda = 0.0123$$

#### 4. Ecuación de Nikuradse:

$$\lambda = 0.0032 + 0.221 * 437,121^{-0.237} \quad (35)$$

$$\lambda = 0.01337$$

Como un factor de seguridad, se utilizará el mayor valor encontrado, 0.01337

#### 5. Ecuación de pérdidas lineales:

$$\Delta_{pL_{AB}} [Pa] = 0.01337 * \frac{4.55}{0.07798} * \frac{20.18^2}{2} * 4.06 \quad (36)$$

$$\Delta_{pL_{AB}} [Pa] = 713.88 Pa$$

#### a2) Cálculo de pérdidas locales en tramo AB:

$$\sum h_l(Pa) = \frac{20.18^2 \left(\frac{m^2}{s^2}\right)}{2} * 4.06 \left(\frac{kg}{m^2}\right) * [\xi_{válv\_cpta} + \xi_{Codo_{Radio\_Largo}} + \xi_{Vál\_check} + \xi_{Difusor} + 4 * \xi_{brid}]$$

$$\sum h_l(Pa) = \frac{20.18^2 \left(\frac{m^2}{s^2}\right)}{2} * 4.06 \left(\frac{kg}{m^2}\right) * [0.13 + 0.46 + 0.13 + 0.4 + 4 * 0.04] \quad (37)$$

$$\sum h_l(Pa) = 1,058 Pa$$

#### Pérdida de presión total en tramo AB:

$$713.88 + 1,058 = 1,771.88 Pa = 0.0177 bar (0.22 \%)$$

#### b) Pérdida de presión en tramo BC

Flujo de vapor máximo en tramo BC= 0.39 kg/s (de Caldera 2)

Dn 3" = 0.07798 m.

Densidad del vapor = 4.06 kg/m<sup>3</sup>

Sección transversal del tubo de 3", cédula 40, St = 0.00476 m<sup>2</sup>

Velocidad del vapor en tubo: 20.18 m/s

### b1) Pérdida de presión lineal

Longitud total de tramos rectos:  $0.25 + 0.20 + 0.20 = 0.65$  m

**Cálculo de coeficiente de pérdida de presión lineal,  $\lambda$ :**

#### 1. El número de Reynolds:

$$Re = \frac{20.18 \frac{m}{s} * 0.07798 \text{ m}}{3.6 * 10^{-6} \frac{m^2}{s}} \quad (32)$$

$$Re = 437,121$$

#### 2. Ecuación de Nikuradse:

$$\lambda = 0.0032 + 0.221 * 437,121^{-0.237} \quad (35)$$

$$\lambda = 0.01337$$

#### 3. Ecuación de perdidas lineales:

$$\Delta_{pL_{AB}} [\text{Pa}] = 0.01337 * \frac{0.65}{0.07798} * \frac{20.18^2}{2} * 4.06 \quad (36)$$

$$\Delta_{pL_{AB}} [\text{Pa}] = 92.13 \text{ Pa}$$

### b2) Cálculo de pérdidas locales en tramo BC:

$$\sum h_l (Pa) = \frac{20.18^2 \left(\frac{m^2}{s^2}\right)}{2} * 4.06 \left(\frac{kg}{m^2}\right) * [\xi_{válv\_cpta} + \xi_{vál\_check} + 4 * \xi_{brid} + \xi_{Difusor}]$$

$$\sum h_l (Pa) = \frac{20.18^2 \left(\frac{m^2}{s^2}\right)}{2} * 4.06 \left(\frac{kg}{m^2}\right) * [0.13 + 0.13 + 0.4 + 4 * 0.04] \quad (37)$$

$$\sum h_l (Pa) = 558.83 \text{ Pa}$$

#### Pérdida de presión total en tramo BC:

$$\Delta_{pL_{AB}} + \sum h_l = 92.13 + 558.83 = 650.96 \text{ Pa} = 0.0065 \text{ bar} (0.084 \%)$$

### c) Pérdida de presión en tramo BD

Flujo de vapor máximo = 2,809.12 kg/h = 0.78 kg/s (de Caldera 1 + Caldera 2).

Diámetro nominal del tubo:  $D_n = 4'' = 0.10236 \text{ m}$

Sección transversal del tubo:  $0.00823 \text{ m}^2$

Densidad del vapor =  $4.06 \text{ kg/m}^3$

#### Velocidad del vapor en tubo:

$$U_v = \frac{0.79 \frac{\text{kg}}{\text{s}}}{4.06 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 0.010236 \text{ m}^2} \quad (21)$$

$$U_v = 29.07 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

### c1) Pérdida de presión lineal

Longitud total de tramos rectos:  $3.94 + 0.7 + 0.57 = 5.21 \text{ m}$

#### Cálculo de coeficiente de pérdida de presión lineal, $\lambda$ :

##### 1. El número de Reynolds:

$$\text{Re} = 29.076 * 0.10236 / 3.6 * 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s} \quad (32)$$

$$\text{Re} = 826,727$$

##### 2. Ecuación de Nikuradse:

$$\lambda = 0.0032 + 0.221 * 826,727^{-0.237} \quad (35)$$

$$\lambda = 0.012$$

##### 3. Ecuación de pérdidas lineales:

$$\Delta_{pL_{AB}} [\text{Pa}] = 0.012 * \frac{5.21}{0.10236} * \frac{29.07^2}{2} * 4.06 \quad (36)$$

$$\Delta_{pL_{AB}} [\text{Pa}] = 1047.79 \text{ Pa}$$



**c2) Cálculo de pérdidas locales en tramo BD:**

$$\sum h_l(Pa) = \frac{29.07^2 \left(\frac{m^2}{s^2}\right)}{2} * 4.06 \left(\frac{kg}{m^2}\right) * [\xi_{Tee} + \xi_{codo_{RL}} + \xi_{válv_{cpta}} + 2 * \xi_{brid} + \xi_{Difusor}]$$

$$\sum h_l(Pa) = \frac{29.07^2 \left(\frac{m^2}{s^2}\right)}{2} * 4.06 \left(\frac{kg}{m^2}\right) * [1.5 + 0.46 + 0.13 + 2 * 0.04 + 0.4] \quad (37)$$

$$\sum h_l(Pa) = 4,408.78 Pa$$

**Pérdida de presión total en tramo BD:**

$$\Delta_{pL_{BD}} + \sum h_{l_{BD}} = 1047.79 + 4,408.78 = 5,456.57 Pa = 0.054 bar (0.69 \%)$$

## Dimensionamiento Tubería de Alimentación a Cocina

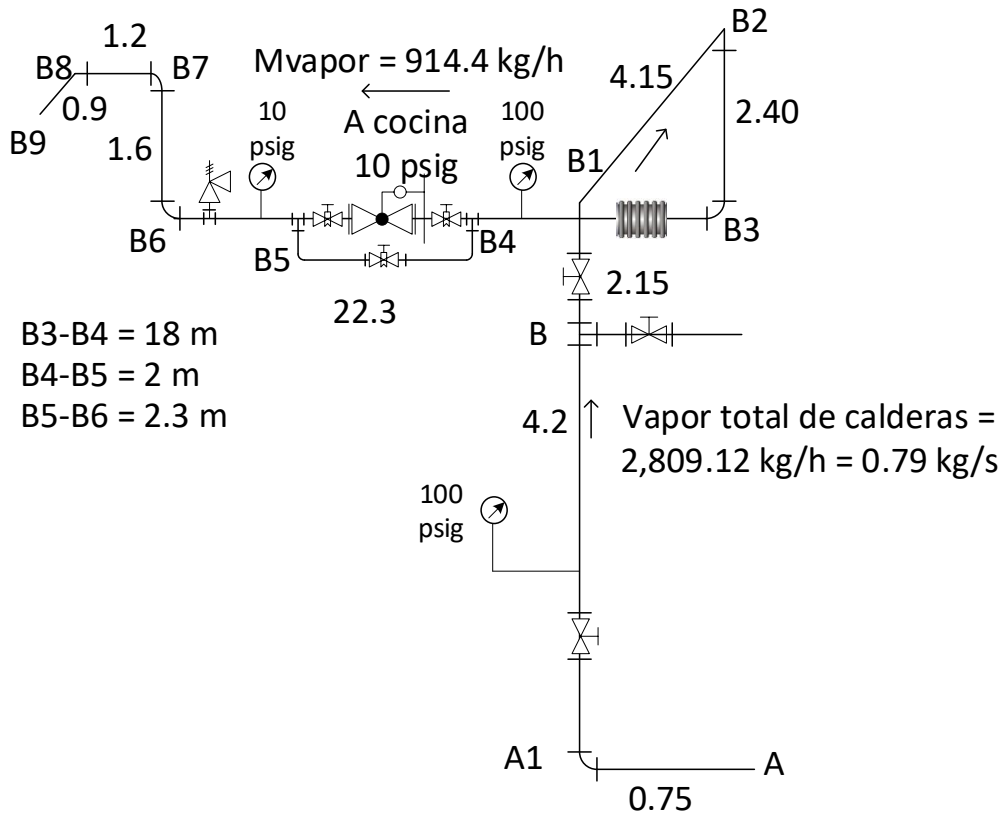


Figura 34: Esquema de tuberías vapor general y alimentación a cocina.

Fuente: Elaboración Propia.

Datos:

Velocidad inicial asumida =  $20 \text{ m/s}$

Densidad del vapor =  $4.06 \text{ kg/m}^3$

Sección transversal de tubería matriz de distribución vapor:

$$St = \frac{0.79}{4.06 \cdot 20} \quad (18)$$

$$St = 0.00973 \text{ m}^2$$

Diámetro interior del tubo:

$$d_{int} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0.00973}{\pi}} \quad (19)$$

$$d_{int} = 0.11 \text{ m} = 4.33 \text{ pulgadas.}$$

Se redondea a dn = 4", cédula 40,  $d_{int} = 102.26 \text{ mm}$

Sección transversal real del tubo:

$$S_t = \frac{\pi}{4} * 0.102262 \quad (10)$$

$$S_t = 0.008213 \text{ m}^2$$

Se calcula la velocidad máxima real del vapor en tubería:

$$U = \frac{0.79 \text{ kg/s}}{4.06 \text{ kg/m}^3 \times 0.008213 \text{ m}^2} \quad (21)$$

$$U = 23.69 \text{ m/s}$$

### **Pérdida de presión en tramo AB**

Flujo de vapor máximo = 2,809.12 kg/h = 0.79 kg/s

- Diámetro nominal del tubo: Dn = 4".  $d_{int} = 102.26 \text{ mm}$
- Densidad del vapor = 4.06 kg/m<sup>3</sup>
- Sección transversal del tubo:

$$S_t = \frac{\pi}{4} * 0.10236^2 \quad (10)$$

$$S_t = 0.008213 \text{ m}^2$$

Velocidad del vapor en tubo:

$$U = \frac{0.79 \frac{\text{kg}}{\text{s}}}{4.06 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 0.00823 \text{ m}^2} \quad (21)$$

$$U = 23.64 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Pérdida de presión lineal

Longitud total de tramos rectos:  $0.75 + 4.20 = 4.95$  m.

**Cálculo de coeficiente de pérdida de presión lineal,  $\lambda$ :**

4. El número de Reynolds:

$$Re = 23.64 \text{ m/s} * 0.10236 \text{ m} / 3.6 * 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s} \quad (32)$$

$$Re = 672,164$$

5. Ecuación de Nikuradse:

$$\lambda = 0.0032 + 0.221 * 672,164^{-0.237} \quad (35)$$

$$\lambda = 0.0124$$

6. Ecuación de pérdidas lineales:

$$\Delta_{pL_{AB}} [\text{Pa}] = 0.0124 * \frac{4.95}{0.10236} * \frac{23.64^2}{2} * 4.06 \quad (36)$$

$$\Delta_{pL_{AB}} [\text{Pa}] = 680.28 \text{ Pa} .$$

Pérdidas locales en tramo AB:

$$\sum h_l (\text{Pa}) = \frac{23.64^2 \left( \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2} \right)}{2} * 4.06 \left( \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) * [\xi_{Tee} + \xi_{codo_{RL}} + \xi_{válv_{cpta}} + 2 * \xi_{brid}]$$

$$\sum h_l (\text{Pa}) = \frac{23.64^2 \left( \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2} \right)}{2} * 4.06 \left( \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) * [1.5 + 0.46 + 0.13 + 2 * 0.04] \quad (37)$$

$$\sum h_l (\text{Pa}) = 2,461 \text{ Pa}$$

Pérdida de presión total en tramo AB:

$$\Delta_{pL_{AB}} + \sum h_{l_{AB}} = 680.28 + 2461 = 3,141.28 \text{ Pa} = 0.0314 \text{ bar} (0.402 \%)$$

### Cálculo de aislamiento térmico de tubería matriz de vapor

Para el presente caso, se asume Eficiencia del aislamiento térmico:  
99.95 %

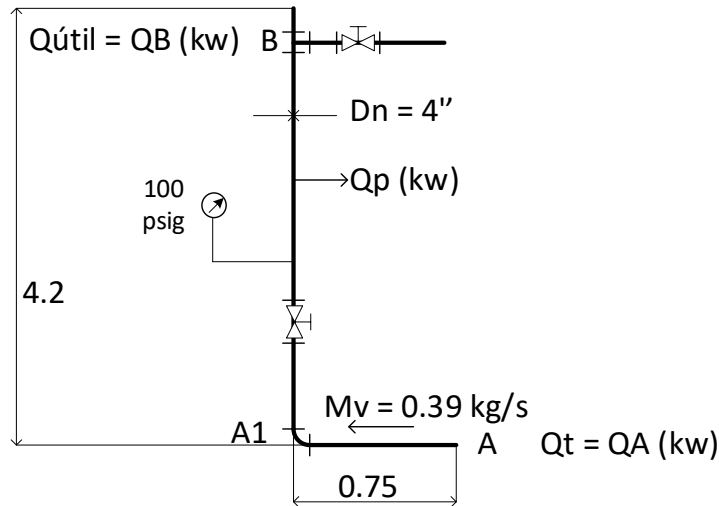


Figura 35: Esquema de cálculo de aislamiento térmico en tubería matriz de distribución de vapor.

Fuente: Elaboración Propia.

Calor total del vapor:

$$Q_T = 0.79 \text{ kg/s} * 2767.27 \text{ kJ/kg} \quad (9)$$

$$Q_T = 2,186.14 \text{ kW}$$

Para  $P_{abs} = 7.8 \text{ bar}$ , la entalpía del vapor es  $h_v = 2767.27 \text{ kJ/kg}$

Calor perdido:

$$Q_P = (0.9995 - 1) * 2,186.14 \quad (38)$$

$$Q_P = 1.093 \text{ kW}$$

Resulta la pérdida unitaria de calor en tubería con aislamiento térmico:

$$q = \frac{1.093 \text{ kW}}{4.95 \text{ m}} \quad (39)$$

$$q = 220.8 \text{ w /m}$$

Temperatura Media:

$$\Delta T = \frac{169.36 + 40}{2} \quad (40)$$

$$\Delta T = 104.68 \text{ }^\circ\text{C}$$

Entonces:

$$K_{\text{aisl}} = 0.059160 + 0.000186 * 104.68 \quad (41)$$

$$K_{\text{aisl}} = 0.078 \text{ w/(m}^\circ\text{C)}$$

De la ecuación de Fourier de conductividad térmica, para tubos cilíndricos:

$$\frac{D_{\text{ext\_aisl}}}{d_{\text{int\_aisl}}} = e^{\frac{2\pi * 0.078 * (169.36 - 40)}{220.8}} \quad (43)$$

$$\frac{D_{\text{ext\_aisl}}}{d_{\text{int\_aisl}}} = 1.332$$

Resulta que el diámetro exterior de la tubería es igual a:

$$D_{\text{ext\_aisl}} = 1.332 * 114.3 \quad (44)$$

$$D_{\text{ext\_aisl}} = 152.25 \text{ mm}$$

Espesor del aislante térmico:

$$\delta_{\text{aisl}} = \frac{152.25 - 114.3}{2} \quad (45)$$

$$\delta_{\text{aisl}} = 18.975 \text{ mm}$$

Se redondea al valor inmediato superior comercial:  $\delta_{\text{aisl}} = 1$  pulgada.

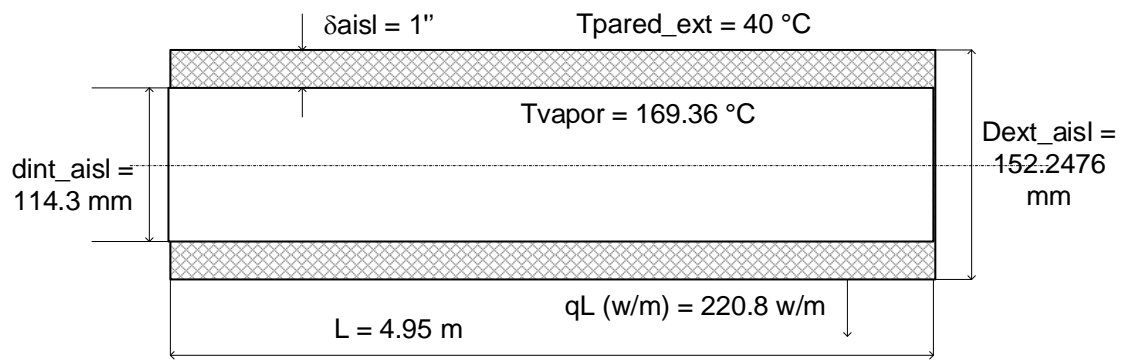


Figura 36: Tubería matriz de vapor ( $d_n = 4''$ ) con aislante térmico de lana mineral

Fuente: Elaboración Propia.

### Dimensionamiento tubería de distribución a Cocina

Se hará el cálculo hidráulico, térmico y mecánico de la tubería. La tubería de vapor de alimentación a cocina tiene la particularidad de dividirse en dos partes: una de alta presión, a 6.8 bar, desde B hasta B4, en que empieza el sistema de reducción de presión, y otra en baja presión, a 10 psig (0.68 barg).

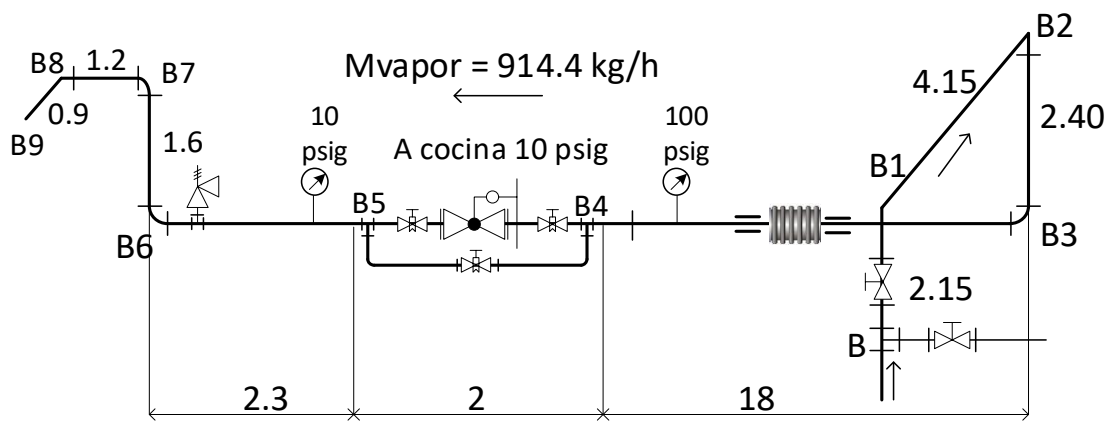


Figura 37: Esquema de tubería vapor alimentación a Cocina.

Fuente: Elaboración Propia.

**De la figura (tramo de alta presión: B-B1-B2-B3-B4):**

- Flujo vapor máximo proyectado: 914.40 kg/h = 0.254 kg/s
- Velocidad inicial asumida = 20 m/s
- Densidad del vapor = 4.06 kg/m<sup>3</sup>

Sección transversal de tubería a Cocina vapor:

$$S_t = \frac{0.254}{(4.06 \cdot 20)} \quad (18)$$

$$S_t = 0.00313 \text{ m}^2$$

Diámetro interior del tubo:

$$d_{int} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0.00313}{\pi}} \quad (19)$$



$$d_{int} = 0.063 \text{ m} = 2.48 \text{ pulgadas.}$$

Se redondea a  $dn = 2.5''$ , cédula 40, considerando los cálculos para la tubería colectora de vapor general de calderas.

$$Dn = 2.5''. \text{ Dinterior} = 62.68 \text{ mm}$$

Sección transversal real del tubo:

$$St_{real} = \frac{\pi}{4} * 0.06268^2 \quad (19)$$

$$St_{real} = 0.003085 \text{ m}^2$$

velocidad máxima real del vapor en tubería a Cocina:

$$U_{m\acute{a}x\_vapor} = \frac{0.254 \text{ kg/s}}{4.06 \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right) * 0.003085 \text{ (m}^2\text{)}} \quad (21)$$

$$U_{m\acute{a}x\_vapor} = 20.58 \text{ m/s (B-B4)}$$

### **Pérdida de presión en tramo B-B1-B2-B3-B4**

#### **Pérdida de presión lineal en B-B4**

Longitud total de tramos rectos:

$$Lt_{TR} = 2.15 + 4.15 + 2.40 + 18 = 26.7 \text{ m}$$

#### **Coefficiente de pérdida de presión lineal, $\lambda$ :**

1. El número de Reynolds:

$$Re = 20.58 \text{ m/s} * 0.06268 \text{ m} / 3.6 * 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s} \quad (32)$$

$$Re = 358,320$$

2. Ecuación de Nikuradse:

$$\lambda = 0.0032 + 0.221 * 358,320^{-0.237} \quad (35)$$

$$\lambda = 0.0138$$

3. Ecuación de perdidas lineales:

$$\Delta_{pLAB} [\text{Pa}] = 0.0138 * \frac{26.7}{0.06268} * \frac{20.58^2}{2} * 4.06 \quad (36)$$

$$\Delta_{pL_{AB}} [\text{Pa}] = 5,054 \text{ Pa}$$

**Pérdidas locales en tramo B-B4:**

$$\sum h_l(\text{Pa}) = \frac{20.58^2 \left(\frac{\text{m}^2}{\text{s}^2}\right)}{2} * 4.06 \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^2}\right) [\xi_{\text{Tee}} + 3 * \xi_{\text{codo\_RL}} + \xi_{\text{válv\_cpta}} + 2 * \xi_{\text{brid}}]$$

$$\sum h_l(\text{Pa}) = \frac{20.58^2 \left(\frac{\text{m}^2}{\text{s}^2}\right)}{2} * 4.06 \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^2}\right) * [1.5 + 3 * 0.46 + 0.13 + 2 * 0.04] \quad (37)$$

$$\sum h_l(\text{Pa}) = 2,656 \text{ Pa}$$

**Pérdida de presión total en tramo B-B4:**

$$\Delta_{pL_{BB4}} + \sum h_{l_{BB4}} = 5,054 + 2,656 = 7,710 \text{ Pa} = 0.0771 \text{ bar (0.9 \%)}$$

## Cálculo de aislamiento térmico de tubería vapor

Para el presente caso, se asume Eficiencia del aislamiento térmico: 99.70 %

### TRAMO DE ALTA PRESIÓN TUBERÍA DE VAPOR ALIMENTACIÓN A COCINA HRDT

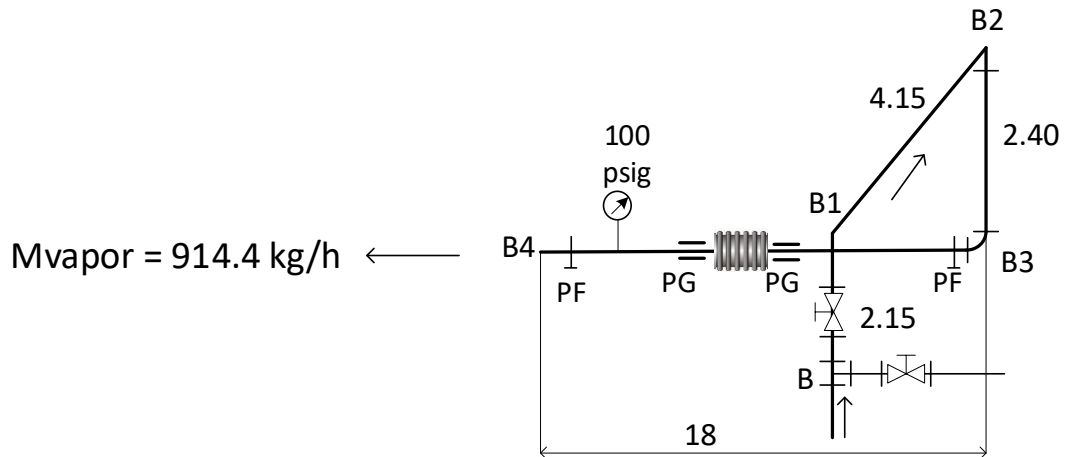


Figura 38: Esquema de cálculo de aislamiento térmico.

Fuente: Elaboración Propia.

Calor total del vapor:

$$Q_T = 2767.27 \text{ kJ/kg} * 0.254 \text{ kg/s} \quad (9)$$

$$Q_T = 702.88 \text{ kW}$$

Para  $P_{abs} = 7.8 \text{ bar}$ , la entalpía del vapor es  $h_v = 2767.27 \text{ kJ/kg}$

Calor perdido:

$$Q_P = (0.997 - 1) * 702.88 \quad (38)$$

$$Q_P = 2.11 \text{ kW}$$

Resulta la pérdida unitaria de calor en tubería con aislamiento térmico:

$$q = \frac{2.11 \text{ kW}}{26.7 \text{ m}} \quad (39)$$

$$q = 79.03 \text{ w /m}$$

Temperatura Media:

$$\Delta T = \frac{169.36 + 40}{2} \quad (40)$$

$$\Delta T = 104.68 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Entonces:

$$K_{\text{aisl}} = 0.059160 + 0.000186 * 104.68 \quad (41)$$

$$K_{\text{aisl}} = 0.078 \text{ w}/(\text{m} * ^\circ\text{C})$$

De la ecuación de Fourier de conductividad térmica, para tubos cilíndricos:

$$\frac{D_{\text{ext\_aisl}}}{d_{\text{int\_aisl}}} = e^{\frac{2\pi * 0.078 * (169.36 - 40)}{79.03}} \quad (43)$$

$$\frac{D_{\text{ext\_aisl}}}{d_{\text{int\_aisl}}} = 2.23$$

Resulta que el diámetro exterior de la tubería es igual a:

$$D_{\text{ext\_aisl}} = 2.23 * 73 \quad (44)$$

$$D_{\text{ext\_aisl}} = 162.79 \text{ mm}$$

Espesor del aislante térmico:

$$\delta_{\text{aisl}} = \frac{162.79 - 73}{2} \quad (45)$$

$$\delta_{\text{aisl}} = 44.89 \text{ mm}$$

Se redondea al valor inmediato superior comercial:  $\delta_{\text{aisl}} = 2$  pulgada.

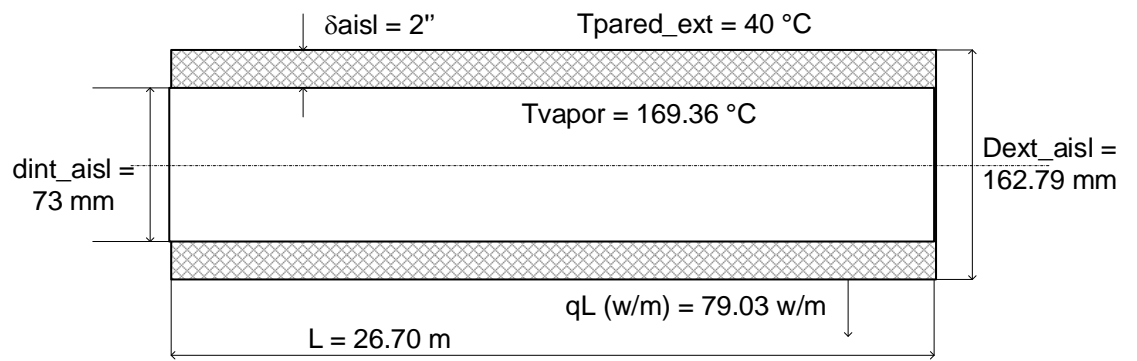


Figura 39: Tubería vapor (dn = 2.5") a Cocina con aislante térmico de lana mineral

Fuente: Elaboración Propia.

### Cálculo de absorción de dilatación térmica en tramo de alta presión

Se elige un solo punto fijo para los tubos, en este caso, en el punto B1 y dos puntos guía en los extremos de los tubos, al lado de los codos. Se hace el análisis en el tramo más crítico, el más largo, de 18 m (B3-B4)

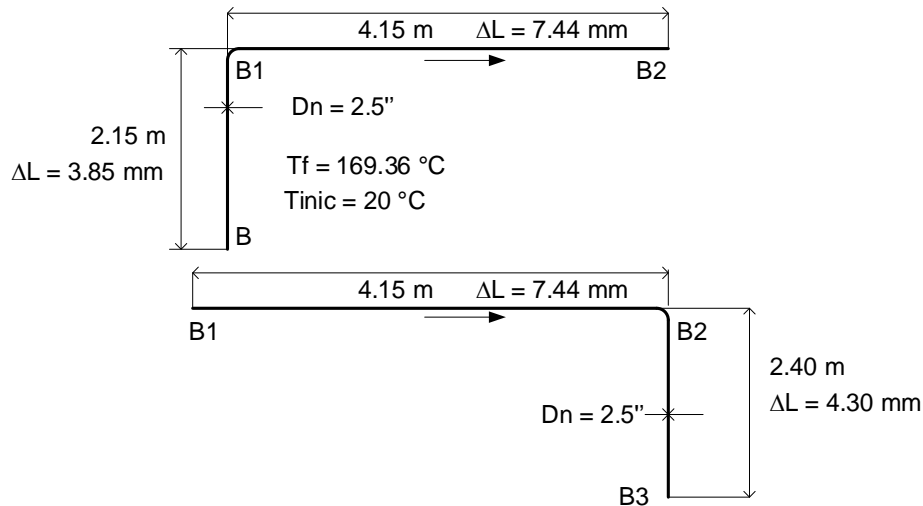


Figura 40: Esquema de B, B1 y B2

Fuente: Elaboración Propia.

Dilatación en tramo BB<sub>1</sub>: L = 2.15 m,

$$\Delta L_{BB_1} = 0.012 \frac{mm}{m \cdot ^\circ C} * 2.15 m * (169.36 - 20)^\circ C \quad (22)$$

$$\Delta L_{BB_1} = 3.85 mm$$

Dilatación en tramo B<sub>1</sub>B<sub>2</sub>: L = 4.15 m

$$\Delta L_{B_1B_2} = 0.012 \frac{mm}{m \cdot ^\circ C} * 4.15 m * (169.36 - 20)^\circ C \quad (22)$$

$$\Delta L_{B_1B_2} = 7.44 mm$$

Dilatación en tramo B<sub>2</sub>B<sub>3</sub>: L = 2.4 m

$$\Delta L_{B_2B_3} = 0.012 \frac{mm}{m \cdot ^\circ C} * 2.40 m * (169.36 - 20)^\circ C \quad (22)$$

$$\Delta L_{B_2B_3} = 4.30 mm$$

Dilatación en tramo B<sub>3</sub>B<sub>4</sub>: L = 18 m

$$\Delta L_{B_3B_4} = 0.012 \frac{mm}{m \cdot ^\circ C} * 18 m * (169.36 - 20)^\circ C \quad (22)$$

$$\Delta L_{B_3B_4} = 32.26 \text{ mm}$$

### Análisis de elasticidad en tubería vapor en AP a Cocina

Se analiza a la elasticidad todos los tramos, menos para el más largo, el B<sub>3</sub>B<sub>4</sub>, que tiene una longitud y dilatación considerables L = 18 m, ΔL = 32.26 mm, para el cual se considera instalar un fuelle o lira de dilatación

a) Elasticidad en tramo BB1:

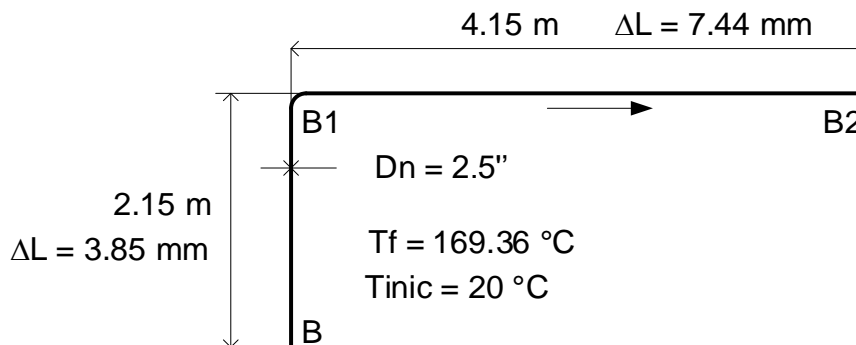


Figura 41: Esquema B, B1 y B2

Fuente: Elaboración Propia.

Longitud mínima necesaria del tramo BB1:

$$L_{BB_1} = 0.056 * \sqrt{7.44 * 73} \quad (23)$$

$$L_{BB_1} = 1.30 \text{ m} < L_{real} = 2.15$$

Longitud mínima necesaria del tramo B1B2:

$$L_{B_1B_2} = 0.056 * \sqrt{3.85 * 73} \quad (23)$$

$$L_{B_1B_2} = 0.94 \text{ m} < L_{real} = 4.15 \text{ m}$$

**b) Elasticidad en tramo B<sub>1</sub>B<sub>2</sub>B<sub>3</sub>:**

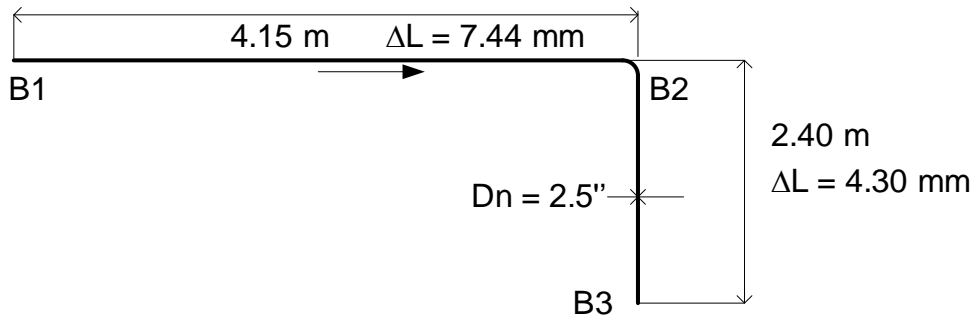


Figura 42: Esquema B1, B2 y B3

Fuente: Elaboración Propia.

$$L_{B_1B_2} = 0.056 * \sqrt{4.30 * 73} \quad (23)$$

$$L_{B_1B_2} = 0.992 \text{ m} < L_{real} = 4.15$$

Longitud mínima necesaria del tramo B<sub>2</sub>B<sub>3</sub>:

$$L_{B_2B_3} = 0.056 * \sqrt{7.44 * 73} \quad (23)$$

$$L_{B_2B_3} = 1.305 \text{ m} < L_{real} = 2.40 \text{ m}$$

**c) Elasticidad en tramo B<sub>3</sub>B<sub>4</sub>:**

En este caso, por su longitud, de 18 m y la elevada dilatación, de 32.26 mm, y para evitar fuerzas de dilatación importantes que puedan producir daño.

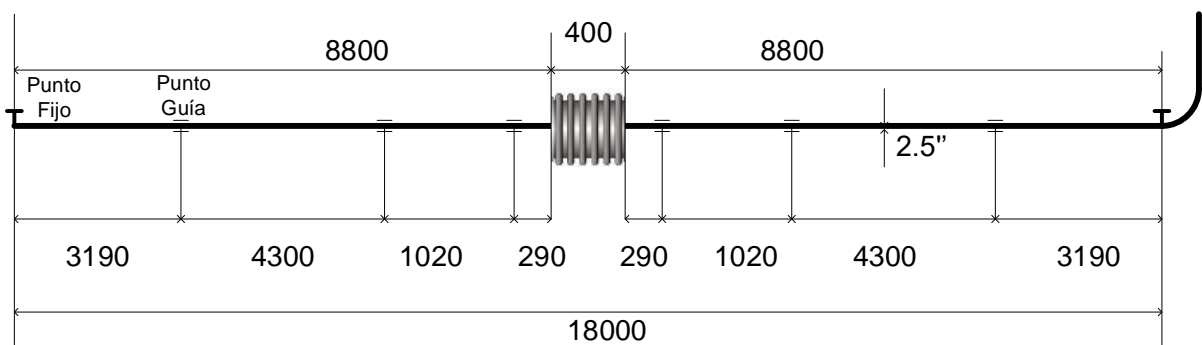




Figura 43: Esquema de montaje de junta de expansión axial tubería vapor a Cocina

Fuente: elaboración propia.

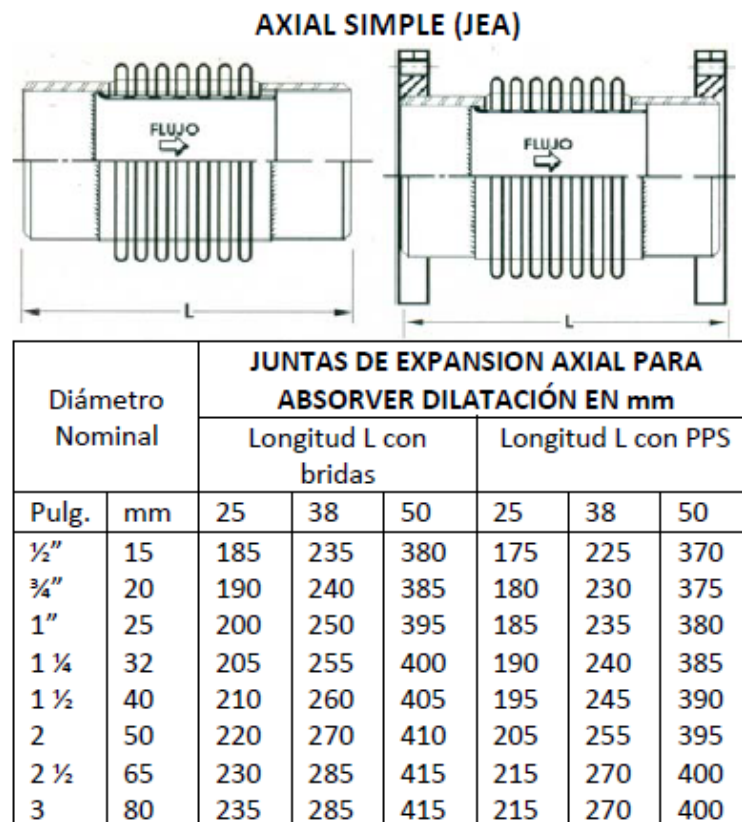


Figura 44: Características de juntas de expansión axiales

Fuente: Dinatécnica.

Se elige, de tablas, el fuelle con extremos soldables del tipo axial simple, JEA, para  $dn = 2.5''$ : Carrera máxima = 50 mm > dilatación en proceso = 32.26 mm. No es necesario señalar una lira de dilatación, es más simple un fuelle.

## Cálculo del lado de baja presión tubería vapor a Cocina

La presión del vapor a cocina es de 10 psig, la que se logra con una válvula reductora de presión.

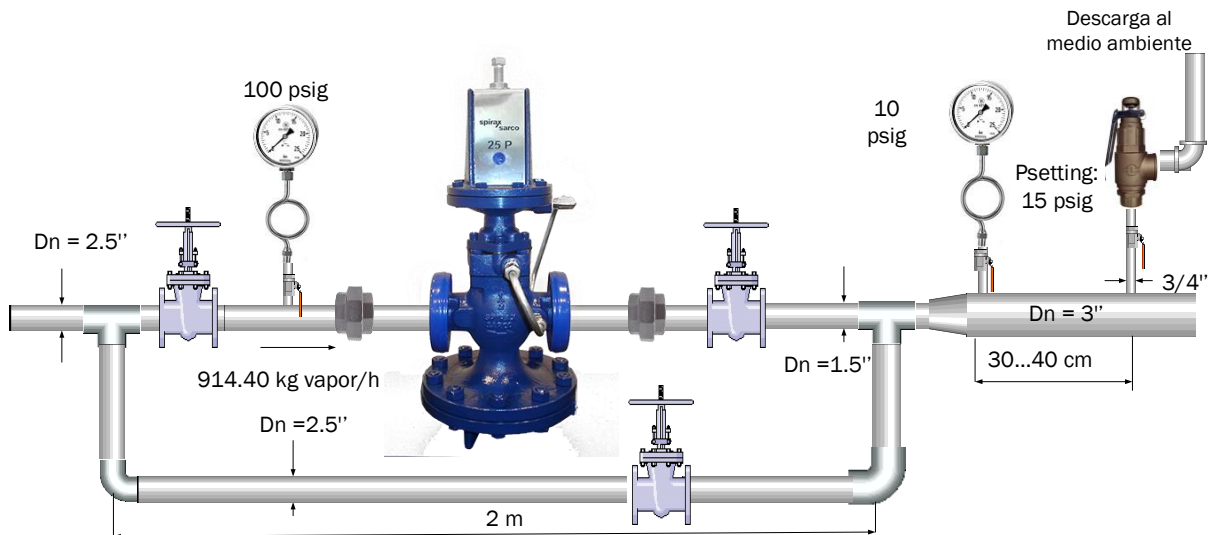


Figura 45: Dimensionamiento de la válvula reductora de presión de vapor para Cocina.

Fuente: Elaboración Propia.

En el presente caso:

$p_1 = 100 \text{ psig} = 7.8 \text{ bar absolutos}$ ,  $v_1 = 0.2462 \text{ m}^3/\text{kg} = 246.20 \text{ dm}^3/\text{kg}$

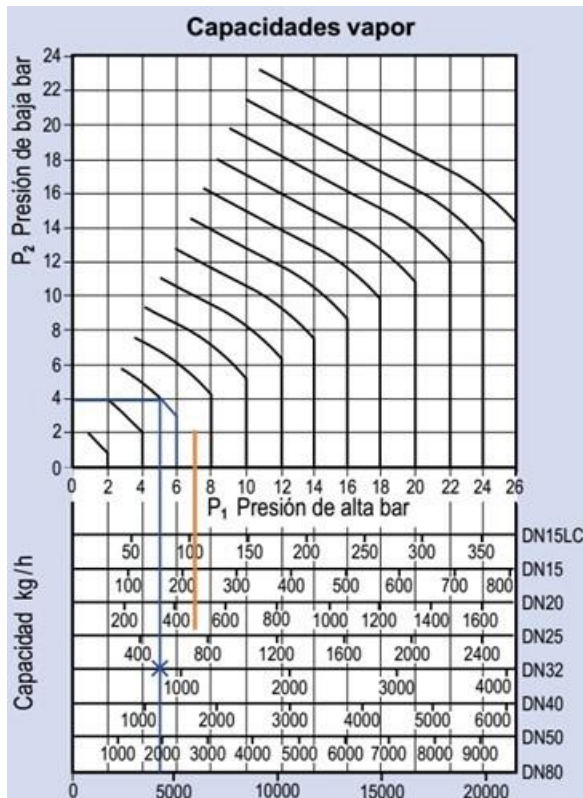
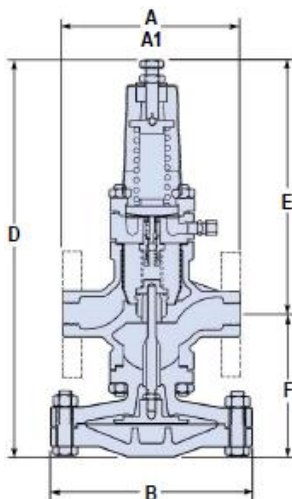
$p_2 = 10 \text{ psig} = 1.68 \text{ bar absolutos} \rightarrow v_2 = 1.04266 \text{ m}^3/\text{kg} = 104.266 \text{ dm}^3/\text{kg}$

Caída de presión en válvula reductora de presión:

$$\Delta p = 7.8 - 1.68 = 6.12 > \frac{7.8}{2} \text{ (3.9 bar)}$$

$$\rightarrow K_v = \frac{914.40 \frac{\text{kg}}{\text{h}}}{1004} * \sqrt{\frac{246.20 + 104.266}{7.8}} \quad (47)$$

$$\rightarrow K_v = 6.10$$



### Valores de Kvs

DN15LC	DN15	DN20	DN25	DN32
1,0	2,8	5,5	8,1	12,0

Para conversión  $C_v$  (UK) =  $K_v \times 0,97$

$C_v$  (US) =  $K_v \times 1,17$

### DP17

Tamaño	Roscas				ANSI 150			ANSI 300			Peso kg	
	PN16/25	ANSI 150	ANSI 300	ANSI 300	A1	A1	B	D	E	F	Roscas	Bridas
DN15LC	160	130	120,2	126,6	185	364	234	130	12	12,8		
DN15	160	130	120,2	126,6	185	364	234	130	12	12,8		
DN20	160	150	139,4	-	185	364	234	130	12	13,7		
DN25	180	160	160,0	160,0	207	388	240	148	13	16,0		
DN32	-	180	176,0	180,0	207	388	240	148	-	17,0		
DN40	-	200	199,0	200,0	255	433	255	178	-	29,0		
DN50	-	230	228,0	230,0	255	433	255	178	-	31,5		

Se elige una válvula reductora de presión con dn = 32 mm y capacidad de 1333.04 kg/h, con coeficiente de válvula igual a 12.

### Cálculo de tubería vapor salida de válvula reductora de presión:

Se tiene:

- Flujo de vapor = 914.40 kg/s = 0.254 kg/s
- Presión absoluta del vapor = 1.68 bar
- Temperatura del vapor en baja presión: 147.90 °C
- Densidad del vapor a 1.8 bar: 0.87 kg/m<sup>3</sup>
- Velocidad del vapor: se asume inicialmente 20 m/s

Sección transversal del tubo en baja presión:

$$S_t = \frac{0.254 \frac{kg}{s}}{20 \frac{m}{s} * 0.87 \frac{kg}{m^3}} \quad (18)$$

$$S_t = 0.0146 m^2$$

Diámetro interior necesario del tubo vapor en baja presión:

$$d_{int} = \sqrt{\frac{4 * 0.0146}{\pi}} \quad (19)$$

$$d_{int} = 0.136 m = 5.36''$$

Se elige tubo de acero al carbono, sin costura, ASTM A 53:

Nr. de Cédula: 40, Dn = 5'', Dint = 128.27 mm.

Siendo su sección transversal:

$$S_t = \frac{\pi}{4} * 0.128^2 \quad (10)$$

$$S_t = 0.013 m^2$$

Velocidad máxima:

$$U_v = \frac{0.254 \frac{kg}{s}}{0.87 \frac{kg}{m^3} * 0.013 m^2} \quad (21)$$

$$U_v = 22.46 \frac{m}{s}$$

## Cálculo de aislamiento térmico tubería vapor a Cocina (B5-B6-B7-B8-B9)

Para el presente caso, se asume Eficiencia del aislamiento térmico: 99.70 %

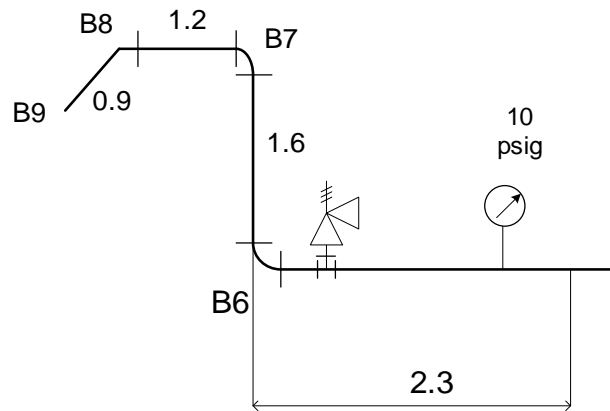


Figura 46: Esquema de cálculo de aislamiento térmico en tubería vapor de alimentación a Cocina HRDT.

Fuente: Elaboración Propia.

Calor total del vapor:

$$Q_T = 0.254 \text{ kg/s} * 2767.27 \text{ kJ/kg} \quad (9)$$

$$Q_T = 702.88 \text{ kW}$$

Para  $P_{abs} = 7.8 \text{ bar}$ , la entalpía del vapor es  $h_v = 2767.27 \text{ kJ/kg}$

Calor perdido:

$$Q_P = (0.998 - 1) * 2,186.14 \quad (38)$$

$$Q_P = 1.40 \text{ kW}$$

Resulta la pérdida unitaria de calor en tubería con aislamiento térmico:

$$q = \frac{1.40 \text{ kW}}{0.9 + 1.2 + 1.6 + 2.3 \text{ m}} \quad (39)$$

$$q = 233.34 \text{ w /m}$$

Temperatura Media:

$$\Delta T = \frac{147.90 + 40}{2} \quad (40)$$

$$\Delta T = 93.95 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Entonces:

$$K_{\text{aisl}} = 0.059160 + 0.000186 * 93.95 \quad (41)$$

$$K_{\text{aisl}} = 0.0766 \text{ w/(m}^\circ\text{C)}$$

De la ecuación de Fourier de conductividad térmica, para tubos cilíndricos:

$$\frac{D_{\text{ext\_aisl}}}{d_{\text{int\_aisl}}} = e^{\frac{2\pi * 0.0766 * (147.9 - 40)}{233.34}} \quad (43)$$

$$\frac{D_{\text{ext\_aisl}}}{d_{\text{int\_aisl}}} = 1.25$$

Resulta que el diámetro exterior de la tubería es igual a:

$$D_{\text{ext\_aisl}} = 1.25 * 141.2 \quad (44)$$

$$D_{\text{ext\_aisl}} = 176.5 \text{ mm}$$

Espesor del aislante térmico:

$$\delta_{\text{aisl}} = \frac{176.5 - 141.2}{2} \quad (45)$$

$$\delta_{\text{aisl}} = 17.65 \text{ mm}$$

Se redondea al valor inmediato superior comercial:  $\delta_{\text{aisl}} = 1$  pulgada.

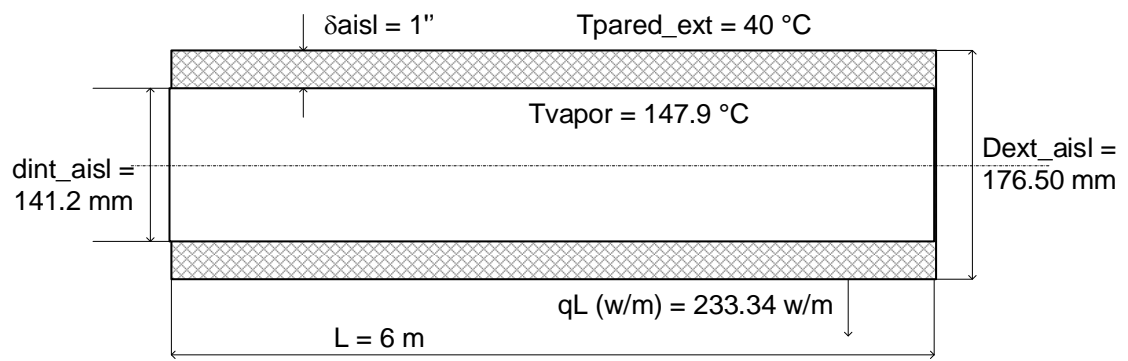


Figura 47: Tubería vapor (dn = 5") a Cocina con aislante térmico de lana mineral

Fuente: Elaboración Propia.

### Dimensionamiento vapor a Lavandería en Baja Presión

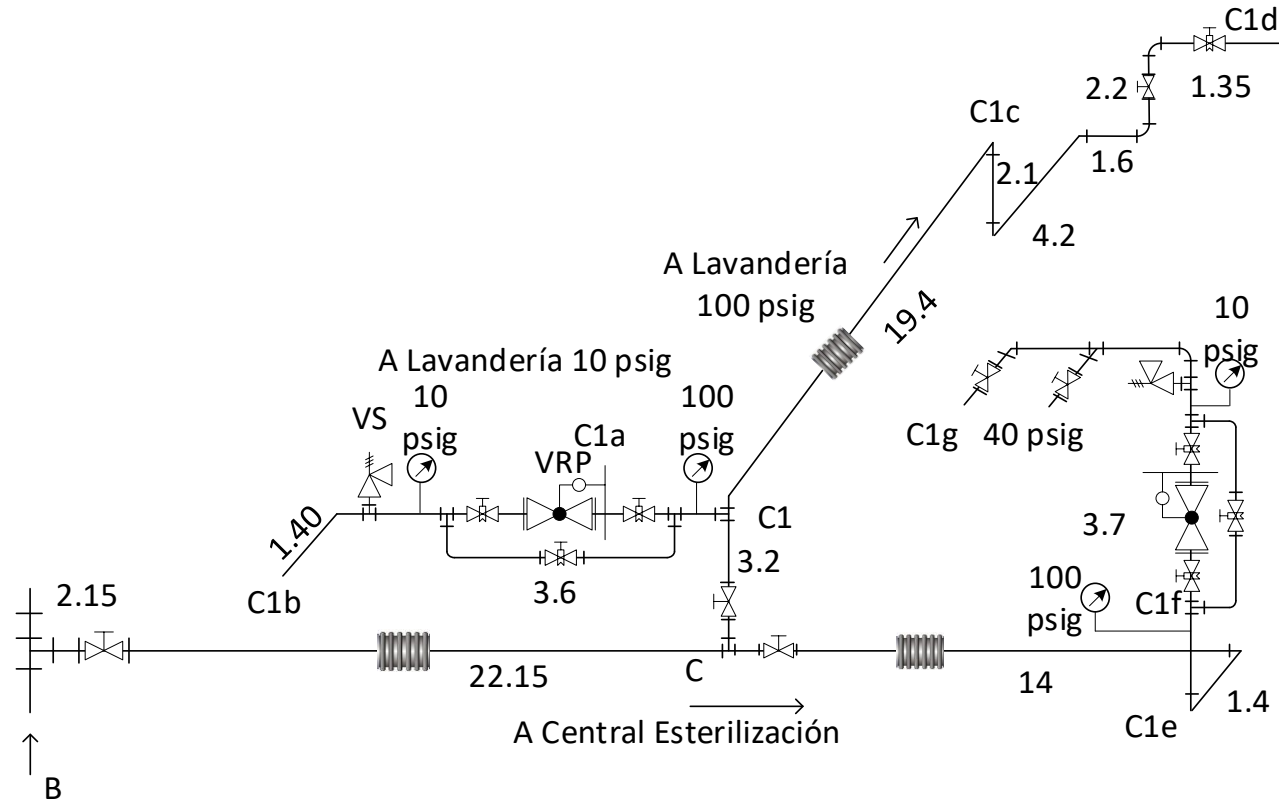


Figura 48: Esquema de Distribución de Vapor Saturado de la Central de Esterilización y Lavandería.

Fuente: Elaboración Propia.



## Dimensionamiento de tubería alimentación a Central de esterilización

### Tramo inicial BC:

Datos iniciales:

Presión del vapor: 7.8 bar

Densidad del vapor: 4.06 kg/m<sup>3</sup>

Flujos de vapor a transportar:

- A Central de esterilización: 92.30 kg/h = 0.0256 kg/s
- A Lavandería, a 100 psig (6.8 barg) = 763.20 kg/h = 0.212 kg/s
- A Lavandería, a 10 psig (0.638 barg) = 345.60 kg/h = 0.096 kg/s
- Velocidad inicial asumida en tubería: 20 m/s

Flujo total de vapor que debe transportar el tramo BC:

$$M_{V_{BC}} = 0.0256 + 0.212 + 0.096 = 0.3336 \text{ kg/s} = 1,200.96 \text{ kg/h}$$

Sección transversal necesaria de la tubería del tramo BC:

$$S_{t_{BC}} = \frac{0.3336}{(4.06 * 20)} \quad (18)$$

$$S_{t_{BC}} = 0.00411 \text{ m}^2$$

Siendo el diámetro interior necesario:

$$d_{int_{BC}} = \sqrt{\frac{4 * 0.00411}{\pi}} \quad (19)$$

$$d_{int_{BC}} = 0.0723 \text{ m} = 2.8'' = 3''$$

El tramo BC será de tubo acero ASTM A 53 con:

$$Dn = 3'', \text{ cédula 40, } d_{int} = 77.92 \text{ mm, } d_{ext} = 88.90 \text{ mm}$$

Sección transversal real de la tubería:

$$S_t = \frac{\pi}{4} * (0.07792)^2 \quad (10)$$

$$S_t = 0.00477 \text{ m}^2$$

Velocidad máxima del vapor en tubería de tramo BC:

$$U = \frac{0.3336}{(4.06 * 0.00477)} \quad (21)$$

$$U = 17.26 \text{ m/s}$$

### Pérdida de presión:

Flujo de vapor máximo = 1,200.96 kg/h = 0.3336 kg/s

- Sección transversal del tubo, dn = 3", cédula 40: 0.00477 m<sup>2</sup>
- Densidad del vapor = 4.06 kg/m<sup>3</sup>

Cálculo de coeficiente de pérdida de presión lineal,  $\lambda$ :

$$Re = \frac{17.26 \text{ m/s} * 0.07792 \text{ m/s}}{3.6 * 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}} \quad (32)$$

$$Re = 373,583$$

Utilizando la ecuación de Nikuradse:

$$\lambda = 0.0032 + 0.221 * 373,583^{-0.237} \quad (35)$$

$$\lambda = 0.01376$$

Pérdida de presión lineal en Tramo BC

$$\Delta_{pL_{BC}} [\text{Pa}] = 0.01376 * \frac{22.15}{0.07792} * \frac{17.26^2}{2} * 4.06 \quad (36)$$

$$\Delta_{pL_{BC}} [\text{Pa}] = 2365.48 \text{ Pa}$$

Pérdidas locales en tramo BC:

$$\sum h_l (\text{Pa}) = \frac{17.26^2 \left(\frac{\text{m}^2}{\text{s}^2}\right)}{2} * 4.06 \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right) * [2 * \xi_{Tee} + \xi_{Fuente} + \xi_{válv_{cpta}} + 2 * \xi_{brid}] \quad (37)$$

$$\sum h_l (\text{Pa}) = 2,999.57 \text{ Pa}$$

Pérdida de presión total en tramo BC:

$$\Delta_{pL_{BC}} + \sum h_{l_{BC}} = 2,365.48 + 2,999.57 = 5,365.05 \text{ Pa} = 0.05365 \text{ bar} (0.68 \%)$$

### Cálculo de aislamiento térmico:

Para el presente caso, se asume Eficiencia del aislamiento térmico: 99.70 %

Calor total del vapor:

$$Q_A = 2767.27 \text{ kJ/kg} * 0.3336 \text{ kg/s} \quad (9)$$

$$Q_A = 923.16 \text{ kW}$$

Calor perdido en tubería con aislamiento térmico:

$$Q_P = (1 - 0.9970) * 923.16 \quad (38)$$

$$Q_P = 2.77 \text{ kW}$$

Resulta la pérdida unitaria de calor en tubería con aislamiento térmico:

$$q = \frac{2.77 \text{ kW}}{22.15 \text{ m}} \quad (39)$$

$$q = 125.06 \text{ w /m}$$

Temperatura Promedio:

$$\Delta T = \frac{169.36 + 40}{2} \quad (40)$$

$$\Delta T = 104.68 \text{ °C}$$

Conductividad Térmica:

$$K_{aisl} = 0.059160 + 0.000186 * 104.68 \quad (41)$$

$$K_{aisl} = 0.078 \text{ w/(m*°C)}$$

De la ecuación de Fourier de conductividad térmica, para tubos cilíndricos:

$$\frac{D_{ext_{aisl}}}{d_{int_{aisl}}} = e^{\frac{2\pi * 0.078 * (169.36 - 40)}{125}} \quad (43)$$

$$\frac{D_{ext_{aisl}}}{d_{int_{aisl}}} = 1.66$$

Resulta que el diámetro exterior de la tubería es igual a:

$$D_{ext_{aisl}} = 1.66 * 88.90 \quad (44)$$

$$D_{ext_{aisl}} = 147.574 \text{ mm}$$

Espesor del aislante térmico:

$$\delta_{aisl} = \frac{147.574 - 88.90}{2} \quad (45)$$

$$\delta_{aisl} = 29.34 \text{ mm}$$

Se redondea al valor inmediato superior comercial:  $\delta_{\text{aisl}} = 1.5$  pulgadas.

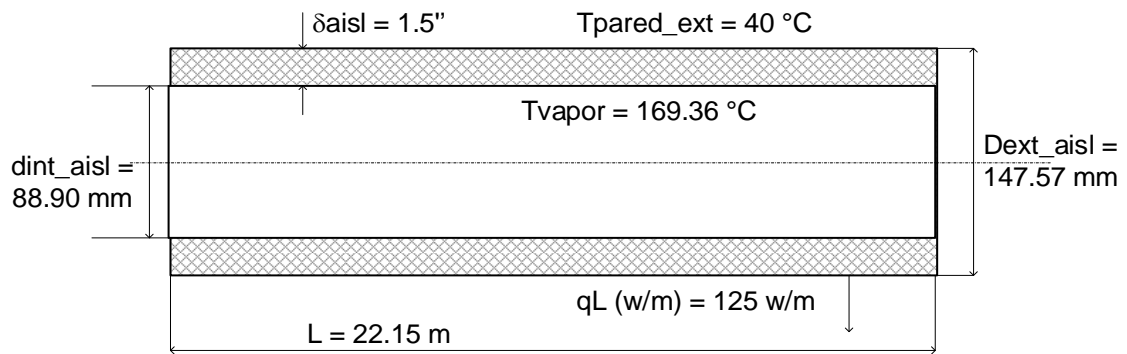


Figura 49: Tubería vapor (dn = 3') en Tramo BC con aislante térmico de lana mineral

Fuente: Elaboración Propia.

### Cálculo de absorción de dilatación térmica en tramo AB de alta presión

Se elige un solo punto fijo para los tubos, en este caso, en el punto B1 y dos puntos guía en los extremos de los tubos, al lado de los codos.

Dilatación del tramo BC:

$$\Delta L = 0.012 * 22.15 * (169.36 - 20) \quad (22)$$

$$\Delta L = 39.70 \text{ mm}$$

### Elasticidad en tramo BC:

En este caso, por su longitud, de 22.15 m y la elevada dilatación, de 39.70 mm, y para evitar fuerzas de dilatación importantes que puedan producir daño.

Por su buena elasticidad y facilidad de montaje, se elige instalar un fuelle de dilatación, con capacidad para absorber la dilatación del tramo.

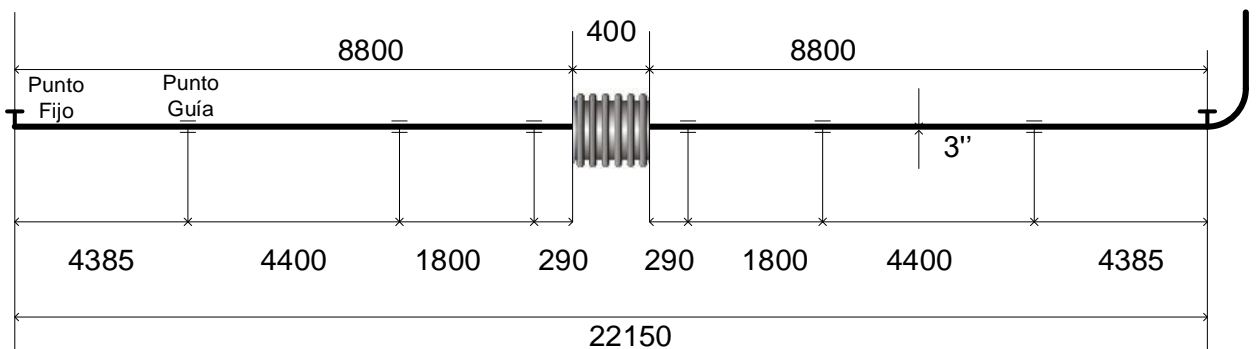
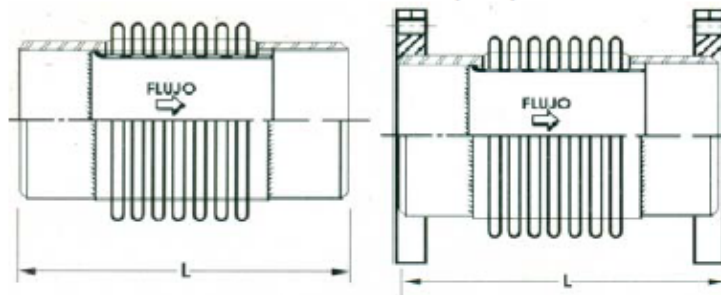


Figura 50: Esquema de montaje de junta de expansión axial tubería vapor a Central de Esterilización.

Fuente: Elaboración Propia.

### AXIAL SIMPLE (JEA)



Diámetro Nominal		JUNTAS DE EXPANSION AXIAL PARA ABSORVER DILATACIÓN EN mm					
		Longitud L con bridas			Longitud L con PPS		
Pulg.	mm	25	38	50	25	38	50
½"	15	185	235	380	175	225	370
¾"	20	190	240	385	180	230	375
1"	25	200	250	395	185	235	380
1 ¼"	32	205	255	400	190	240	385
1 ½"	40	210	260	405	195	245	390
2"	50	220	270	410	205	255	395
2 ½"	65	230	285	415	215	270	400
3"	80	235	285	415	215	270	400

Figura 51: Características de juntas de expansión axiales

Fuente: Dinatécnica.

Se elige, de tablas, el fuelle con extremos soldables del tipo axial simple, JEA, para  $dn = 3''$ : Carrera máxima = 50 mm > dilatación en proceso = 39.70 mm.

## Dimensionamiento de tubería de alimentación a Lavandería

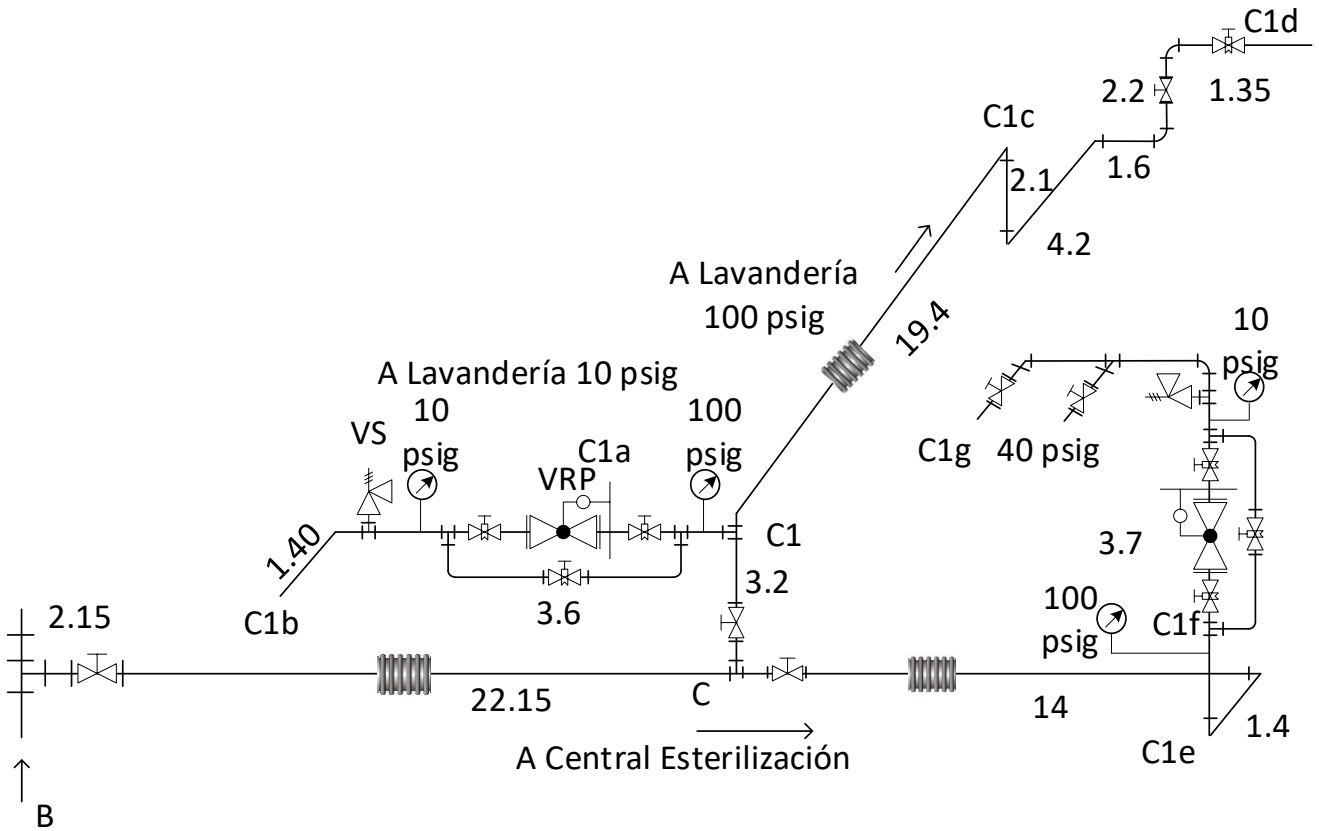


Figura 52: Red de Distribución de Vapor Saturado a central de esterilización y lavandería HRDT

Fuente: Elaboración Propia.

### Tramo principal CC1

Flujo total a transportar:  $763.20 + 345.60 = 1108.80 \text{ kg/h} = 0.308 \text{ kg/s}$

Presión del vapor: 7.8 barg

Densidad del vapor:  $4.06 \text{ kg/m}^3$ .

$U_{inicial}$ : 20 m/s

Sección transversal:

$$S_t = \frac{0.308}{4.06 * 20} \quad (18)$$

$$S_t = 0.003793 \text{ m}^2$$

Siendo el diámetro interior:

$$d_{int} = \sqrt{\frac{4 * 0.003793}{\pi}} \quad (19)$$

$$d_{int} = 0.0695 \text{ m} = 2.74'' \rightarrow \text{dn: } 3''$$

Será de tubo acero ASTM A 53 con:

$$D_n = 3'', \text{ cédula } 40.$$

$$d_{int} = 77.92 \text{ mm}$$

$$d_{ext} = 88.90 \text{ mm}$$

Sección transversal real de la tubería:

$$S_t = \frac{\pi}{4} * (0.077922)^2 \quad (10)$$

$$S_t = 0.00477 \text{ m}^2$$

Velocidad máxima del vapor en tubería de tramo BC:

$$U = \frac{0.308}{4.06 * 0.00477} \quad (21)$$

$$U = 15.904 \text{ m/s}$$



**Pérdida de presión en tramo:**

Longitud total de tramo recto: 3.20 m

**Cálculo de coeficiente de pérdida de presión lineal,  $\lambda$ :**

$$Re = \frac{15.904 \text{ m/s} * 0.07792 \text{ m/s}}{3.6 * 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}} \quad (32)$$

$$Re = 344,233$$

Utilizando la ecuación de Nikuradse:

$$\lambda = 0.0032 + 0.221 * 344,233^{-0.237} \quad (35)$$

$$\lambda = 0.014$$

Pérdida de presión lineal en Tramo C-C1

$$\Delta_{p_{L_{CC_1}}} [\text{Pa}] = 0.014 * \frac{3.20}{0.07792} * \frac{15.904^2}{2} * 4.06 \quad (36)$$

$$\Delta_{p_{L_{CC_1}}} [\text{Pa}] = 295.21 \text{ Pa}$$

**Pérdidas locales en tramo CC1:**

$$\sum h_l (\text{Pa}) = \frac{15.904^2 \left(\frac{\text{m}^2}{\text{s}^2}\right)}{2} * 4.06 \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right) * [2 * \xi_{Tee} + \xi_{válv_{cpta}} + 2 * \xi_{brid}] \quad (37)$$

$$\sum h_l (\text{Pa}) = \frac{15.904^2 \left(\frac{\text{m}^2}{\text{s}^2}\right)}{2} * 4.06 \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right) * [2 * 1.5 + 0.13 + 2 * 0.04]$$

$$\sum h_l (\text{Pa}) = 1,648 \text{ Pa}$$

Pérdida de presión total en tramo CC1:

$$\Delta_{p_{L_{CC_1}}} + \sum h_{l_{CC_1}} = 295.21 + 1648 = 1,943.21 \text{ Pa} = 0.0194 \text{ bar} (0.25 \%)$$

### Aislamiento térmico en tramo CC1

Para el presente caso, se asume Eficiencia del aislamiento térmico: 99.90 %

**Calor total del vapor:**

$$Q_c = 2767.27 \text{ kJ/kg} * 0.308 \text{ kg/s} \quad (9)$$

$$Q_c = 852.32 \text{ kW}$$

Calor perdido en tubería con aislamiento térmico:

$$Q_p = (1 - 0.9990) * 852.32 \quad (38)$$

$$Q_p = 0.852 \text{ kW}$$

Resulta la pérdida unitaria de calor en tubería con aislamiento térmico:

$$q = \frac{0.852 \text{ KW}}{3.2 \text{ m}} \quad (39)$$

$$q = 266.25 \text{ w /m}$$

Temperatura Promedio:

$$\Delta T = \frac{169.36 + 40}{2} \quad (40)$$

$$\Delta T = 104.68 \text{ °C}$$

Conductividad Térmica:

$$K_{aisl} = 0.059160 + 0.000186 * 104.68 \quad (41)$$

$$K_{aisl} = 0.078 \text{ w/(m*°C)}$$

De la ecuación de Fourier de conductividad térmica, para tubos cilíndricos:

$$\frac{D_{ext_{aisl}}}{d_{int_{aisl}}} = e^{\frac{2\pi * 0.078 * (169.36 - 40)}{266}} \quad (43)$$

$$\frac{D_{ext_{aisl}}}{d_{int_{aisl}}} = 1.27$$

Resulta que el diámetro exterior de la tubería es igual a:

$$D_{ext_{aisl}} = 1.27 * 88.90 \quad (44)$$

$$D_{ext_{aisl}} = 112.903 \text{ mm}$$

Espesor del aislante térmico:

$$\delta_{aisl} = \frac{112.903 - 88.90}{2} \quad (45)$$

$$\delta_{aisl} = 12.00 \text{ mm} = 0.5''$$

Se redondea al valor inmediato superior comercial:  $\delta_{\text{aisl}} = 1.5$  pulgadas, para ser de espesor uniforme con la tubería de 3”.

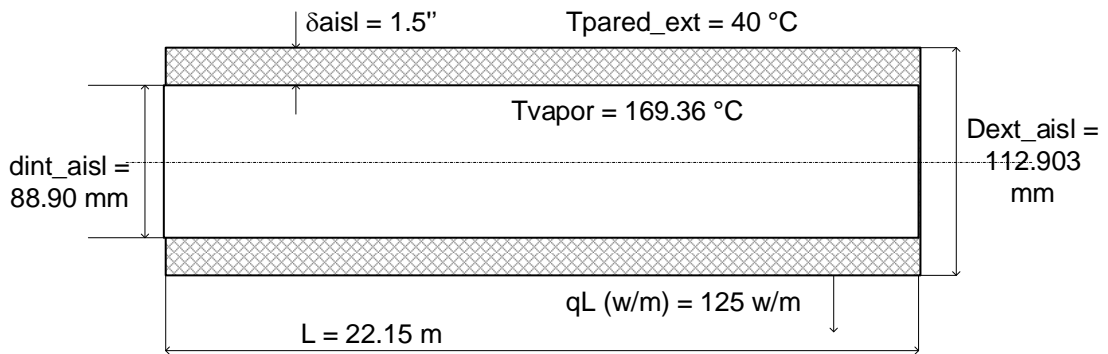


Figura 53: Tubería vapor ( $d_n = 3''$ ) en Tramo CC<sub>1</sub> con aislante térmico de lana mineral.

Fuente: Elaboración Propia.

## Dimensionamiento vapor a Lavandería en Baja Presión

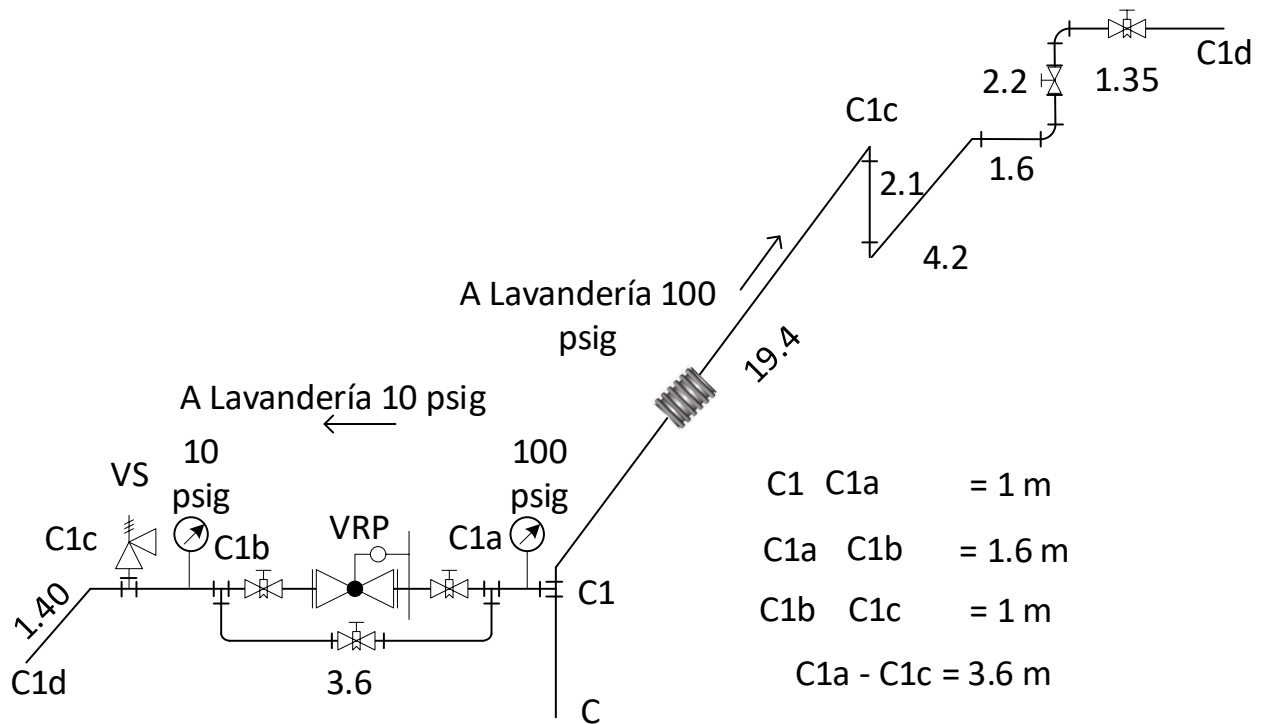


Figura 54: Red de Distribución de Vapor Saturado a Lavandería HRDT.

Fuente: Elaboración Propia.

### Dimensionamiento de Tramo inicial C1-C1a

Flujo de vapor en 100 psig (6.8 barg): 345.60 kg/h = 0.096 kg/s

Densidad del vapor: 4.06 kg/m<sup>3</sup> (1.68 bar\_abs,  $t_v = 169.36^\circ\text{C}$ )

Velocidad del vapor: 20 m/s

Sección transversal:

$$S_t = \frac{0.096}{4.06 * 20} \quad (18)$$

$$S_t = 0.00118 \text{ m}^2$$

Siendo el diámetro interior:

$$d_{int} = \sqrt{\frac{4 * 0.00118}{\pi}} \quad (19)$$

$$d_{int} = 0.038 \text{ m} = 1.53'' \rightarrow \text{dn: } 1.5''$$

Será de tubo acero ASTM A 53 con:

$$D_n = 1.5'', \text{ cédula } 40.$$

$$d_{int} = 40.94 \text{ mm}$$

$$d_{ext} = 48.94 \text{ mm}$$

Sección transversal real de la tubería:

$$S_t = \frac{\pi}{4} * (0.04094)^2 \quad (10)$$

$$S_t = 0.00132 \text{ m}^2$$

Velocidad máxima del vapor en tubería de tramo BC:

$$U = \frac{0.096}{4.06 * 0.00132} \quad (21)$$

$$U = 17.92 \text{ m/s}$$

### Pérdida de presión en tramo:

Longitud total de tramo recto: 1 m

### Cálculo de coeficiente de pérdida de presión lineal, $\lambda$ :

$$Re = \frac{17.92 \text{ m/s} * 0.04094 \text{ m/s}}{3.6 * 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}} \quad (32)$$

$$Re = 203,790$$

Utilizando la ecuación de Nikuradse:

$$\lambda = 0.0032 + 0.221 * 203.790^{-0.237} \quad (35)$$

$$\lambda = 0.0154$$

Pérdida de presión lineal en Tramo C-C1

$$\Delta_{pL_{CC_1}} [\text{Pa}] = 0.0154 * \frac{1}{0.07792} * \frac{17.92^2}{2} * 4.06 \quad (36)$$

$$\Delta_{pL_{CC_1}} [\text{Pa}] = 128.84 \text{ Pa}$$

### Pérdidas locales en tramo CC1:

$$\sum h_l (\text{Pa}) = \frac{15.904^2 \left(\frac{\text{m}^2}{\text{s}^2}\right)}{2} * 4.06 \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right) * [2 * \xi_{Tee} + \xi_{válv\_cpta} + 2 * \xi_{brid}] \quad (37)$$

$$\sum h_l (\text{Pa}) = \frac{17.92^2 \left(\frac{\text{m}^2}{\text{s}^2}\right)}{2} * 4.06 \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right) * [2 * 1.5 + 0.13 + 2 * 0.04]$$

$$\sum h_l (\text{Pa}) = 2092.55 \text{ Pa}$$

Pérdida de presión total en tramo CC1:

$$\Delta_{pL_{CC_1}} + \sum h_{l_{CC_1}} = 128.84 + 2092.55 = 2,221.39 \text{ Pa} = 0.022 \text{ bar} (0.282 \%)$$

## Cálculo del lado de baja presión tubería vapor a Lavandería

Presión del vapor: 10 psig, la que se logra con una válvula reductora de presión.

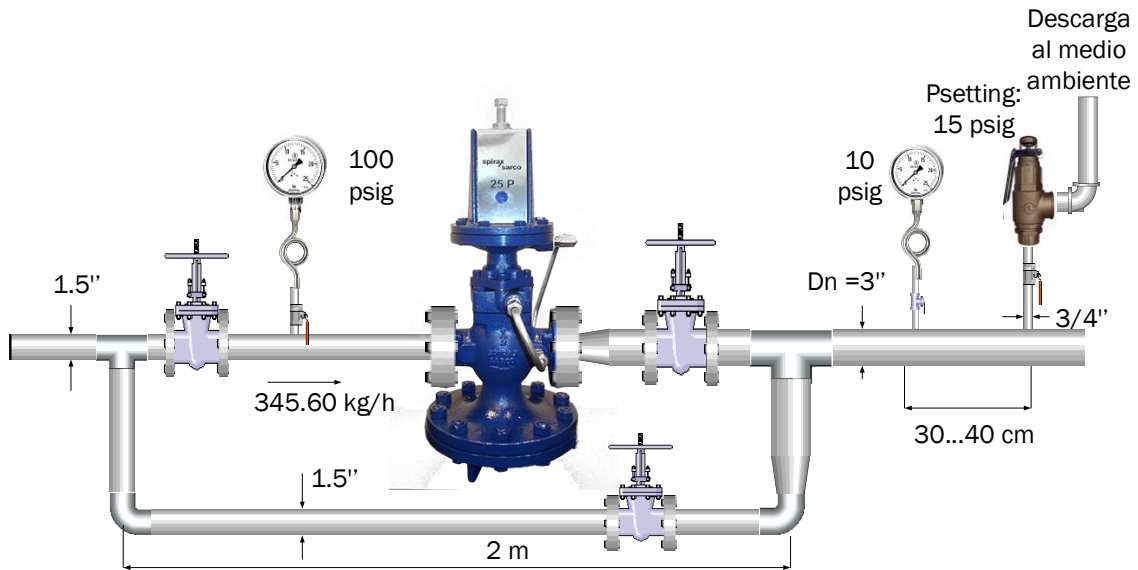


Figura 55: Dimensionamiento de válvula reductora de presión de vapor a Lavandería.

Fuente: Elaboración Propia.

En el presente caso:

$p_1 = 100 \text{ psig} = 7.8 \text{ bar absolutos}$ ,  $v_1 = 0.2462 \text{ m}^3/\text{kg} = 246.20 \text{ dm}^3/\text{kg}$

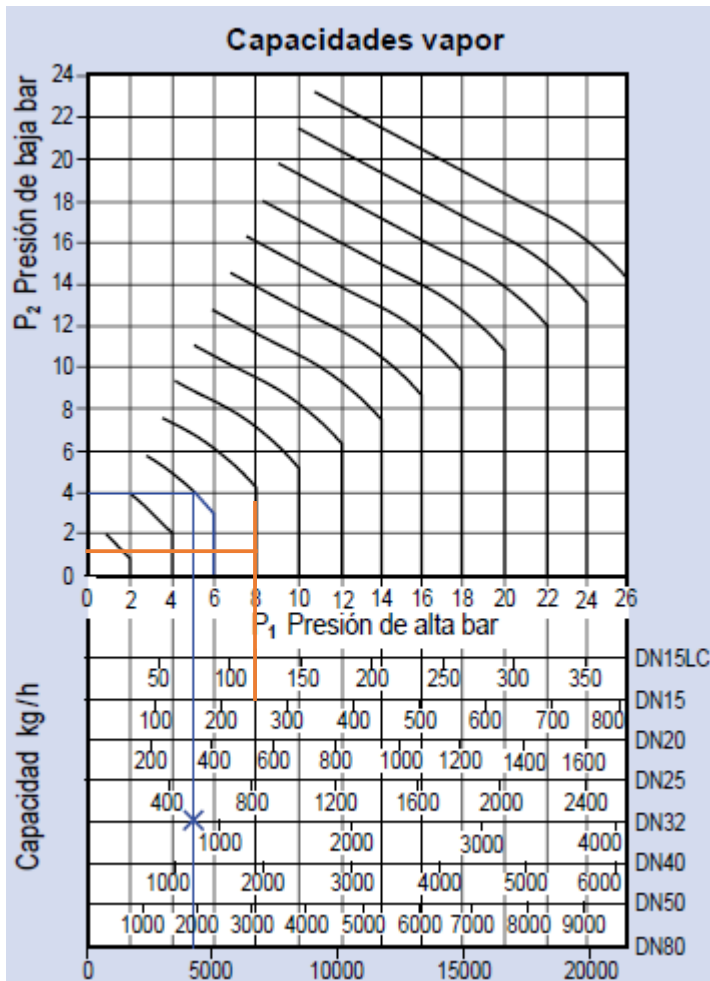
$p_2 = 10 \text{ psig} = 1.68 \text{ bar absolutos} \rightarrow v_2 = 1.04266 \text{ m}^3/\text{kg} = 104.266 \text{ dm}^3/\text{kg}$

Caída de presión en válvula reductora de presión:

$$\Delta p = 7.8 - 1.68 = 6.12 > \frac{7.8}{2} \text{ (3.9 bar)}$$

$$\rightarrow K_v = \frac{345.60 \frac{\text{kg}}{\text{h}}}{1004} * \sqrt{\frac{246.20 + 104.266}{7.8}} \quad (47)$$

$$\rightarrow K_v = 2.30$$

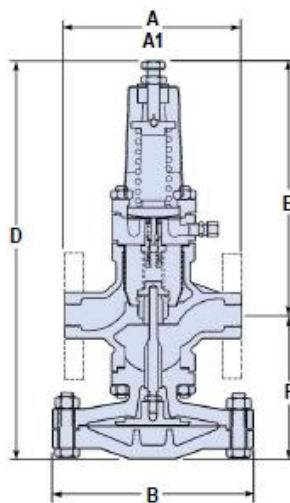


### Valores de Kvs

DN15LC	DN15	DN20	DN25	DN32	DN40	DN50	DN80
1,0	2,8	5,5	8,1	12,0	17,0	28,0	64,0

Para conversión  $C_v (UK) = K_v \times 0,97$        $C_v (US) = K_v \times 1,17$

De la tabla: se elige con coeficiente de válvula igual 5.5, con dn = 20 mm,  $mv_n = 550 \text{ kg/h} > 345.60 \text{ kg/h}$



#### DP17

Tamaño	Roscas PN16/25		ANSI 150		ANSI 300		Peso kg			
	A	A1	A1	A1	B	D	E	F	Roscas	Bridas
DN15LC	160	130	120,2	126,6	185	364	234	130	12	12,8
DN15	160	130	120,2	126,6	185	364	234	130	12	12,8
DN20	160	150	139,4	-	185	364	234	130	12	13,7
DN25	180	160	160,0	160,0	207	388	240	148	13	16,0
DN32	-	180	176,0	180,0	207	388	240	148	-	17,0
DN40	-	200	199,0	200,0	255	433	255	178	-	29,0
DN50	-	230	228,0	230,0	255	433	255	178	-	31,5



### Cálculo de tubería vapor salida de válvula reductora de presión.

Se tiene:

- Flujo de vapor = 345.60 kg/s = 0.096 kg/s
- Presión absoluta del vapor: 10/14.7 + 1 = 1.68 bar
- Temperatura del vapor en baja presión: 147.90 °C
- Densidad del vapor a 1.8 bar: 0.87 kg/m<sup>3</sup>
- Velocidad del vapor: se asume inicialmente 20 m/s

Sección transversal del tubo en baja presión:

$$S_t = \frac{0.096 \frac{\text{kg}}{\text{s}}}{20 \frac{\text{m}}{\text{s}} * 0.87 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} \quad (18)$$

$$S_t = 0.00552 \text{ m}^2$$

Diámetro interior necesario del tubo vapor en baja presión:

$$d_{int} = \sqrt{\frac{4 * 0.00552}{\pi}} \quad (19)$$

$$d_{int} = 0.084 \text{ m} = 3.3''$$

Se elige tubo de acero al carbono, sin costura, ASTM A 53:

Nr. de Cédula: 40

Dn = 5''

Dint = 128.27 mm

Dext = 141.2

Siendo su sección transversal, S<sub>5''</sub>:

$$S_{5''} = \frac{\pi}{4} * 0.128^2 \quad (10)$$

$$S_{5''} = 0.013 \text{ m}^2$$

Velocidad máxima en tubo de 5'':

$$U_v = \frac{0.254 \frac{\text{kg}}{\text{s}}}{0.87 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 0.013 \text{ m}^2} \quad (21)$$

$$U_v = 22.46 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

### Cálculo del Lado de Alta Presión Tubería Vapor a Lavandería

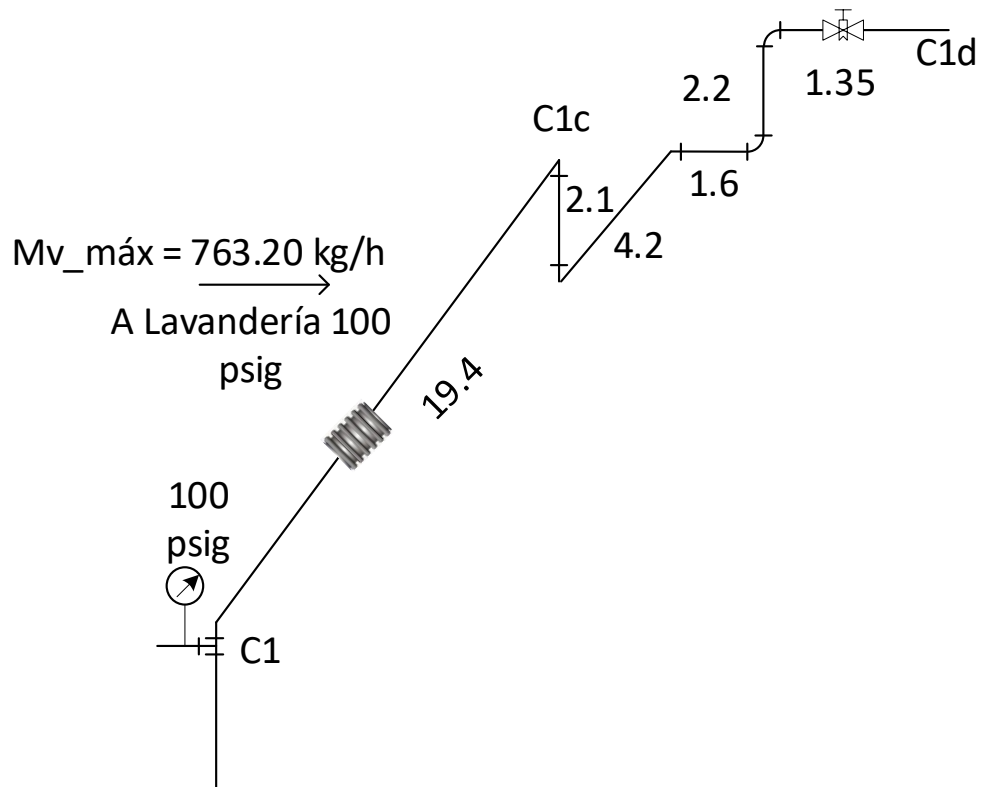


Figura 56: Red de distribución de vapor saturado en 100 psig a lavandería HRDT.

Fuente: Elaboración Propia.

Sección transversal necesaria de la tubería del tramo:

$$S_t = \frac{0.212}{(4.06 \cdot 20)} \quad (18)$$

$$S_t = 0.00261 \text{ m}^2$$

Siendo el diámetro interior necesario:

$$d_{int} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0.00261}{\pi}} \quad (19)$$

$$d_{int} = 0.00576 \text{ m} = 2.26'' = 2.5''$$

El tramo BC será de tubo acero ASTM A 53 con:

$$D_n = 2.5'', \text{ cédula } 40, d_{int} = 62.68 \text{ mm}, d_{ext} = 73 \text{ mm}$$

Sección transversal real de la tubería:

$$S_t = \frac{\pi}{4} \cdot (0.06268)^2 \quad (10)$$

$$S_t = 0.0031 \text{ m}^2$$

Velocidad máxima del vapor en tubería de tramo:

$$U = \frac{0.212}{(4.06 * 0.00031)} \quad (21)$$

$$U = 16.84 \text{ m/s}$$

### Pérdida de presión:

Longitud total de tramo recto: 30.85 m

Cálculo de coeficiente de pérdida de presión lineal,  $\lambda$ :

$$Re = \frac{16.84 \text{ m/s} * 0.06268 \text{ m/s}}{3.6 * 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}} \quad (32)$$

$$Re = 293,203$$

Utilizando la ecuación de Nikuradse:

$$\lambda = 0.0032 + 0.221 * 293,203^{-0.237} \quad (35)$$

$$\lambda = 0.0143$$

Pérdida de presión lineal tubería de alta presión:

$$\Delta_{pL} [\text{Pa}] = 0.0143 * \frac{22.15}{0.07792} * \frac{17.26^2}{2} * 4.06 \quad (36)$$

$$\Delta_{pL\_BC} [\text{Pa}] = 4,051.75 \text{ Pa}$$

Pérdidas locales en tramo:

$$\sum h_l (\text{Pa}) = \frac{16.84^2 \left(\frac{\text{m}^2}{\text{s}^2}\right)}{2} * 4.06 \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right) * [6 * \xi_{codos} + \xi_{fuelle} + \xi_{válv\_cpta} + 2 * \xi_{brid}] \quad (37)$$

$$\sum h_l (\text{Pa}) = 2,573 \text{ Pa}$$

Pérdida de presión total en tramo CC1:

$$\Delta_{pL\_BC} + \sum h_{L\_BC} = 4,051.75 + 2,573 = 6,624.75 \text{ Pa} = 0.066 \text{ bar} (0.85 \%)$$

### Cálculo de aislamiento térmico:

Para el presente caso, se asume Eficiencia del aislamiento térmico: 99.50 %

Calor total del vapor:

$$Q_A = 2767.27 \text{ kJ/kg} * 0.212 \text{ kg/s} \quad (9)$$

$$Q_A = 586.66 \text{ kW}$$

Calor perdido en tubería con aislamiento térmico:

$$Q_P = (1 - 0.9950) * 586.66 \quad (38)$$

$$Q_P = 2.94 \text{ kW}$$

Resulta la pérdida unitaria de calor en tubería con aislamiento térmico:

$$q = \frac{2.94 \text{ KW}}{30.85 \text{ m}} \quad (39)$$

$$q = 95.30 \text{ w/m}$$

Temperatura Promedio:

$$\Delta T = \frac{169.36 + 40}{2} \quad (40)$$

$$\Delta T = 104.68 \text{ }^\circ\text{C}$$

Conductividad Térmica:

$$K_{aisl} = 0.059160 + 0.000186 * 104.68 \quad (41)$$

$$K_{aisl} = 0.078 \text{ w/(m}^\circ\text{C)}$$

De la ecuación de Fourier de conductividad térmica, para tubos cilíndricos:

$$\frac{D_{ext_{aisl}}}{d_{int_{aisl}}} = e^{\frac{2\pi * 0.078 * (169.36 - 40)}{95.30}} \quad (43)$$

$$\frac{D_{ext_{aisl}}}{d_{int_{aisl}}} = 1.95$$

Resulta que el diámetro exterior de la tubería es igual a:

$$D_{ext_{aisl}} = 1.95 * 73 \quad (44)$$

$$D_{ext_{aisl}} = 142.35 \text{ mm}$$

Espesor del aislante térmico:

$$\delta_{aisl} = \frac{142.35 - 73}{2} \quad (45)$$

$$\delta_{aisl} = 34.675 \text{ mm} = 1.365''$$

Se redondea al valor inmediato superior comercial:  $\delta_{aisl} = 1.5$  pulgadas.

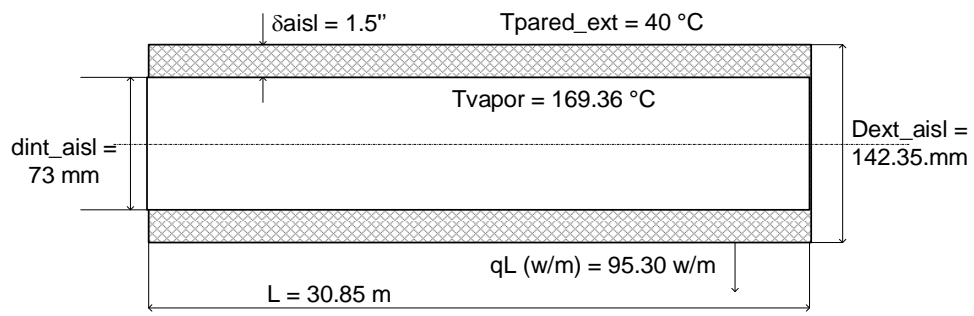


Figura 57: Tubería vapor (dn = 2.5") en Tramo C1C<sub>1d</sub> con aislante térmico de lana mineral.

Fuente: Elaboración Propia.

## Dimensionamiento de tubería de vapor a Central de Esterilización

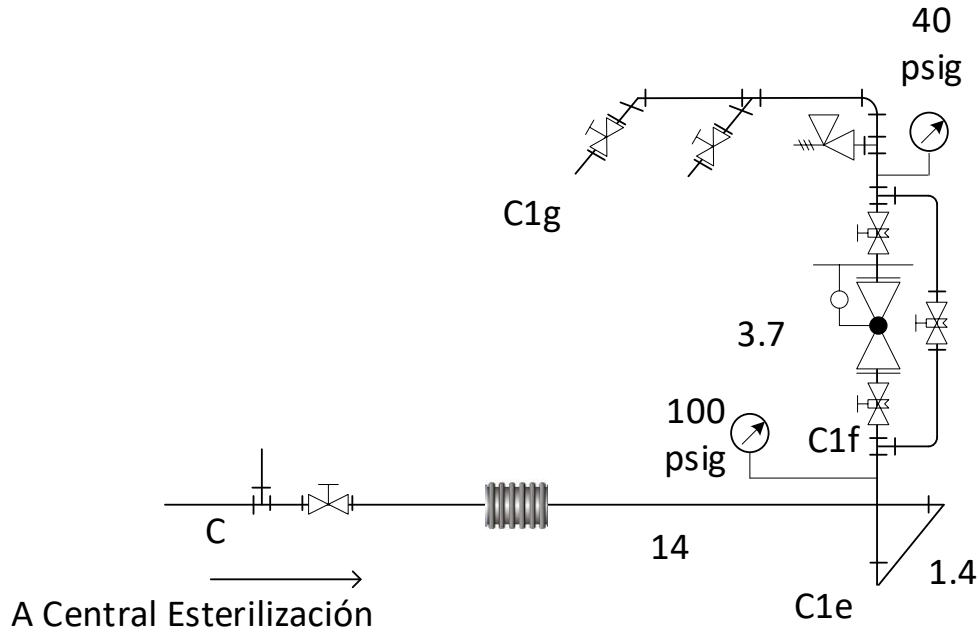


Figura 58: red de distribución de vapor saturado a central de esterilización.

Fuente: Elaboración Propia.

### Tubería C-C1eC1f (en alta presión, 100 psig)

Flujo de vapor: 92.30 kg/h = 0.0256 kg/s

Sección transversal necesaria de la tubería del tramo:

$$S_t = \frac{0.256}{(4.06 \cdot 20)} \quad (18)$$

$$S_t = 0.0003153 \text{ m}^2$$

Siendo el diámetro interior necesario:

$$d_{int} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0.0003153}{\pi}} \quad (19)$$

$$d_{int} = 0.020 \text{ m} = 2.78'' = 1''$$

El tramo BC será de tubo acero ASTM A 53 con:

$$D_n = 1'', \text{ cédula } 40, d_{int} = 26.64 \text{ mm}, d_{ext} = 33.40 \text{ mm}$$

Sección transversal real de la tubería:

$$S_t = \frac{\pi}{4} * (0.02664)^2 \quad (10)$$

$$S_t = 0.000557 \text{ m}^2$$

Velocidad máxima del vapor en tubería de tramo BC:

$$U = \frac{0.256}{(4.06 * 0.000557)} \quad (21)$$

$$U = 11.32 \text{ m/s}$$

**Pérdida de presión:**

Longitud total de tramo recto: 16.40 m

Cálculo de coeficiente de pérdida de presión lineal,  $\lambda$ :

$$Re = \frac{11.32 \text{ m/s} * 0.02664 \text{ m/s}}{3.6 * 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}} \quad (32)$$

$$Re = 83,768$$

Utilizando la ecuación de Nikuradse:

$$\lambda = 0.0032 + 0.221 * 83,768^{-0.237} \quad (35)$$

$$\lambda = 0.0183$$

Pérdida de presión lineal tubería de alta presión:

$$\Delta_{pL} [\text{Pa}] = 0.0183 * \frac{16.40}{0.02664} * \frac{11.32^2}{2} * 4.06 \quad (36)$$

$$\Delta_{pL\_BC} [\text{Pa}] = 2930 \text{ Pa}$$

Pérdidas locales en tramo:

$$\sum h_l (\text{Pa}) = \frac{11.32^2 \left(\frac{\text{m}^2}{\text{s}^2}\right)}{2} * 4.06 \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right) * \left[ 2 * \xi_{\text{codos}} + \xi_{\text{fuelle}} + \xi_{\text{válv\_cpta}} + 2 * \xi_{\text{brid}} \right] \quad (37)$$

$$\sum h_l (\text{Pa}) = 684 \text{ Pa}$$

Pérdida de presión total en tramo CC1:

$$\Delta_{pL\_BC} + \sum h_{L\_BC} = 2930 + 684 = 3614 \text{ Pa} = 0.03614 \text{ bar} (0.46 \%)$$

### Cálculo de aislamiento térmico:

Para el presente caso, por la poca potencia térmica a transportar y el diámetro pequeño de la tubería (1") se le aplica el espesor comercial más pequeño: 1" y se evalúan sus parámetros:

Calor total del vapor:

$$Q = 2767.27 \text{ kJ/kg} * 0.0256 \text{ kg/s} \quad (9)$$

$$Q = 70.84 \text{ kW}$$

Calor perdido en tubería con aislamiento térmico:

$$\eta_{ais} = 1 - \frac{0.94644}{70.84} \quad (14)$$

$$\eta_{ais} = 98.66 \%$$

Temperatura Promedio:

$$\Delta T = \frac{169.36 + 40}{2} \quad (40)$$

$$\Delta T = 104.68 \text{ }^\circ\text{C}$$

Conductividad Térmica:

$$K_{aisl} = 0.059160 + 0.000186 * 104.68 \quad (41)$$

$$K_{aisl} = 0.078 \text{ w/(m}^\circ\text{C)}$$

De la ecuación de Fourier de conductividad térmica, para tubos cilíndricos:

$$q_{AB} \left( \frac{\text{w}}{\text{m}} \right) = \frac{2 * \pi * 0.078 * (169.36 - 40)}{\ln \left( \frac{100.2}{33.40} \right)} \quad (42)$$

$$q_{AB} \left( \frac{\text{W}}{\text{m}} \right) = 57.71 \text{ w/m}$$

Se redondea al valor inmediato superior comercial:  $\delta_{aisl} = 1.5$  pulgadas, para ser de espesor uniforme con la tubería de 3".



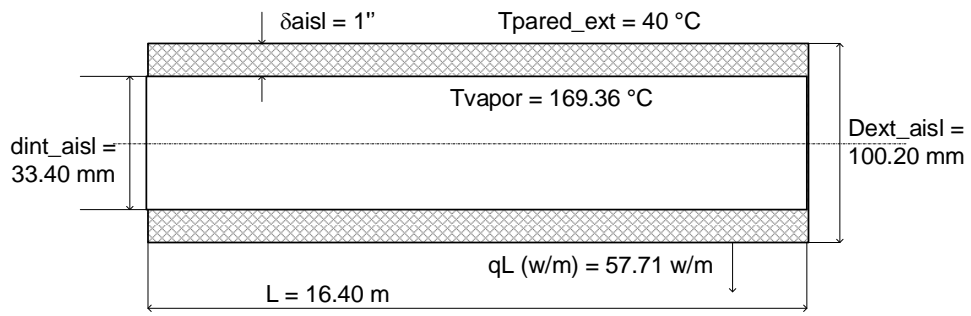


Figura 59: Tubería vapor (dn = 3") en Tramo C1C<sub>1d</sub> con aislante térmico de lana mineral.

Fuente: Elaboración Propia.

## Dimensionamiento de tubería de vapor a Central de Esterilización a Consumidores

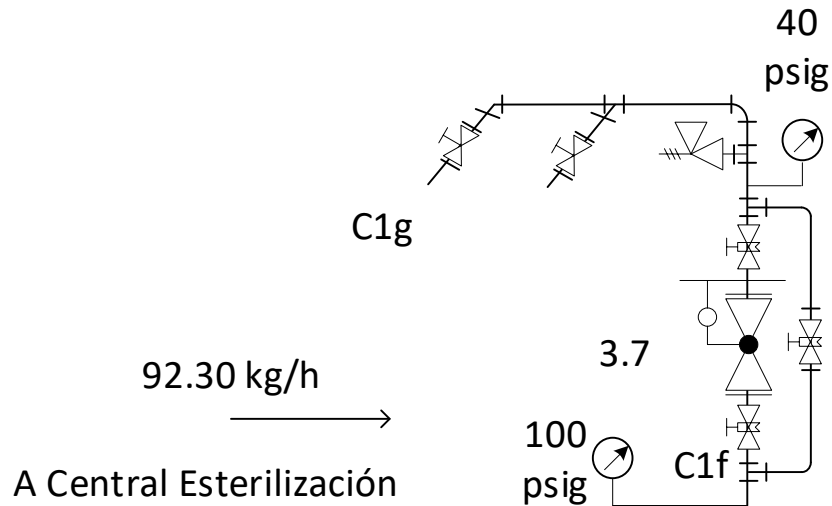


Figura 60: Dimensionamiento de tubería de vapor a Central de Esterilización en Baja Presión.

Fuente: Elaboración Propia.

Presión del vapor: 40 psig = 3.72 bar absolutos; la que se logra con una válvula reductora de presión.

Temperatura del vapor: 155.40 °C

Densidad del vapor = 1.94 kg/m<sup>3</sup>

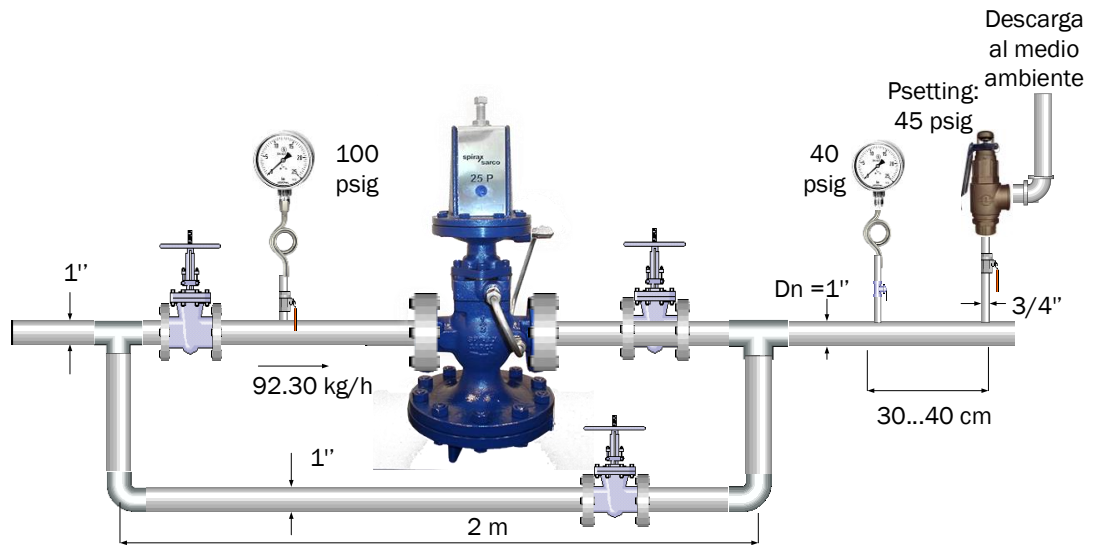


Figura 61: Dimensionamiento de la válvula reductora de presión de vapor para Central de Esterilización.

Fuente: Elaboración Propia.

En el presente caso:

$$p_1 = 100 \text{ psig} = 7.8 \text{ bar absolutos}, v_1 = 0.2462 \text{ m}^3/\text{kg} = 246.20 \text{ dm}^3/\text{kg}$$

$$p_2 = 40 \text{ psig} = 3.72 \text{ bar absolutos} \rightarrow v_2 = 0.5154 \text{ m}^3/\text{kg} = 515.4 \text{ dm}^3/\text{kg}$$

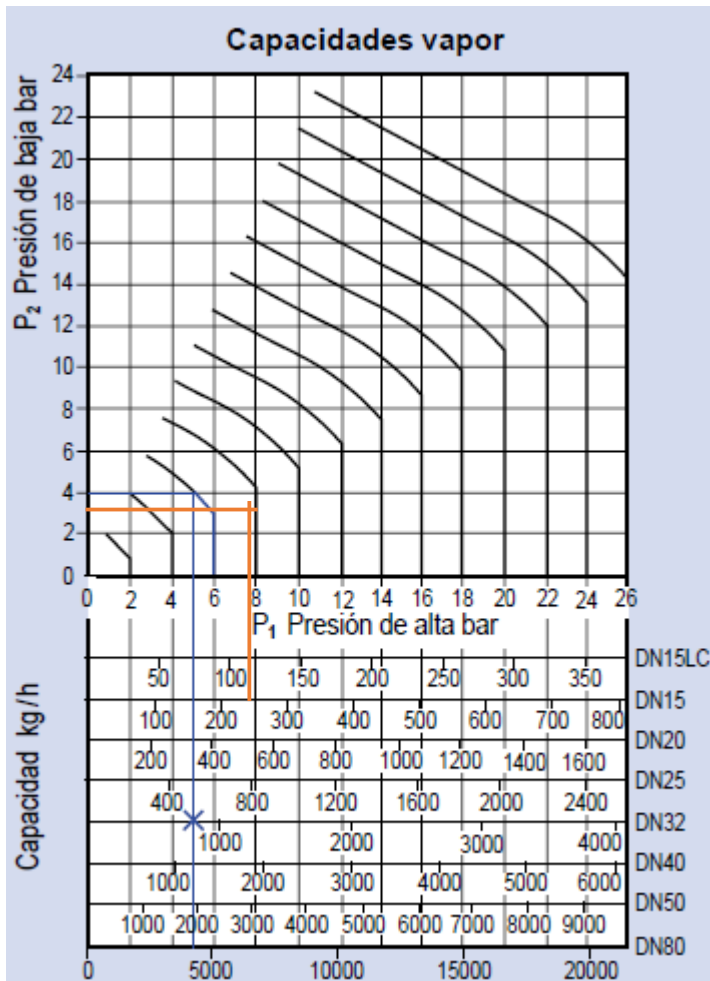
Caída de presión en válvula reductora de presión:

$$\Delta p = 7.8 - 3.72 = 4.08 > \frac{7.8}{2} \text{ (3.9 bar)}$$

Coeficiente de válvula de la válvula reductora de presión de vapor:

$$\rightarrow K_v = \frac{92.30 \frac{\text{kg}}{\text{h}}}{1004} * \sqrt{\frac{246.20 + 515.4}{7.8}} \quad (47)$$

$$\rightarrow K_v = 0.91$$



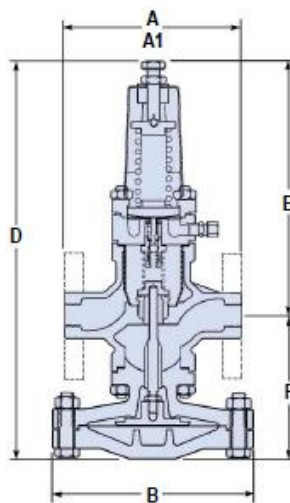
### Valores de Kvs

DN15LC	DN15	DN20	DN25	DN32	DN40	DN50	DN80
1,0	2,8	5,5	8,1	12,0	17,0	28,0	64,0

Para conversión  $C_v (UK) = K_v \times 0,97$

$C_v (US) = K_v \times 1,17$

De la tabla: se elige con coeficiente de válvula igual 1, con dn = 15 LC, mv\_n = 120 kg/h > 92.30 kg/h



#### DP17

Tamaño	Roscas PN16/25		ANSI 150		ANSI 300		Peso kg				
	A	A1	A1	A1	B	D	E	F	Roscas	Bridas	
DN15LC	160	130	120,2	126,6	185	364	234	130	12	12,8	
DN15	160	130	120,2	126,6	185	364	234	130	12	12,8	
DN20	160	150	139,4	-	185	364	234	130	12	13,7	
DN25	180	160	160,0	160,0	207	388	240	148	13	16,0	
DN32	-	180	176,0	180,0	207	388	240	148	-	17,0	
DN40	-	200	199,0	200,0	255	433	255	178	-	29,0	
DN50	-	230	228,0	230,0	255	433	255	178	-	31,5	

### Cálculo de tubería vapor salida de válvula reductora de presión.

Se tiene:

- Flujo de vapor = 92.30 kg/s = 0.0256 kg/s
- Presión absoluta del vapor: 3.72 bar
- Temperatura del vapor en baja presión: 155.40 °C
- Densidad del vapor a 3.72 bar: 1.94 kg/m<sup>3</sup>
- Velocidad del vapor: se asume inicialmente 20 m/s

#### Sección transversal del tubo en baja presión:

$$S_t = \frac{0.0256 \frac{\text{kg}}{\text{s}}}{20 \frac{\text{m}}{\text{s}} * 1.94 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} \quad (18)$$

$$S_t = 0.00066 \text{ m}^2$$

Diámetro interior necesario del tubo vapor en baja presión:

$$d_{int} = \sqrt{\frac{4 * 0.00066}{\pi}} \quad (19)$$

$$d_{int} = 0.029 \text{ m} = 1.14''$$

Se elige tubo de acero al carbono, sin costura, ASTM A 53:

Nr. de Cédula: 40

Dn = 1.5''

Dint = 40.94 mm

Dext = 48.30 mm

Siendo su sección transversal, real S5'':

$$S_{5''} = \frac{\pi}{4} * 0.04830^2 \quad (10)$$

$$S_{5''} = 0.00183 \text{ m}^2$$

Velocidad máxima en tubo de 1.5'':

$$U_v = \frac{0.0256 \frac{\text{kg}}{\text{s}}}{1.94 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 0.00183 \text{ m}^2} \quad (21)$$

$$U_v = 7.21 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

## 4.5 Determinación nueva capacidad y eficiencia de la red de vapor:

### 4.5.1 Nueva capacidad de red de vapor:

Con los resultados de los cálculos realizados en función de la demanda futura:

Flujo vapor proyectados:

A Cocina: 1333.44 kg/h                      Actual: 914.40 kg/h

A Central de esterilización: 92.30 kg/h                      Actual: 92.30 kg/h

A Lavandería en Baja Presión: 345.60 kg/h                      Actual: 288

A Lavandería en Alta Presión: 763.20 kg/h                      Actual: 543.60

- Flujo total de vapor proyectado: 2,534.504 kg/h
- Flujo total de vapor actual: 1,838.30 kg/h

Incremento de capacidad de transporte de vapor por rediseño de red:

$$\Delta mv = mv_{\text{actual}} - mv_{\text{proyectado}} = 2\,534.504 - 1\,838.30 = 696.204 \text{ kg/h}$$

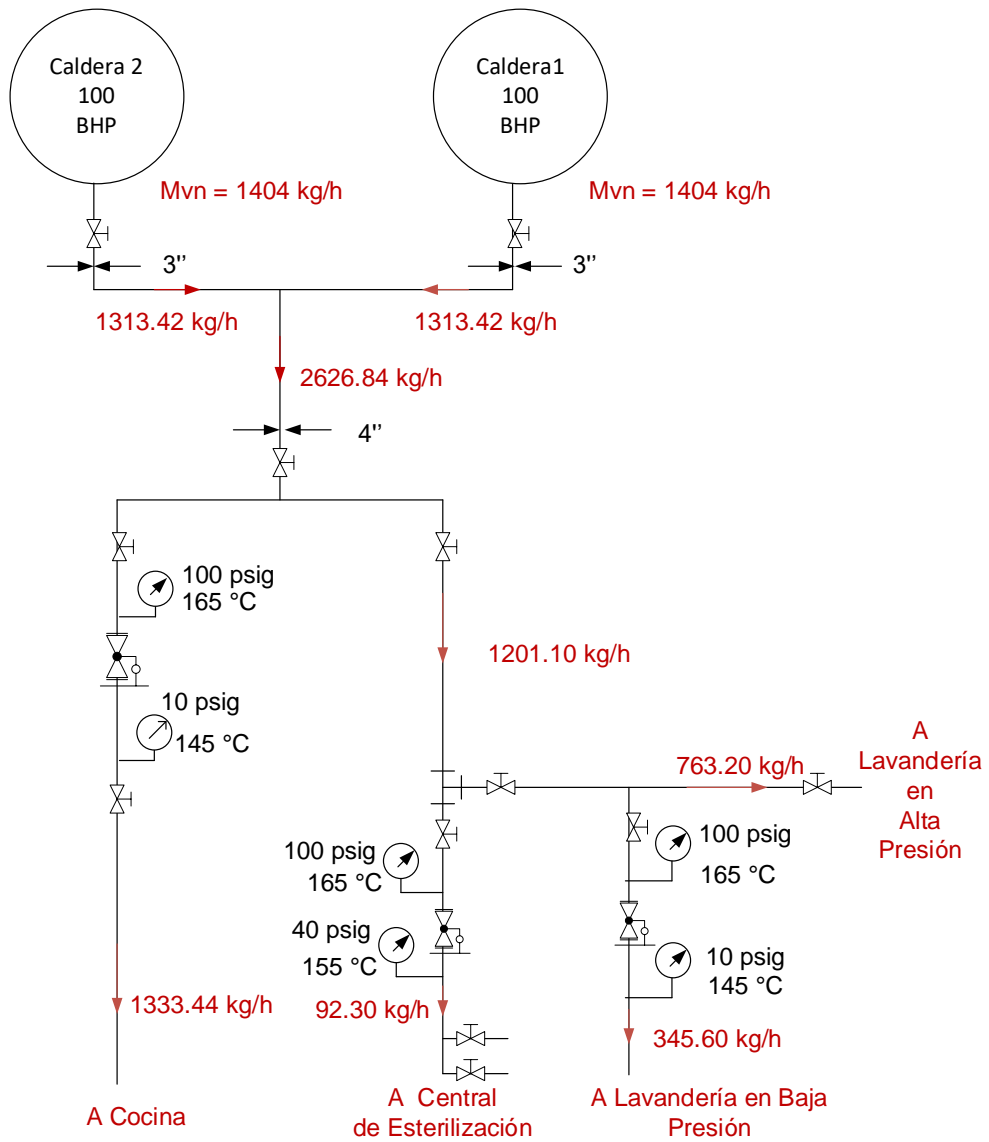


Figura 62: Capacidad de red y de tramos de vapor por Rediseño.

Fuente: Elaboración Propia.

#### 4.5.2 Eficiencia de red de vapor nueva:

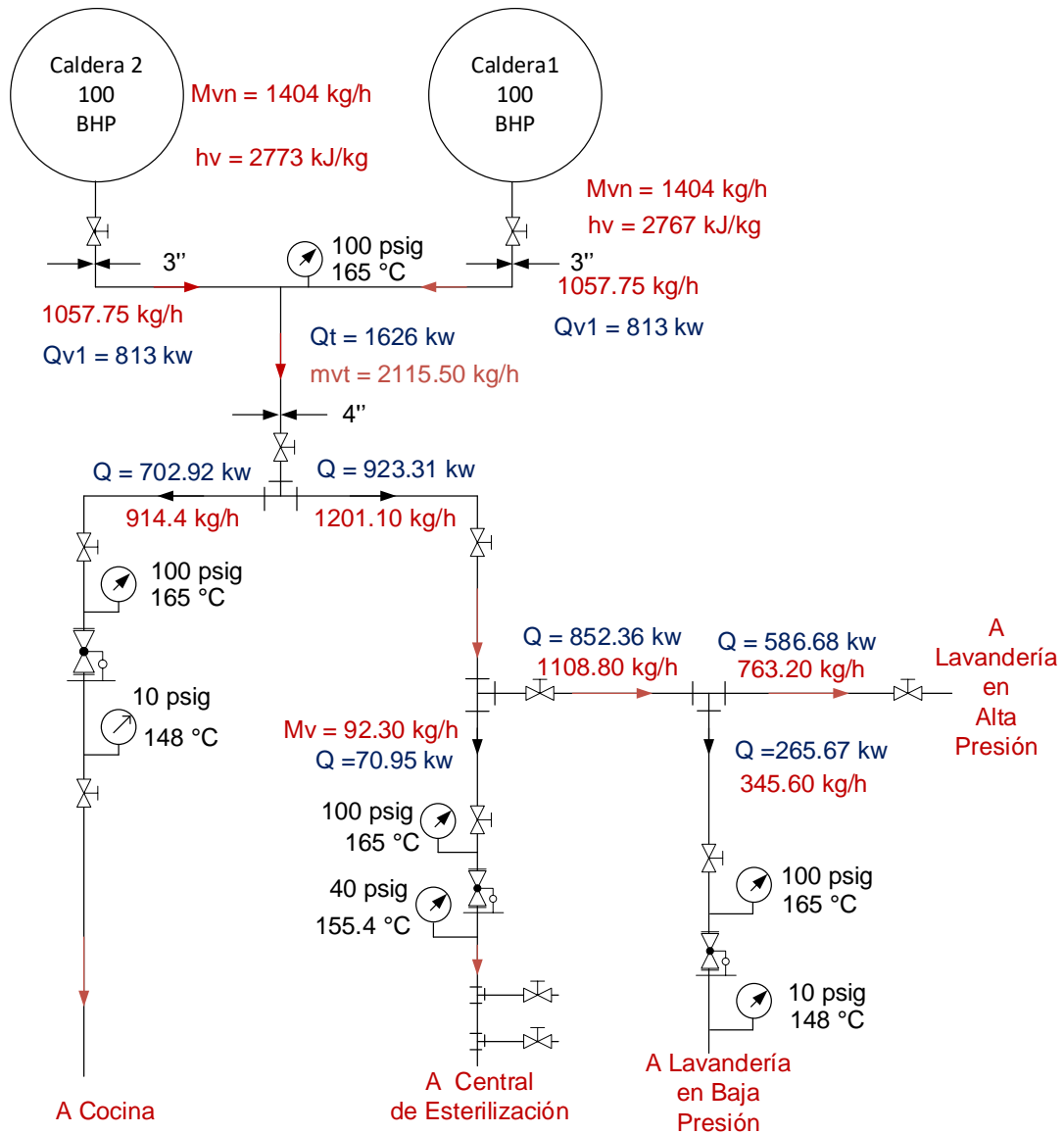


Figura 63: Flujos térmicos en red de vapor rediseñada

Fuente: Elaboración Propia.



Con los resultados de los cálculos de rediseño de la red de vapor, se determina la eficiencia de la nueva red de vapor:

### **Rendimiento térmico de tubería matriz de vapor**

**Calor total del vapor,  $Q_t = 2767.27 \text{ kJ/kg} * 0.79 \text{ kg/s} = 2,186.14 \text{ kw}$**

Calor perdido en tubería con aislamiento térmico,  $Q_p$ :

$$q_{AB} \left( \frac{w}{m} \right) = \frac{2 * \pi * 0.078 * (169.36 - 40)}{\ln\left(\frac{165.10}{114.30}\right)} * 4.95 \quad (42)$$

$$q_{AB} \left( \frac{w}{m} \right) = 853.41 \text{ w} = 0.853 \text{ kw}$$

### **1. Rendimiento térmico de tubería vapor a Cocina (tramo B-B1-B2-B3-B4)**

**Calor total del vapor,  $Q_t = Q_A \text{ (kw)} = h_v \text{ (kJ/kg)} * m_v \text{ (kg/s)}$   $2767.27 \text{ kJ/kg} * 0.254 \text{ kg/s} = 702.88 \text{ kw}$**

Calor perdido en tubería con aislamiento térmico,  $Q_p$ :

$$q_{BB1B2B3B4} \left( \frac{w}{m} \right) = \frac{2 * \pi * 0.078 * (169.36 - 40)}{\ln\left(\frac{174.60}{73}\right)} * 26.7 \quad (42)$$

$$q_{BB1B2B3B4} \left( \frac{w}{m} \right) = 1941.15 \text{ w} = 1.941 \text{ kw}$$

### **2. Rendimiento térmico de tubería vapor en tramo B-C**

**Calor total del vapor,  $Q_t = 2767.27 \text{ kJ/kg} * 0.79 \text{ kg/s} = 2,186.14 \text{ kw}$**

Calor perdido en tubería con aislamiento térmico,  $Q_p$ :

$$q_{BC} \left( \frac{w}{m} \right) = \frac{2 * \pi * 0.078 * (169.36 - 40)}{\ln\left(\frac{165.10}{88.90}\right)} * 22.15 \quad (42)$$

$$q_{BC} \left( \frac{w}{m} \right) = 2,268.46 \text{ w} = 2.27 \text{ kw}$$

### 3 Rendimiento térmico en tramo CC1

Calor total del vapor,  $Qt\_CC1 = Q_C$  (kw) =  $h_v$  (kJ/kg) \*  $m_{vCC1}$  (kg/s)

Resulta:  $Qt(C \rightarrow C1) = 2767.27$  kJ/kg \*  $0.308$  kg/s =  $852.32$  kw

Calor perdido en tubería con aislamiento térmico,  $Q_{pCC1}$ :

$$q_{CC1} \left( \frac{w}{m} \right) = \frac{2 * \pi * 0.078 * (169.36 - 40)}{\ln\left(\frac{165.10}{88.90}\right)} * 3.20 \quad (42)$$

$$q_{CC1} \left( \frac{W}{m} \right) = 327.72 \text{ w} = 0.327 \text{ kw}$$

### 4 Rendimiento térmico en tramo C1C1d

Calor total del vapor,  $Qt\_C1C1d$

$Qt(C1 \rightarrow C1d) = 2767.27$  kJ/kg \*  $0.212$  kg/s =  $586.66$  kw

Calor perdido en tubería con aislamiento térmico,  $Q_{pCC1}$ :

$$q_{C1Cd} \left( \frac{w}{m} \right) = \frac{2 * \pi * 0.078 * (169.36 - 40)}{\ln\left(\frac{149.20}{73}\right)} * 30.85 \quad (42)$$

$$q_{C1Cd} \left( \frac{W}{m} \right) = 2736 \text{ w} = 2.736 \text{ kw}$$

### 5 Rendimiento térmico en tramo CC1f

$Qt(C \rightarrow C1f) = 2767.27$  kJ/kg \*  $0.0256$  kg/s =  $70.84$  kw

Siendo  $L_{CC1f} = 16.40$  m la longitud del tramo CC1f

$$q_{CC1f} \left( \frac{w}{m} \right) = \frac{2 * \pi * 0.078 * (169.36 - 40)}{\ln\left(\frac{84.20}{33.40}\right)} * 16.40 \quad (42)$$

$$q_{CC1f} \left( \frac{W}{m} \right) = 1124.47 \text{ w} = 1.124 \text{ kw}$$

**6. Calor perdido total en nueva tubería de red de vapor con aislante térmico:**

$$Q_{p\_total} = 0.853 + 1.941 + 2.27 + 0.327 + 2.736 + 1.124 = 9.251 \text{ kw}$$

Calor total de a red: 2186.14 kw

Resulta el rendimiento térmico de la nueva red de vapor del HRDT:

$$\eta_{red \text{ vapor}} = 1 - \frac{9.251}{2186.14} \quad (17)$$

$$\eta_{red \text{ vapor}} = 99.57 \%$$

## 4.6 Simulaciones estático y térmico por el método de elementos finitos (FEM):

### Esquema De Cálculo Soportes Para Tubería Vapor Calderas Intesa HRDT.

Model name: Pieza1  
Study name: Análisis estático 1(-Predeterminado <Como mecanizada>-)  
Plot type: Factor of Safety Factor de seguridad1  
Criterion : Max von Mises Stress  
Factor of safety distribution: Min FOS = 11

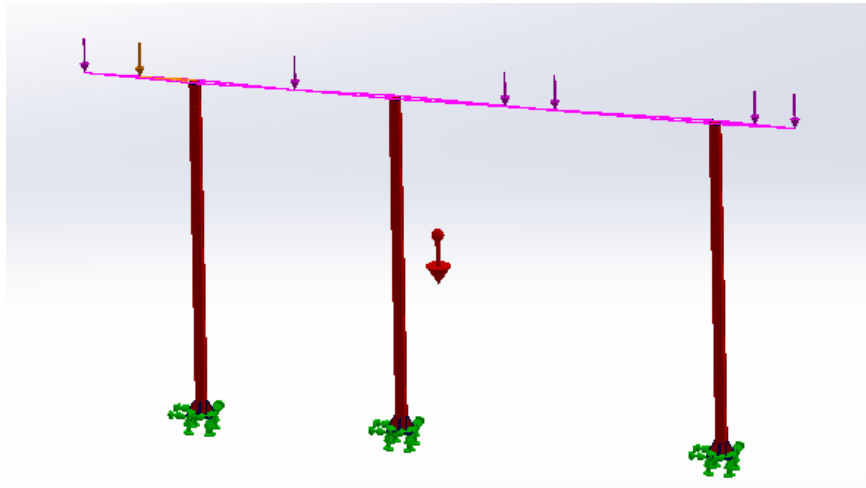


Figura 64: Plano medio.

Fuente: Elaboración Propia.

Se aplica un factor de seguridad de 4, según norma peruana para estructuras metálicas Ubicado en el capítulo 13 que es diseño sísmico y 13.4 Requisitos Generales De Diseño ubicados exactamente en 13.4.1 Tipos De Sistemas Estructurales. En este caso tenemos un factor de seguridad de 11 teniendo la simulación una correlación de 36.36% respecto al resultado teórico.

## Temperatura Exterior del Aislamiento

### Cocina:

Como se muestran en las imágenes a continuación, la temperatura resultante de la pared del material aislante es de 42.28°C, un valor aproximado al calculado teóricamente en la presente tesis de 40°C, teniendo la simulación una correlación de 94.61% respecto al resultado teórico.

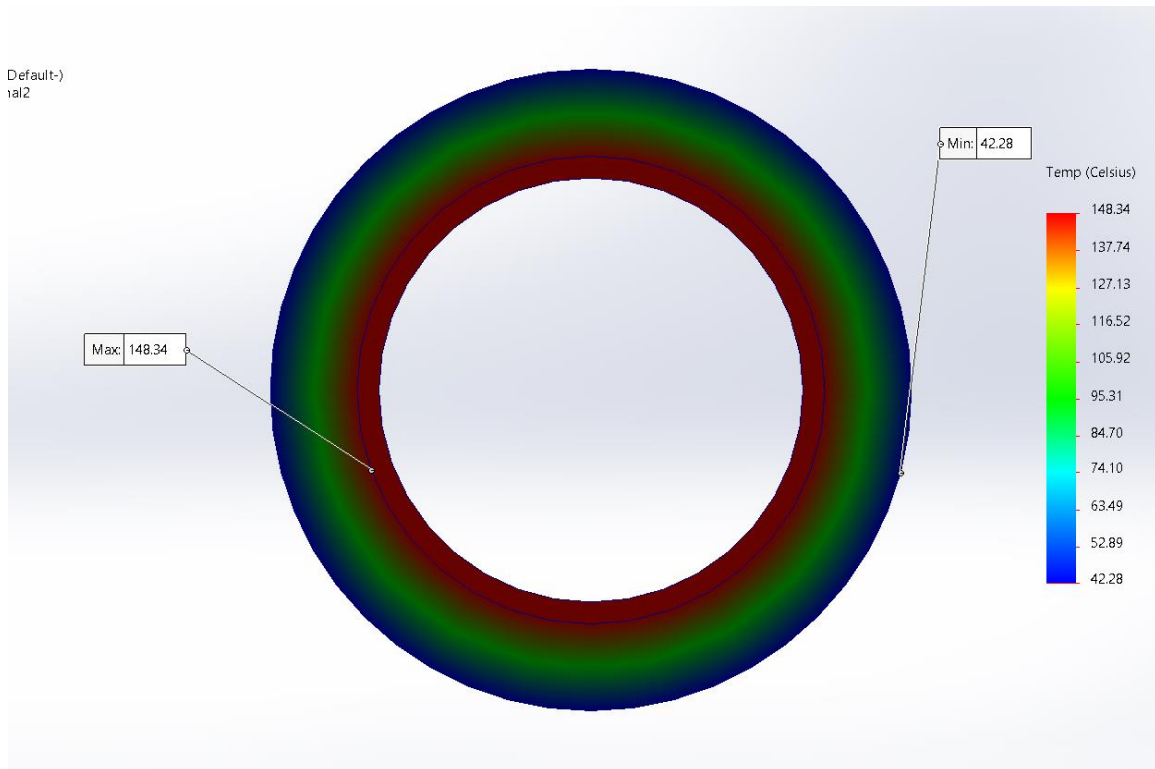


Figura 65: Plano medio.

Fuente: Elaboración Propia.

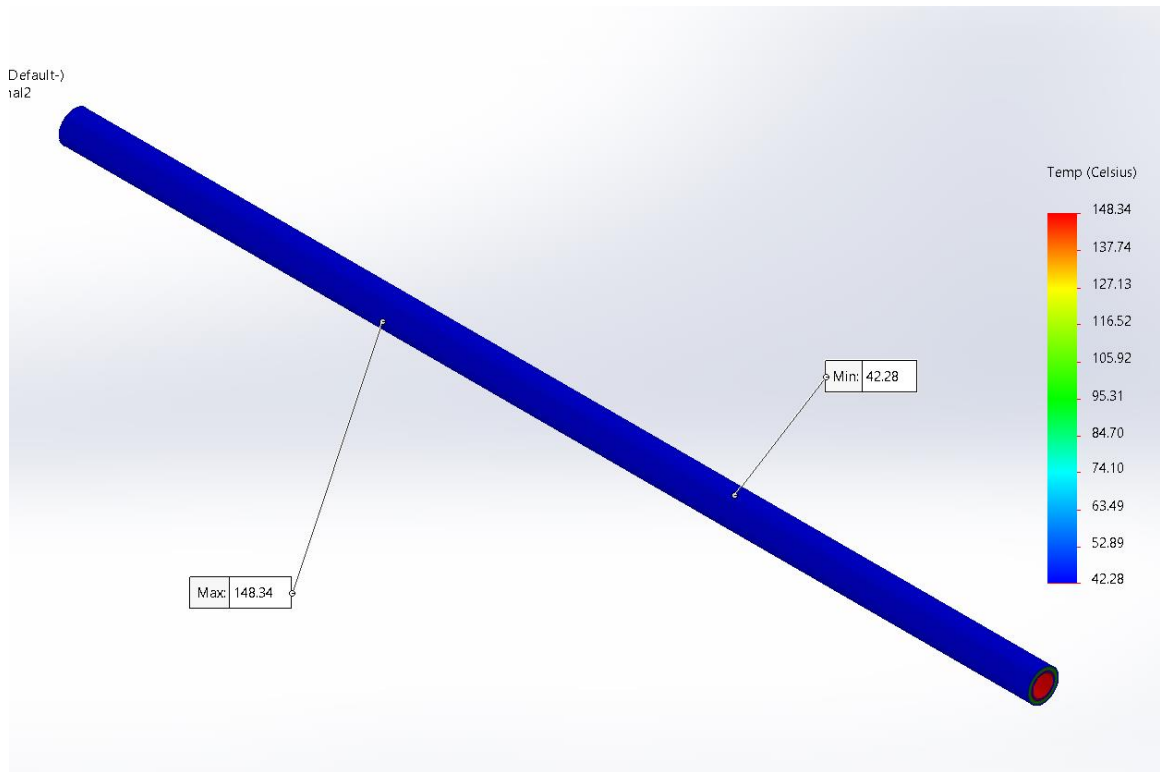


Figura 66: Plano isométrico.

Fuente: Elaboración Propia.

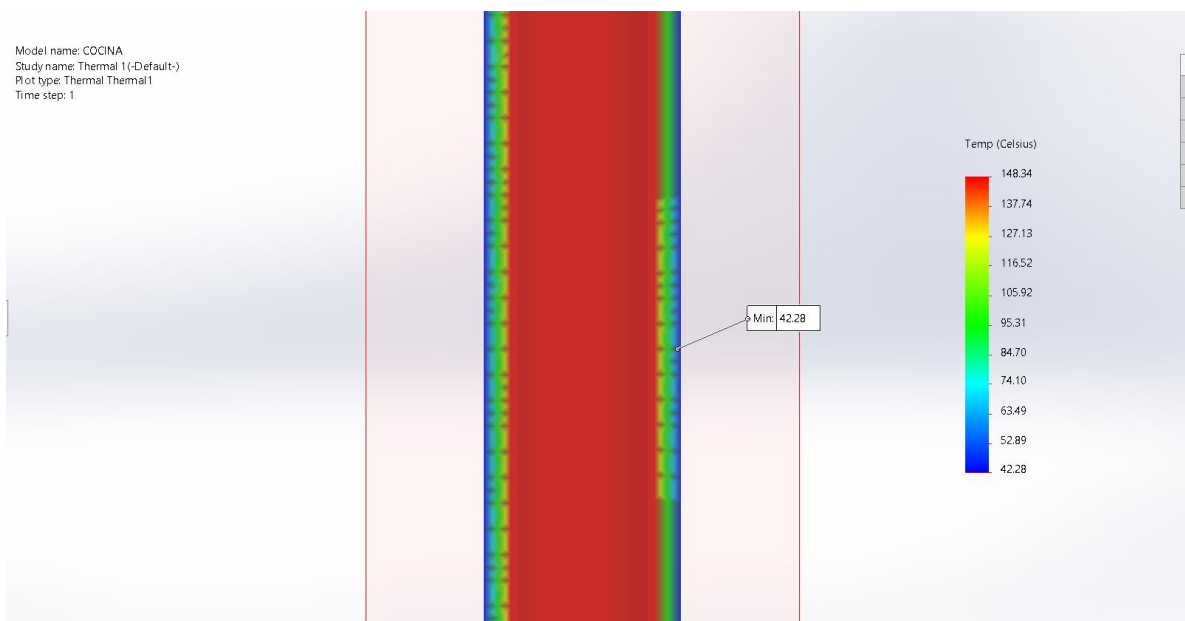


Figura 67: Corte alzado.

Fuente: Elaboración Propia.

### Central de Esterilización:

Como se muestran en las imágenes a continuación, la temperatura resultante de la pared del material aislante es de 37.53°C, un valor aproximado al calculado teóricamente en la presente tesis de 40°C, teniendo la simulación una correlación de 106.60% respecto al resultado teórico.

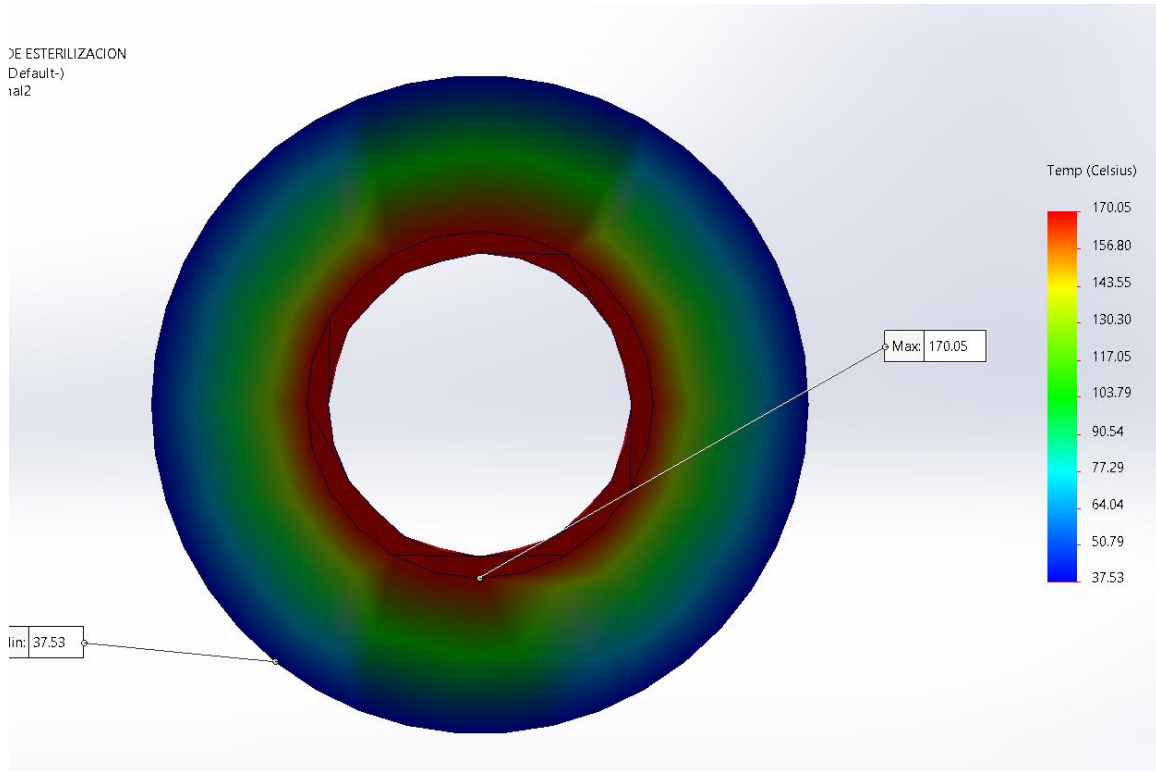


Figura 68: Plano medio.

Fuente: Elaboración Propia.

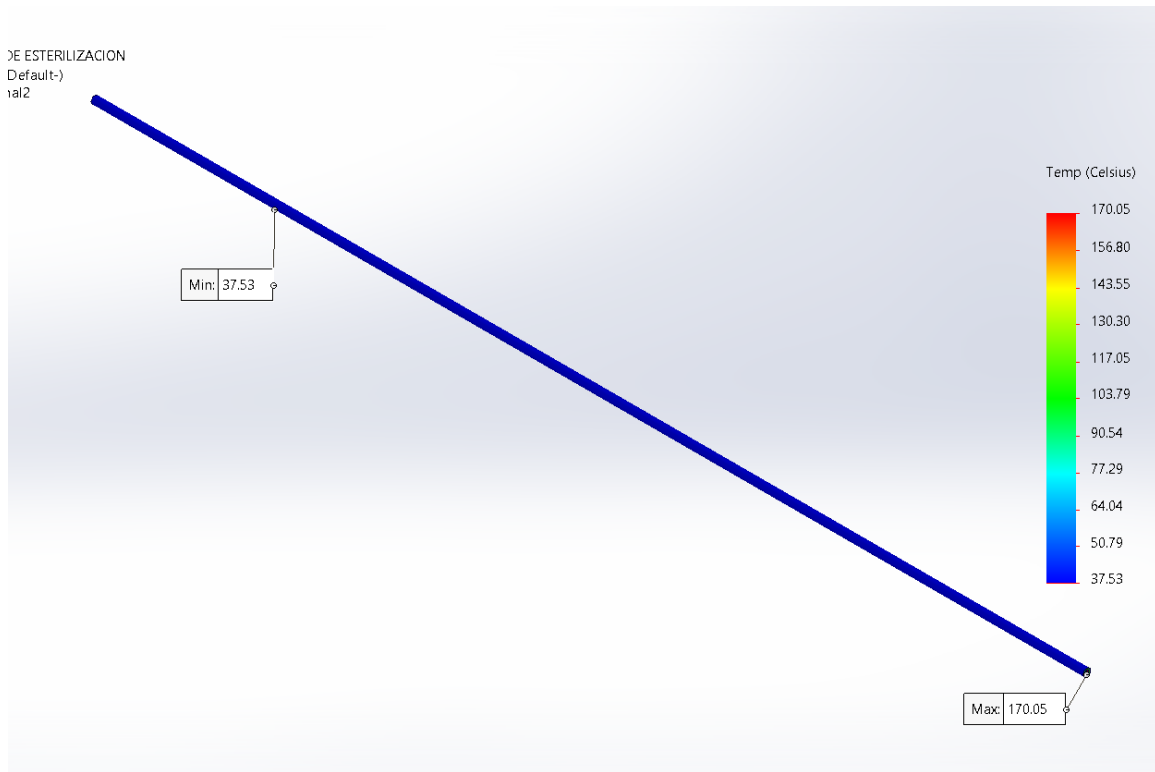


Figura 69: Plano isométrico.

Fuente: Elaboración Propia.

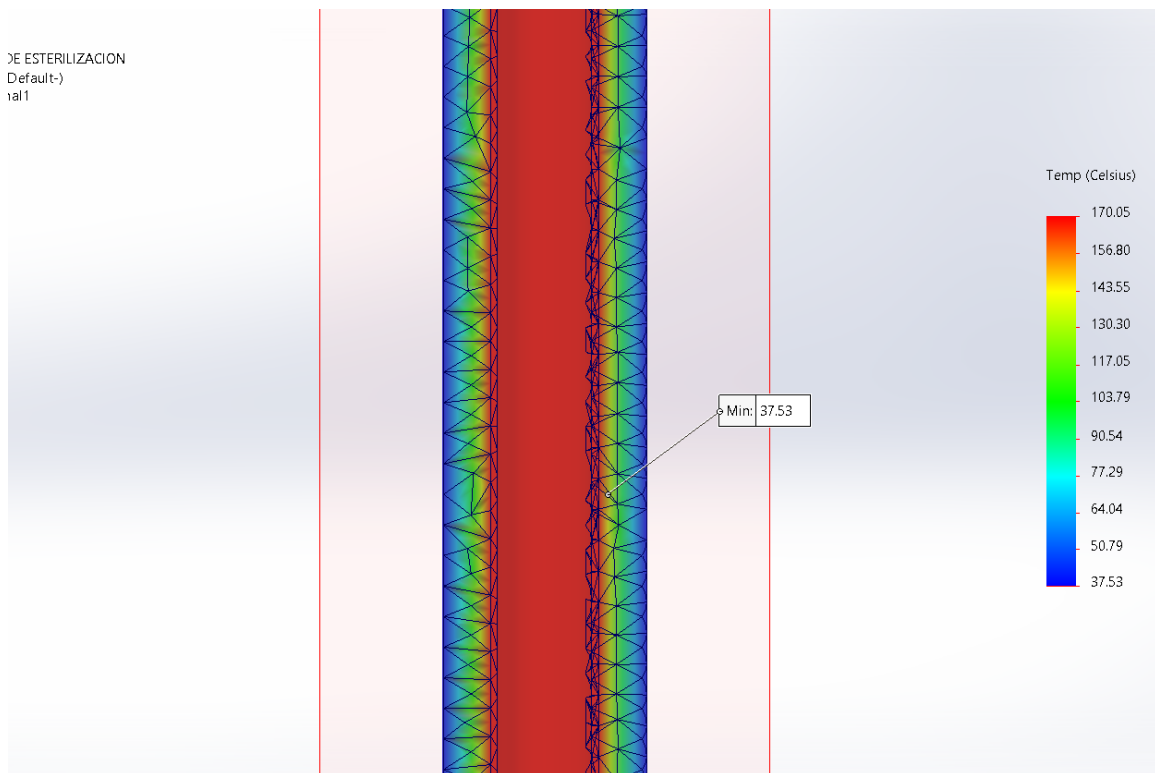


Figura 70: Corte alzado.

Fuente: Elaboración Propia.



### Lavandería 100 Psi:

Como se muestran en las imágenes a continuación, la temperatura resultante de la pared del material aislante es de 41.01°C, un valor aproximado al calculado teóricamente en la presente tesis de 40°C, teniendo la simulación una correlación de 97.54% respecto al resultado teórico.

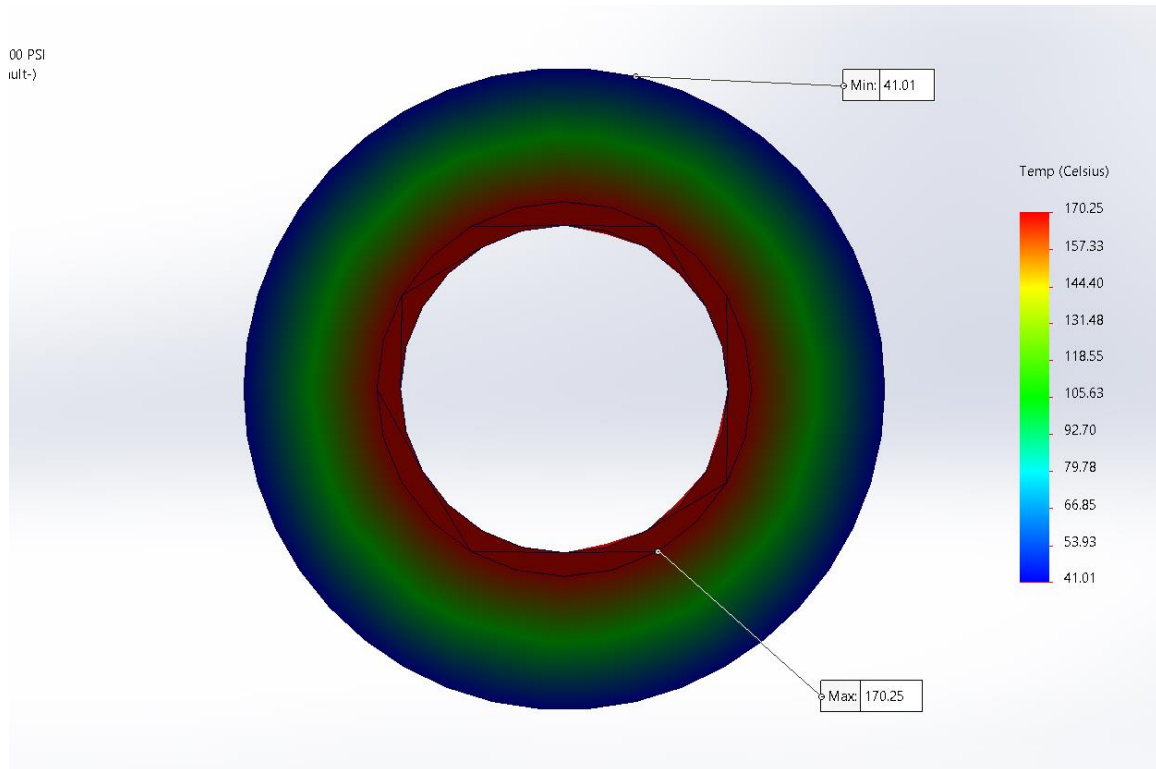


Figura 71: Plano medio.

Fuente: Elaboración Propia.

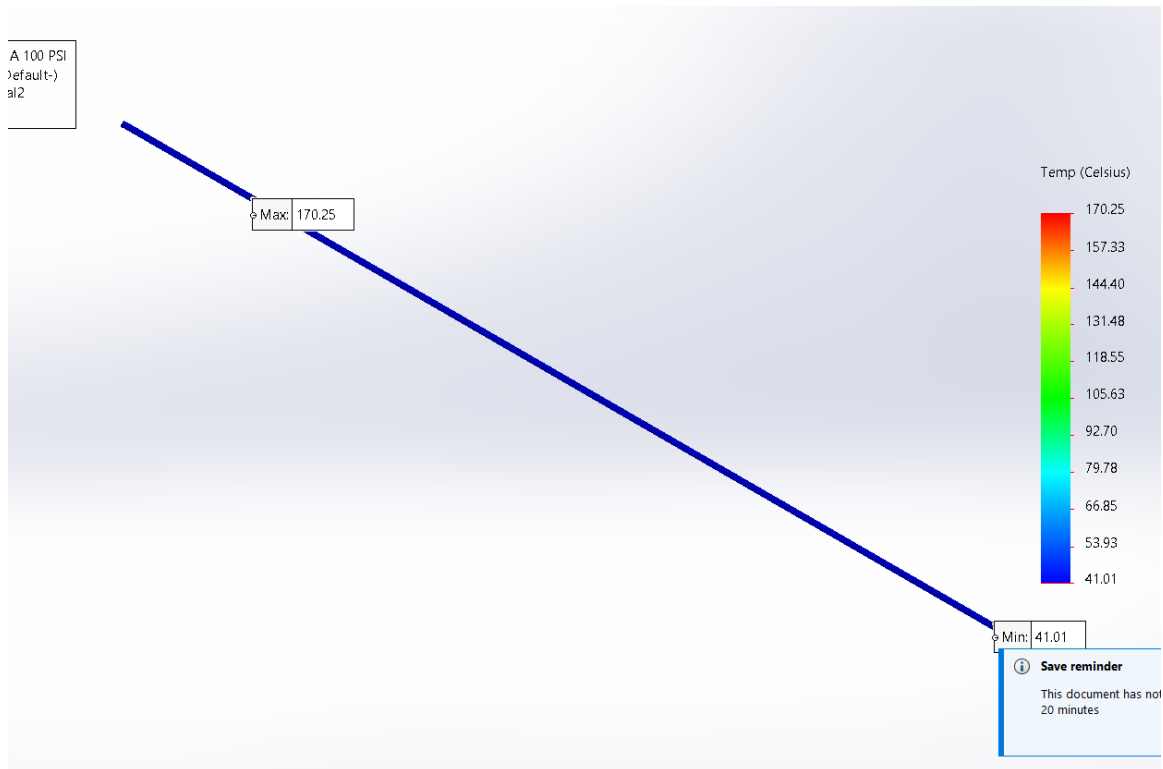


Figura 72: Plano isométrico.

Fuente: Elaboración Propia.

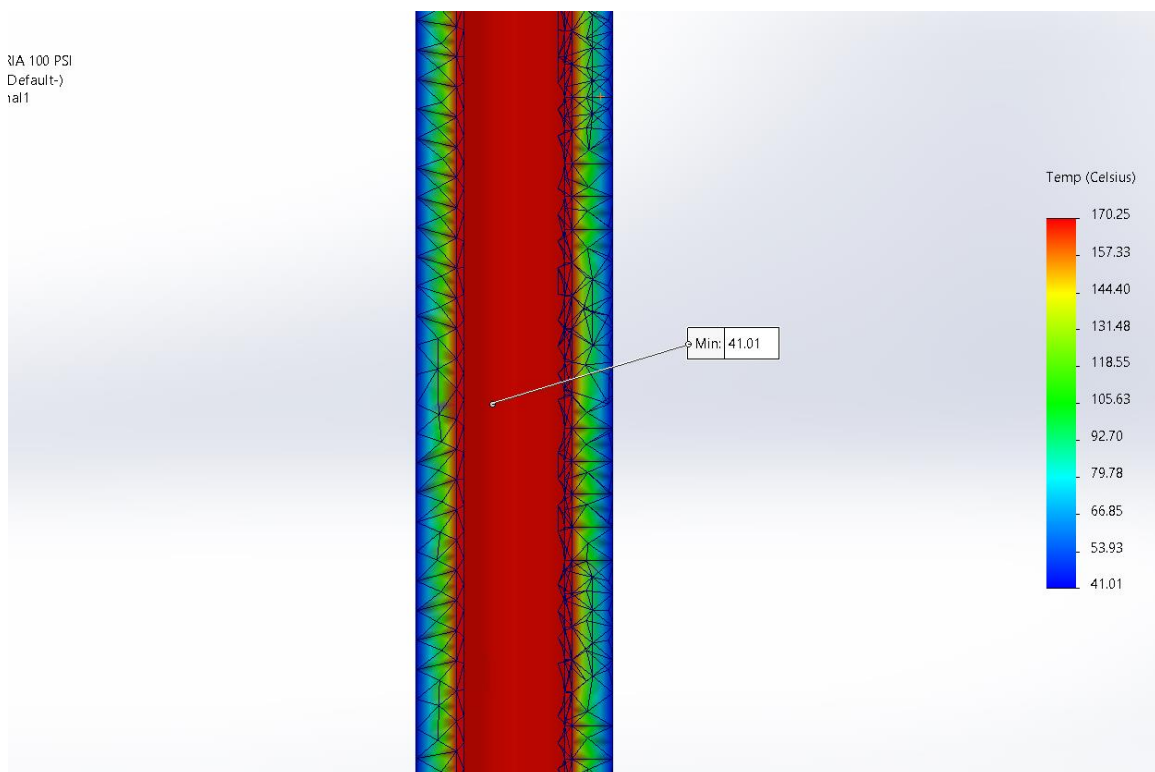


Figura 73: Corte alzado.

Fuente: Elaboración Propia.

#### 4.7 Análisis económico del rediseño de la red de vapor.

##### 4.7.1 Presupuesto de inversión para fabricación y montaje de nueva red:

CENTRAL DE CALDERAS LÍNEA DE VAPOR		Materiales, insumos		Precios materiales		Precio total
It	Denominación	Cantidad	UM	P. Unitario	UM	Soles
1	Tubo acero ASTM A 53, 3" X 6 m, cédula 40	1	Piezas	290.00	S./pieza	S/ 290
2	Válvulas de compuerta, dn = 3", Pn = 16 bar, cuerpo acero fundido	2	Piezas	1250	S./pieza	S/ 2,500
3	Tubo acero ASTM A 53, 4" X 6 m, cédula 40	1	Piezas	290.00	S./pieza	S/ 290
4	Válvulas de compuerta, dn = 4", Pn = 16 bar, cuerpo acero fundido	1	Piezas	1250	S./pieza	S/ 1250
5	Barra acero d = 5/8" x 6 m	2	piezas	45	S./pieza	S/ 90
6	Colchonetas de Lana de vidrio 1" x 5 m x 0.6 m	1	Piezas	413	S./pieza	S/ 413
7	Planchas Fe galvanizado, 0,25 mm x 4' x 8'	3	Piezas	72	S./pieza	S/ 216
8	Ángulos acero ASTM A 36, 1.5" X 6m x 1/4"	2	piezas	62	S./pieza	S/ 124
9	Soldadura supercito, 5/32"	5	kg	17.5	S./kg	S/ 88
10	Mano de obra estructuras metálicas	1	kit	2520	S./kit	S/ 2,520
11	Mano de obra aislamiento térmico	1	kit	2520	S./kit	S/ 2,520
12	Insumos Ferretería	1	kit	250	S./kit	S/ 250
13	Trampa vapor dn = 1/2" mecánica de flotador libre, roscada	3	Piezas	525	S./pieza	S/ 1,575
14	Válvulas de bola, dn = 1/2", Pn = 16 bar, cuerpo acero fundido	15	Piezas	36	S./pieza	S/ 540
15	Tubo acero ASTM A 53, 1/2" X 6 m, cédula 40	2	Piezas	51.44	S./pieza	S/ 103
16	Codos acero ASTM A 53, cédula 40, radio largo, 1/2"	3	Piezas	4.00	S./pieza	S/ 12
17	Codos acero ASTM A 53, cédula 40, radio largo, 3"	3	Piezas	35.00	S./pieza	S/ 105
18	Codos acero ASTM A 53, cédula 40, radio largo, 4"	2	Piezas	215.00	S./pieza	S/ 430

19	Tee acero ASTM A53 dn = 4" cédula 40	2	Piezas	320.00	S./pieza	S/ 640
20	Gastos generales	1	kit	1320	S./kit	S/ 1,320
21	Válvulas de compuerta, dn = 2", Pn = 16 bar, cuerpo acero fundido	4	Piezas	425	S./pieza	S/ 1,700
22	Aislante térmico lana mineral 1" x 2.5 m x 15 m	4	Colchonetas	400	S./colchoneta	S/ 1,600
23	Plancha aluminio cobertura 0.5 mm x 4' x 8'	4	Planchas	165	S./plancha	S/ 660
24	Insumos para Aislamiento térmico	1	Kit	125	S./kit	S/ 125

Sub total      **S/ 19 261**

**Tabla 5: Listado de Materiales y Mano de Obra Cambio de Tuberías Vapor en el HRDT**

Fuente: Elaboración Propia.

LAVANDERÍA		Materiales, insumos		Precios materiales		Precio total
LÍNEA VAPOR		Cantidad	UM	P. Unitario	UM	Soles
1	Tubo acero ASTM A 53, 2' X 6 m, cédula 40	2	Piezas	75.00	S./pieza	S/ 150
2	Tubo acero ASTM A 53, 1.5" X 6 m, cédula 40	1.5	Piezas	115	S./pieza	S/ 173
3	Tubo acero ASTM A 53, 1,5" X 6 m, cédula 40	2	Piezas	136.08	S./pieza	S/ 272
4	Tubo acero ASTM A 53, 2" X 6 m, cédula 40	5	Piezas	180	S./pieza	S/ 900
5	Colchonetas de Lana de vidrio 1" x 5 m x 0.6 m	1	Piezas	413	S./pieza	S/ 413
6	Planchas Fe galvanizado, 0,25 mm x 4' x 8'	2	Piezas	72	S./pieza	S/ 144
7	Válvulas de bola, dn = 1/2", Pn = 16 bar, cuerpo acero fundido	3	Piezas	33	S./pieza	S/ 99
8	Válvulas de bola, dn = 3/4", Pn = 16 bar, cuerpo acero fundido	3	Piezas	51	S./pieza	S/ 153
9	Válvulas de bola, dn = 1", Pn = 16 bar, cuerpo acero fundido	3	Piezas	90.5	S./pieza	S/ 272
10	Válvulas de bola, dn = 1,5", Pn = 16 bar, cuerpo acero fundido	3	Piezas	125	S./pieza	S/ 375
11	Barra acero d = 5/8" x 6 m	2.5	piezas	45	S./pieza	S/ 113
12	Ángulos acero ASTM A 36, 1.5" X 6m x 1/4"	3	piezas	62	S./pieza	S/ 186
13	Trampa vapor dn = 1/2" mecánica de flotador libre, roscada	1	Piezas	412.5	S./pieza	S/ 413
14	Válvulas de bola, dn = 1/2", Pn = 16 bar, cuerpo acero fundido	3	Piezas	33	S./pieza	S/ 99
15	Trampa vapor dn = 1/2" mecánica de flotador libre, Pn = 16 bar, 200 °C; roscada	1	Piezas	S/. 511.50	S./pieza	S/. 511.50
16	Filtro vapor dn = 1/2", Pn = 200 psig, 200 °C, roscada	1	Piezas	S/. 220.00	S./pieza	S/. 220.00
17	Codos acero ASTM A 53, cédula 40, radio largo, 1/2", roscados	3	Piezas	S/. 7.50	S./pieza	S/. 22.50
18	Tee acero ASTM A 53, cedula 40 dn = 1/2"	2	Piezas	S/. 9.50	S./pieza	S/. 19
20	Unión universal acero ASTM A 53 cédula 40, dn = 1/2"	2	Piezas	S/. 10.00	S./pieza	S/. 20
21	Ferretería	1	kit	350	S./pieza	S/ 350
22	Mano de obra estructuras metálicas	1	kit	2520	S./kit	S/ 2,520
23	Mano de obra aislamiento térmico	1	kit	2520	S./kit	S/ 2,520
24	Válvula reductora presión vapor	1	Piezas	2475	S./kit	S/ 2,475

25	Soldadura supercito, 5/32"	20	kg	17.5	S./kg	S/ 350
26	Oxígeno	3	m3	12	S./m3	S/ 36
27	Acetileno	2	kg	39.25	S./kg	S/ 79
28	Codos acero ASTM A 53, cédula 40, radio largo, 1,5"	3	Piezas	12.5	S./pieza	S/ 38
23	Codos acero ASTM A 53, cédula 40, radio largo, 1/2"	3	Piezas	6	S./pieza	S/ 18
24	Gastos generales	1	kit	1372.00		S/ 1,372
25	Aislante térmico lana mineral 1" x 2.5 m x 15 m	6	Colchonetas	400	S./colchoneta	S/ 2,400
26	Plancha aluminio cobertura 0.5 mm x 4' x 8'	8	Planchas	165	S./plancha	S/ 1,320
27	Insumos para Aislamiento térmico	1	Kit	135	S./kit	S/ 135
Sub total						<b>S/ 18 168</b>

Tabla 6: Listado de Materiales y Mano de Obra Cambio de Tuberías Vapor en el HRDT de Lavandería.

Fuente: Elaboración Propia.

<b>COCINA</b>		<b>Materiales, insumos</b>		<b>Precios materiales</b>		<b>Precio total</b>
<b>LÍNEA VAPOR</b>		<b>Cantidad</b>	<b>UM</b>	<b>P. Unitario</b>	<b>UM</b>	<b>Soles</b>
1	Tubo acero ASTM A 53, 2" X 6 m, cédula 40	4	Piezas	215.00	S./pieza	860
2	Tubo acero ASTM A 53, 1.5" X 6 m, cédula 40	4	Piezas	180.00	S./pieza	720
3	Tubo acero ASTM A 53, 2,5" X 6 m, cédula 40	2	Piezas	262	S./pieza	524
4	Colchonetas de Lana de vidrio	2.5	Piezas	413	S./pieza	1032.5
5	Planchas Fe galvanizado, 0,25 mm x 4' x 8'	4	Piezas	72	S./pieza	288
6	Válvulas de bola, dn = ½", Pn = 16 bar, cuerpo acero fundido	3	Piezas	33	S./pieza	99
7	Válvulas de bola, dn = ¾", Pn = 16 bar, cuerpo acero fundido	1	Piezas	51	S./pieza	51
8	Válvulas de bola, dn = 1", Pn = 16 bar, cuerpo acero fundido	3	Piezas	90.5	S./pieza	271.5
9	Válvulas de bola, dn = 1,5", Pn = 16 bar, cuerpo acero fundido	3	Piezas	125	S./pieza	375
10	Válvulas de bola, dn = 2,5", Pn = 16 bar, cuerpo acero fundido	1	Piezas	325	S./pieza	325
11	Barra acero d = 5/8" x 6 m	2.5	piezas	45	S./pieza	112.5
12	Ángulos acero ASTM A 36, 1.5" X 6m x ¼"	3	piezas	62	S./pieza	186
13	Ferretería	1	kit	350	S./pieza	400
14	Mano de obra estructuras metálicas	1	kit	1800	S./kit	1800
15	Mano de obra aislamiento térmico	1	kit	1800	S./kit	1800
16	Válvula reductora presión vapor	1	Piezas	2475	S./kit	2475
17	Soldadura supercito, 5/32"	15	kg	17.5	S./kg	262.5
18	Oxígeno	2	kg	3.8	S./kg	7.6
19	Acetileno	1.5	kg	3.25	S./kg	4.875
20	Gastos generales	1	kit	980		980
21	Codos acero ASTM A 53, cédula 40, radio largo, 1,5"	4	Piezas	9.5	S./pieza	38
22	Codos acero ASTM A 53, cédula 40, radio largo, ½"	3	Piezas	4	S./pieza	12
23	Trampa vapor dn = ½" mecánica de flotador libre, roscada	1	Piezas	412.5	S./pieza	412.5
24	Filtro vapor dn = ½", Pn = 200 psig, 200 °C, roscada	1	Piezas	S/. 220.00	S./pieza	S/. 220.00
25	Codos acero ASTM A 53, cédula 40, radio largo, ½", roscados	3	Piezas	S/. 7.50	S./pieza	S/. 22.50
26	Tee acero ASTM A 53, cedula 40 dn = ½"	2	Piezas	S/. 9.50	S./pieza	S/. 19

27	Unión universal acero ASTM A 53 cédula 40, dn = ½"	2	Piezas	S/. 10.00	S./pieza	S/. 20
28	Válvulas de bola, dn = ½", Pn = 16 bar, cuerpo acero fundido	3	Piezas	33	S./pieza	99
29	Aislante térmico lana mineral 1" x 2.5 m x 15 m	6	Colchonetas	400	S./colchoneta	S/ 2,400
30	Plancha aluminio cobertura 0.5 mm x 4' x 8'	8	Planchas	165	S./plancha	S/ 1,320
31	Insumos para Aislamiento térmico	1	Kit	135	S./kit	S/ 135
					Sub total	<b>17,273.735</b>

Tabla 7: Listado de Materiales y Mano de Obra Cambio de Tuberías Vapor en el HRDT de cocina.

Fuente: Elaboración Propia.



<b>CENTRAL DE ESTERILIZACIÓN</b>		Materiales, insumos		Precios materiales		Precio total
<b>LÍNEA VAPOR</b>		Cantidad	UM	P. Unitario	UM	Soles
1	Tubo acero ASTM A 53, 1.5" X 6 m, cédula 40	8	Piezas	165.00	S./pieza	1320
3	Tubo acero ASTM A 53, 1" X 6 m, cédula 40	2	Piezas	122	S./pieza	244
4	Colchonetas de Lana de vidrio	2	Piezas	413	S./pieza	826
5	Planchas Fe galvanizado, 0,25 mm x 4' x 8'	3	Piezas	72	S./pieza	216
6	Válvulas de bola, dn = 1/2", Pn = 16 bar, cuerpo acero fundido	3	Piezas	33	S./pieza	99
7	Válvulas de bola, dn = 3/4", Pn = 16 bar, cuerpo acero fundido	3	Piezas	51	S./pieza	153
8	Válvulas de bola, dn = 1", Pn = 16 bar, cuerpo acero fundido	1	Piezas	90.5	S./pieza	90.5
10	Barra acero d = 5/8" x 6 m	3	piezas	45	S./pieza	135
11	Ángulos acero ASTM A 36, 1.5" X 6m x 1/4"	4	piezas	62	S./pieza	248
12	Ferretería	1	kit	350	S./pieza	350
13	Mano de obra estructuras metálicas	1	kit	2160	S./kit	2160
14	Mano de obra aislamiento térmico	1	kit	2160	S./kit	2160
15	Válvula reductora presión vapor	2	Piezas	2475	S./kit	4950
16	Soldadura supercito, 5/32"	15	kg	17.5	S./kg	262.5
17	Oxígeno	6.5	kg	3.8	S./kg	24.7
18	Acetileno	2	kg	3.25	S./kg	6.5
19	Gastos generales	1	kit	1176		1176
20	Trampa vapor dn = 1/2" mecánica de flotador libre, roscada	4	Piezas	412.5	S./pieza	1650
21	Válvulas de bola, dn = 1/2", Pn = 16 bar, cuerpo acero fundido	12	Piezas	33	S./pieza	396
22	Codos acero ASTM A 53, cédula 40, radio largo, 1,5"	4	Piezas	9.5	S./pieza	38
23	Codos acero ASTM A 53, cédula 40, radio largo, 1/2"	3	Piezas	4	S./pieza	12
24	Trampa vapor dn = 1/2" mecánica de flotador libre, roscada	1	Piezas	412.5	S./pieza	412.5
25	Filtro vapor dn = 1/2", Pn = 200 psig, 200 °C, roscada	1	Piezas	S/. 220.00	S./pieza	S/. 220.00
26	Codos acero ASTM A 53, cédula 40, radio largo, 1/2", roscados	3	Piezas	S/. 7.50	S./pieza	S/. 22.50

27	Tee acero ASTM A 53, cedula 40 dn = 1/2"	2	Piezas	S/. 9.50	S./pieza	S/. 19
28	Unión universal acero ASTM A 53 cédula 40, dn = 1/2"	2	Piezas	S/. 10.00	S./pieza	S/. 20
29	Válvulas de bola, dn = 1/2", Pn = 16 bar, cuerpo acero fundido	3	Piezas	33	S./pieza	99
30	Aislante térmico lana mineral 1" x 2.5 m x 15 m	8	Colchonetas	400	S./colchoneta	S/ 3,200
31	Plancha aluminio cobertura 0.5 mm x 4' x 8'	10	Planchas	165	S./plancha	S/ 1,650
32	Insumos para Aislamiento térmico	1	Kit	150	S./kit	S/ 150
Sub total						<b>22 310.2</b>

Tabla 8: Listado de Materiales y Mano de Obra Cambio de Tuberías Vapor en el HRDT de central de esterilización.

Fuente: Elaboración Propia.

$$\text{Inversión} = 19\,261 + 18\,168 + 17\,272.475 + 22\,310.2 = \text{S}/.77\,011.675$$

## ANÁLISIS ECÓNOMICO

INFORMACIÓN	Costo de Inversión	<b>77,012</b>
	Tasa de Descuento	<b>9.0%</b>

Ingreso Mensual (S/)	Ingreso por consulta (S/)	Porcentaje de mejora por rediseño (%)	Porcentaje de Costo de Mantenimiento (%)	Porcentaje de incremento de la red (%)
640716	12.00	1.8%	34.6%	37.9%

PERIODO	INGRESO	EGRESO	FLUJOS DE EFECTIVO NETO	FLUJO DE EFECTIVO ACUMULADO	VALOR PRESENTE
0			-77,011.68		1.09
1	7,823,911.22	2,706,290.89	5,117,620.33		4,695,064.52
2	10,786,826.40	3,731,163.25	7,055,663.15	12,173,283.48	5,938,610.51
3	14,871,797.55	5,144,154.77	9,727,642.78	21,900,926.26	7,511,525.06
4	20,503,747.29	7,092,246.19	13,411,501.10	35,312,427.36	9,501,045.50
5	28,268,516.39	9,778,079.82	18,490,436.57	53,802,863.93	12,017,515.07
6	38,973,803.54	13,481,038.65	25,492,764.90	79,295,628.82	15,200,502.78
7	53,733,182.94	18,586,307.98	35,146,874.96	114,442,503.79	19,226,544.20
8	74,081,939.33	25,624,942.81	48,456,996.51	162,899,500.30	24,318,932.56

		Fórmula Aritmética	
VALOR PRESENTE DE LOS SUMA DE LOS FLUJOS NETOS		99,125,377.07	
		Fórmula Aritmética	Fórmula Financiera
VALOR ACTUAL NETO (VAN)		99,048,365.40	99,048,365.40
		Fórmula Financiera	Si es viable > 0
TASA INTERNA DE RETORNO (TIR)		6731.4%	11.3% > 9.0%
			Si es viable

	<b>Fórmula Aritmética</b>
<b>BENEFICIO / COSTO</b>	<b>1,287.147</b>
	<b>Fórmula Aritmética</b>
<b>PERIODO DE RECUPERACIÓN DE LA INVERSIÓN</b>	<b>2.89</b>

2

0.89

**NOTA:** Si el periodo es en meses, el periodo de recuperación es de 2 meses y 27 días

<b>DIAS</b>	<b>27</b>
-------------	-----------

A	5
B	77,012
C	54,194,119
D	25,678,149

## V. DISCUSIÓN:

Yauri, D. (2018), en su tesis titulada “Evaluación de la red de distribución de vapor en el hospital regional Ramiro Prialé de Huancayo”, Al analizar el sistema se encontró que el flujo de vapor el suministrado es de 1298.13 kg/h y el flujo requerido era de 1390 kg/h teniendo al día 4 200 pacientes. Basándonos en los principios básicos de balance de masa no se crea ni se destruye solo se transforma (Cengel, y otros, 2015) hemos llegado a determinar que el requerimiento actual es 1838.304 kg/h, pero sin embargo lo que suministra la red es 1403.566 kg/h teniendo al día 1 546 pacientes.

Lozano y Medina (2020), en su tesis “Metodología integrada para el diseño de tuberías en proceso de transporte de vapor saturado para asegurar la efectividad operacional para Centros Hospitalarios”. Nos basamos en el balance de energía o primer principio de la termodinámica que nos dice que la energía entrante menos la energía saliente es el diferencial de la energía del sistema (Cengel, y otros, 2015) El diseño actual se obtuvo la pérdida total de calor del sistema aislado de 17.306 kW siendo mucho menor en comparación con las pérdidas de calor en el sistema desnudo de 314.410 kW teniendo al día 8 530 pacientes. En la tesis presente nuestro balance de energía del diseño actual del diseño actual se obtuvo la pérdida total de calor del sistema aislado de 24 274 kw siendo mucho menor en comparación con las pérdidas de calor en el sistema desnudo de 1 109.59 kW teniendo al día 1 546 pacientes.

Popayán, A. (2016) en su tesis “Mejoramiento de las líneas de distribución de vapor mediante la reingeniería al área de esterilización, cocina y lavandería del Hospital Regional Eleazar Guzmán Barrón”, nos basamos en rendimiento del aislante que es igual a la unidad menos el calor perdido entre el calor total multiplicado por 100 (paredes roserio,2013) teniendo un rendimiento térmico de 94 % en el estado actual teniendo al día pacientes diarios 3 117 pacientes. En la tesis presente nuestro estado actual del rendimiento térmico es de 97.81 % teniendo 1 546 pacientes diarios.

Yauri, D. (2018), en su tesis titulada "Evaluación de la red de distribución de vapor en el hospital regional Ramiro Prialé de Huancayo", Nos basamos en la sección transversal que es el flujo masico dividido entre la velocidad y densidad del fluido y el diámetro interior que no es más la sección trasversal multiplicado por cuatro y dividido en pi y se le caca la raíz cuadrada (Cengel, y otros, 2015) .Se determinó que el flujo de vapor en el servicio de lavandería cuyo diámetro es de 3 pulgadas es de 1298 kg/hr es insuficiente ya que el flujo mínimo requerido es de 1391 kg/hr teniendo al día 4 200 pacientes , En la tesis el flujo de vapor en el servicio de cocina cuyo diámetro es de 2 pulgadas es de 127.080 kg/hr es insuficiente ya que el flujo mínimo requerido es de 914.40 kg/hr, central de esterilización cuyo diámetro es de 3/4" pulgadas es de 85.72 kg/hr es insuficiente ya que el flujo mínimo requerido es de 92.3 kg/hr, , Lavandería de 100 Psi cuyo diámetro es de 3/4" pulgadas es de 588 kg/hr es insuficiente ya que el flujo mínimo requerido es de 543.60 kg/hr, y Lavandería de 10 PSI cuyo diámetro es de 1.5 pulgadas es de 77.55 kg/hr es insuficiente ya que el flujo mínimo requerido es de 288 kg/hr teniendo al día 1 546 pacientes.

Henry, Martínez (2007), en su tesis titulada "Estudio Para El Rediseño De La Red De Vapor Y Retorno Del Condensado Para El Hospital General San Juan De Dios, Guatemala", El rediseño lo hacen por el costo de operación de la caldera que son 12 horas diarias de lunes a sábado y 10 horas los domingo ante ello hacen un costo beneficio que es la inversión de la reinstalación del diseño original comprar con el rediseño y también presentan un solo rediseño hecho en AutoCAD teniendo pacientes diarios 1 500 y la tesis presente tenemos tres rediseños calculados en excel y elijamos el más optimo haciendo una matriz de selección ponderas teniendo en cuenta muy aparte el costo, el aislamiento térmico , elasticidad en las tubería y las pérdidas de presión de tubería nos quedamos con la ganadora elaborando los cálculos más detallados en el Word teniendo 1 546 pacientes diarios.

Yauri, D. (2018), en su tesis titulada “Evaluación de la red de distribución de vapor en el hospital regional Ramiro Prialé de Huancayo”, Nos basamos en la sección transversal que es el flujo masico dividido entre la velocidad y densidad del fluido y el diámetro interior que no es más la sección trasversal multiplicado por cuatro y dividido en pi y se le caca la raíz cuadrada (Cengel, y otros, 2015) .El resultado de la propuesta para cambiar la tubería del servicio de lavandería a 3 ½ pulgada aumentaría el flujo de vapor a 1083 kg/hr, teniendo al día 4 200 pacientes. En la tesis el resultado de la propuesta para cambiar la tubería del servicio de lavandería a 5 pulgada aumentaría el flujo de vapor a 1100 kg/hr aproximadamente, el resultado de la propuesta para cambiar la tubería del servicio de central de esterilización a 1.5 pulgada aumentaría el flujo de vapor a 92.3 kg/hr aproximadamente, el resultado de la propuesta para cambiar la tubería del servicio de lavandería 100 PSI a 2.5 pulgada aumentaría el flujo de vapor a 763.20 kg/hr aproximadamente y el resultado de la propuesta para cambiar la tubería del servicio de lavandería de 10 PSI a 5 pulgada aumentaría el flujo de vapor a 345.60 kg/hr aproximadamente, teniendo 1 546 pacientes diarios.

Popayán, A. (2016) en su tesis “Mejoramamiento de las líneas de distribución de vapor mediante la reingeniería al área de esterilización, cocina y lavandería del Hospital Regional Eleazar Guzmán Barrón”, nos basamos en rendimiento del aislante que es igual a la unidad menos el calor perdido entre el calor total multiplicado por 100 (paredes roserio,2013) provocando un cambio en el a 96 % en la mejora del rediseño teniendo al día pacientes diarios 3 117 pacientes. En la tesis presente el rendimiento en el nuevo rediseño es de 99.57 % lo que implica la reducción de costos por estas pérdidas de calor teniendo 1 546 pacientes diarios.

Al realizarse la simulación por el método de elementos finitos (FEM) tuvo que prepararse de antemano un modelo 3D de todo de la estructura de soporte de las calderas del HRDT. Como inicialmente se consideró como material base el acero ASTM A 36, se realizó una comparación de factor de seguridad teniendo la simulación una correlación de 36.36% respecto al resultado teórico y también realizamos un análisis térmico de la temperatura exterior del aislamiento de las áreas de cocina teniendo la simulación una correlación de 94.61% respecto al resultado teórico, lavandería teniendo la simulación una correlación de 97.54% respecto al resultado teórico y central de esterilización teniendo la simulación una correlación de 106.60% respecto al resultado teórico.

- Popayán, A. (2016), en su tesis titulada "Mejoramiento De Las Líneas De Distribución De Vapor Mediante La Reingeniería Al Área De Esterilización, Cocina Y Lavandería Del Hospital Regional Eleazar Guzmán Barrón", teniendo como pacientes diarios 3 117 un presupuesto de 257, 162.66 soles y un periodo de recuperación de la inversión de 6.6 años Por qué tuvo indicadores como costo de mantenimiento y un ahorro económico. En la tesis presente el hospital regional teniendo como pacientes diarios 1 546 con un presupuesto inversión necesaria es de 77 011.675 soles y su periodo de recuperación de la inversión es de 2 meses y 27 días.



## VI. CONCLUSIONES:

- Se realizó el balance de masa y energía en el sistema de vapor del HRT, se obtuvo que las calderas, de 100 BHP cada una de las dos, generan como máximo 1403.566 kg/h, siendo su producción específica, de 14.03 kg vapor por cada BHP
- Se determinó los flujos actuales de vapor:
- A cocina: 914.40 kg/h, a Central de esterilización: 92.30 kg/h, a Lavandería en baja presión: 288 kg/h, a Lavandería, en alta presión: 543.60 kg/h
- Y los flujos proyectados:
- A cocina: 1333.40g/h, a Central de esterilización 92.30 kg/h, a Lavandería en baja presión: 345.60 kg/h y a Lavandería en alta presión: 763.20 kg/h.
- Siendo el Incremento de capacidad de transporte de vapor por rediseño de red:
- $\Delta mv = mv\_actual - mv\_proyectado = 2\ 534.504 - 1838.30 = 696.204$  kg/h
- Se concluye que la nueva red de vapor tendrá una capacidad mayor que la actual, de 37.87 % en relación a la actual.
- La máxima capacidad de las dos calderas es de 2808 kg/h, mayor que la máxima demanda proyectada, de 2534.504 kg/h, se concluye que el sistema de generación de vapor está en capacidad de asumir la nueva demanda de vapor.
- Se determinó el rendimiento térmico de la nueva red de vapor, con aislante térmico de lana mineral, siendo de 99.57 %, siendo el calor total de 2,186.14 kw, la pérdida de calor de 9.251 kw y el calor útil de 2,176.89 kw, siendo el rendimiento actual de 97.5 %, se concluye que existe un mayor rendimiento térmico de la nueva red de vapor en relación a la actual, del orden de  $99.57 - 97.5 = 2.07$  %
- Se hizo el análisis económico, se determinó que la inversión necesaria es de 77 011.675 soles y su periodo de recuperación de la inversión es de 2 meses y 27 días.
- Se realizó el dimensionamiento de la red de vapor, en base a obtener una caída mínima de presión, entre 0.20 a 0.5 % de la presión inicial, mucho menor que la máxima admisible, recomendada: (5...7.5) % de  $p_1$ .

- Se dimensionó y seleccionó las válvulas reductoras de presión de vapor, determinando el coeficiente de válvula, Kv (m<sup>3</sup>/h), siendo del tipo pilotada, con un factor de servicio entre 1.3 a 1.5. se concluye que las capacidades de las válvulas reductoras de presión están bien dimensionadas.
- Se realizó el cálculo de elasticidad de los tramos de tuberías, en base a la dilatación térmica de los tramos, se empleó el método de elasticidad por cada dos tramos, definiendo que existe autocompensación y no es necesario utilizar compensadores elásticos como fuelles o liras de dilatación. Los elementos de dilatación se utilizan en los tramos largos, mayores a los 15 m, siendo el fuelle de dilatación de capacidad de absorción de 50 mm/pieza, se concluye que el cálculo y dimensionamiento de accesorios de dilatación está bien realizado.

## **VII. RECOMENDACIONES:**

- Se recomienda implementar un adecuado plan de mantenimiento preventivo de tuberías y accesorios, como válvulas, trampas, filtros; para sostener los rendimientos proyectados.
- Se recomienda utilizar técnicas de detección de fallas de soldadura eléctrica entre tubos y entre tubos y accesorios.
- Se recomienda implementar la verificación de los dispositivos de seguridad como válvulas de seguridad después de válvulas reductoras de presión de vapor, de acuerdo a normas, y ser calibradas.
- Se recomienda implementar un sistema completo de medición de variables de procesos, como: flujómetros de vapor, flujómetros de aire, flujómetros de combustible, totalizadores, manómetros y termómetros para el agua, aire y gases de chimenea.
- Aplicar técnicas predictivas de análisis y detección de fallas por fugas de vapor en trampas, con analizadores por ultrasonidos.
- Preparar un expediente técnico para el rediseño de la red de recuperación de condensado.
- Se recomienda que, luego de la instalación de la nueva red de vapor; se realice la verificación y, de ser necesario, corrección de las dilataciones de los tramos de tuberías, para evitar daños en la red.

## REFERENCIAS:

- Aguilera Díaz ,2017. El costo-beneficio como herramienta de decisión en la inversión en actividades científicas [03 diciembre de 2022]  
<http://scielo.sld.cu/pdf/cofin/v11n2/cofin22217.pdf>
- Aldo Scapini, 2019. Termodinámica [27 septiembre de 2022]  
<https://institutonacional.cl/wp-content/uploads/2019/11/3-F%C3%ADsica-Calor-Plan-Com%C3%BAAn.pdf>
- Andrés Sevilla Arias, 2022. Tasa interna de retorno (TIR) [03 diciembre de 2022]  
<https://economipedia.com/definiciones/tasa-interna-de-retorno-tir.html>
- Arturo García, 2021. VAN, TIR y Pay-back: ¿qué son y en qué se diferencian? [03 diciembre de 2022]  
<https://economipedia.com/definiciones/tasa-interna-de-retorno-tir.html>
- Bohorquez Guzman, R. D. (2013). Auditoria Energética al Circuito de Vapor y Condensado de una Planta de Café Liofilizado. Guayaquil, Ecuador. [Tesis de pregrado, Escuela Superior Politécnica del Litoral]. Dspace.  
<http://www.dspace.espol.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/123456789/31327/D-79731.pdf?sequence=-1&isAllowed=y>
- Cardona, R. (2018). Análisis de sensibilidad del intercambiador de calor de tubo y coraza del laboratorio de plantas térmicas de la universidad libre. [Tesis de pregrado, Universidad libre de Bogotá]. unilibre.  
<https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/11604/Tesis%20y%20art%C3%ADculo.pdf?sequence=1>
- Cengel, Y., & Cimbala J. (2006). Mecánica de Fluidos. (1 ra Edición). Editorial Mc. Graw-Hill.
- Cengel, Yunus A. y Boles, Michael A. (2012). Termodinámica, 7ta Edición. México: McGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES, S.A DE C.V.  
<http://joinville.ifsc.edu.br/~evandro.dario/Termodin%C3%A2mica/Material%20Did%C3%A1tico/Livro%20-%20Cengel/Termodinamica%20-%20Cengel%207th%20-%20espanhol.pdf>

- Cengel, Y. A., & Boles, M. A. (2015). Termodinámica, 8ta Edición. México: McGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES, S.A DE C.V.  
<https://www.yumpu.com/es/document/view/65291157/termodinamica-yunus-a-cengel-michael-a-boles-8va-edicion>
- Certificados Energéticos, 2019. Recuerda conceptos básicos sobre energía, potencia y rendimiento [27 septiembre de 2022]  
<https://www.certificadosenergeticos.com/recuerda-conceptos-basicos-energia-potencia-rendimiento>
- CivilArq. (2022). Método de los Tres Momentos [03 de noviembre del 2022]  
<http://ingcivil-2008.blogspot.com/2008/06/mtodo-de-los-tres-momentos.html>
- Concepto, 2022 ¿Qué es densidad? [27 septiembre de 2022]  
<https://concepto.de/densidad/#ixzz7g7UVd7M9>
- Conexión Esan, 2017. Fundamentos financieros: el valor actual neto (VAN) [03 diciembre de 2022]  
<https://www.esan.edu.pe/conexion-esan/fundamentos-financieros-el-valor-actual-neto-van>
- Chepe y Núñez (2018), diseño de un sistema de aislamiento térmico para la red de tuberías de vapor en la empresa agroindustrial Pucalá S.A.C. [Tesis de pregrado, Universidad Señor De Sipan]. Uss.  
<https://repositorio.uss.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12802/4872/Chepe%20Fiestas%20-%20N%c3%ba%c3%b1ez%20D%c3%adaz.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- D. Asencio, J. R. (2009). Instrucciones de Montaje y Mantenimiento para Válvulas de Compuerta, Globo y Retención. Manual. [Archivo PDF].  
[http://www.trueline.ca/public\\_html/uploads/product\\_files/VALVULAS%20DE%20COMPUERTA%20GLOBO%20Y%20RETENCION%20Rev\\_1%20\(4\)\\_20120724131321.pdf](http://www.trueline.ca/public_html/uploads/product_files/VALVULAS%20DE%20COMPUERTA%20GLOBO%20Y%20RETENCION%20Rev_1%20(4)_20120724131321.pdf)

- Diaz, elena y Ruiz miguel (2004) Mecánica de estructuras [03 de noviembre del 2022]  
[http://cervera.rmee.upc.edu/libros/Mec%C3%A1nica\\_de\\_estructuras\\_II\\_Analisis\\_de\\_Estructuras.pdf](http://cervera.rmee.upc.edu/libros/Mec%C3%A1nica_de_estructuras_II_Analisis_de_Estructuras.pdf)
- Digi-Key, 2022. Medida de la sección transversal del cable. [27 septiembre de 2022]  
<https://www.digikey.com.mx/es/blog/measurement-of-the-cable-cross-section#:~:text=La%20secci%C3%B3n%20transversal%20A%20se,Di%C3%A1metro%C2%B2%20x%20Pi%20%2F%204%22>.
- Enginner, 2020. Cálculo del volumen de la tubería: principios de cálculo y reglas de cálculo en litros y metros cúbicos. [27 septiembre de 2022]  
<https://engineer.decorexpro.com/es/otoplenie/project/raschet-obema-truby.html>
- Energética, U. d. (2006). Manual de Eficiencia Energética para Mypes. [Archivo PDF].  
<file:///C:/Users/LENOVO/Downloads/Manual%20para%20preparacion%20de%20auditorias%20energeticas.pdf>
- Física Practica (2022). momento de una fuerza [03 de noviembre del 2022]  
<https://www.fisicapractica.com/momento.php>
- Flow of Fluids Through Valves, Fittings & Pipe, 2018. Technical paper N° 410M  
<https://www.iberlibro.com/9781400527120/Flow-Fluids-Valves-Fittings-Pipe-1400527120/plp>
- Henry, Martínez (2007), En su tesis titulada "Estudio Para El Rediseño De La Red De Vapor Y Retorno Del Condensado Para El Hospital General San Juan De Dios, Guatemala" (Tesis de pregrado, Universidad de San Carlos de Guatemala)  
[http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08\\_0542\\_M.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0542_M.pdf)

- Hanus, Kristián, Miroslav Variny, and Peter Illés. "Assessment and Prediction of Complex Industrial Steam Network Operation by Combined Thermo-Hydrodynamic Modeling." *Processes* 8.5 (2020): 622–. Web.
- Holman, J. P. (1999). *Transferencia de Calor* (8va Edición ed.). México, México.
- Isover. (2006). *Manual del Aislamiento en la Industria*. [Archivo PDF]. [C:/Users/JAIRO/Downloads/manual-aislamiento-industria%20 \(2\).pdf](C:/Users/JAIRO/Downloads/manual-aislamiento-industria%20(2).pdf) log
- Idoia, 2009. Capacidad térmica y su fórmula. [27 septiembre de 2022] <https://www.caloryfrio.com/calefaccion/calefaccion-instalaciones-componentes/capacidad-termica-formula.html>
- Jutglar, Luis, Miranda, Ángel Luis y Villarubia, Miguel. 2011. *Manual de Calefacción*. Barcelona: Marcombo SA, 2011. ISBN: 978-84-267-1738-2.
- Kern, Donald Q. 2006. *Procesos de Transferencia de Calor*. México: McGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES, S.A., 2006. ISBN: 978-968-26-1040-0.
- Laura Mendoza (2020). *La Temperatura Es Una Magnitud Referida A Las Nociones Comunes de Calor Medible Mediante Un Termómetro*. [13 de junio de 2022.] <https://es.scribd.com/document/442813394/La-temperatura-es-una-magnitud-referida-a-las-nociones-comunes-de-calor-medible-mediante-un-termometro-docx>
- Lopera Echavarría, J. D., Ramírez Gómez, C. A., Zuluaga Aristizabal, M. U., & Ortiz Vanegas, J. (2010). *El método analítico como método natural* [Tesis de pregrado, Escuela de Antioquia, Colombia]. redalyc. <https://www.redalyc.org/pdf/181/18112179017.pdf>
- Lozano y Medina (2020), *Metodología integrada para el diseño de tuberías en proceso de transporte de vapor saturado para asegurar la efectividad operacional para Centros Hospitalarios* (Tesis de pregrado, Universidad Cesar Vallejo). repositorio institucional de la universidad cesar vallejo. [https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/64408/Lozano\\_HGP-Medina\\_RDE-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/64408/Lozano_HGP-Medina_RDE-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

- Milagros (2018). Optimización de la Producción mediante Análisis Nodal. [03 de noviembre del 2022]  
<https://slideplayer.es/slide/14189988/>
- Osma (2020) ¿Qué es el número de Reynolds? [03 de noviembre del 2022]  
<https://www.aerodinamicaf1.com/2020/10/que-es-el-numero-de-reynolds/>
- Paredes Rosario, Raúl. 2013. Termodinámica para Ingeniería Industrial. Lima: Universidad Privada del Norte S.A.C., 2013.  
ISBN 978-9972-2516-5-8.
- Pirobloc, S.A (2022). CÁLCULO DE PÉRDIDAS DE CARGA [03 de noviembre del 2022]  
<https://www.pirobloc.com/blog-es/calculo-perdidas-carga/>
- Popayán Villanueva, A. M. (2016). Mejoramiento de las líneas de distribución de vapor mediante la reingeniería al área de esterilización, cocina y lavandería del Hospital Regional Eleazar Guzmán Barrón (Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Santa)  
<https://1library.co/document/qvje4xrq-mejoramiento-distribucion-mediante-reingenieria-esterilizacion-lavanderia-hospital-regional.html>
- Polifusión (2008). Cálculo Del Brazo Dilatante. [03 de noviembre del 2022]  
<https://xdoc.mx/documents/calculo-del-brazo-dilatante-ejemplo-datos-largo-5e6e8e8807b9c>
- Rentería Vidaurre, M. (2014). Diseño de metodología para el análisis de flexibilidad en sistemas de tuberías (Tesis de pregrado, Universidad Católica del Perú).  
[https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/5997/RENTERIA\\_MARCELO\\_DISE%c3%91O\\_METODOLOGIA\\_ANALISIS.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/5997/RENTERIA_MARCELO_DISE%c3%91O_METODOLOGIA_ANALISIS.pdf?sequence=1&isAllowed=y)



- Refrigeración, Asociación Técnica Española de Climatización y. 2007. Guía térmica para el diseño y cálculo del aislamiento térmico de conducciones, aparatos y equipos. Madrid - España:

IDAE, 2007. 978-84-96680-08-1.

- Rex; Loo, Jaslyn, Dominic, Tan, Raymond “Targeting for Cogeneration Potential and Steam Allocation for Steam Distribution Network.” Applied thermal engineering 113 (2017): 1610–1621.
- Rockwool. (2009). Aislamiento de Equipos Industriales. [16 de junio de 2022.]

<https://www.rockwool.com/es/>

- Rodríguez Chica, D. F., & Rubio Sarmiento, O. A. (2014). Diseño del sistema de distribución de vapor y selección del caldero para el hospital San Juan de Dios (Tesis de pregrado, Universidad Politécnica Salesiana). Dspace. <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/7026>
- Ruiz, K. y García, F. (2016). Máquina de vapor.
- Sipore, 2022. ¿Qué es el Rediseño? [13 de junio de 2022.]
- <https://sirope.es/glosario-branding/que-es-el-rediseño/>
- Spirax, S. (1999). Calderos y Accesorios. Guía de Referencia Técnica.
- Spirax, S. (1999). Distribución del Vapor. Guía de Referencia Técnica.
- Spirax Sarco. (2015). Catálogo de accesorios de vapor.
- Stevens Ronal , 2022. ¿Qué es el Valor presente y Valor futuro?: Fórmulas, Ejemplos [03 diciembre de 2022]

<https://www.rankia.co/blog/mejores-cdts/3632678-que-valor-presente-futuro-formulas-ejemplos>

- Soluciones Logísticas Integrales 3PL en Latinoamérica, 2022. ¿Qué debes considerar al diseñar una red de distribución? [09 de septiembre de 2022.] <https://blog.solistica.com/que-debes-considerar-al-disenar-una-red-de-distribucion#:~:text=Redise%C3%B1ar%20o%20dise%C3%B1ar%20desde%20cero,de%20respuesta%2C%20entre%20muchos%20m%C3%A1s.>

- The Finite Element, 2022. Calores específicos – Termodinámica  
<https://www.thefinitelement.com/calores-especificos#:~:text=El%20calor%20espec%C3%ADfico%20es%20la,de%20masa%20de%20una%20sustancia.>
- Thermal Engineering,2022. ¿Qué es el cálculo de la eficiencia térmica? [27 septiembre de 2022]  
<https://www.thermal-engineering.org/es/que-es-el-calculo-de-la-eficiencia-termica-definicion/#:~:text=La%20eficiencia%20t%C3%A9rmica%20%2C%20CE%20%B7%20th,combusti%C3%B3n%20interna%20o%20un%20refrigerador.>
- TLV Ingeniería del Vapor. (1995). TLV Especialista en Vapor.
- Távara y Rojas (2015), diseño de un sistema de control con periferia descentralizada para optimizar las condiciones de temperatura y presión del vapor que ingresa a fábrica en la empresa agroindustrial Tumán S.A. (Tesis de pregrado, Universidad Nacional “Pedro Ruíz Gallo”). unprg.  
<https://repositorio.unprg.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12893/890/BC-TES-4025.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Universidad nacional experimental del Táchira (2005). transferencia de calor. [13 de junio de 2022.]  
[http://www.unet.edu.ve/~fenomeno/F\\_DE\\_T-165.htm](http://www.unet.edu.ve/~fenomeno/F_DE_T-165.htm)
- University of Calgary, 2017. Educación Energética [09 de septiembre de 2022.]  
[https://energyeducation.ca/Enciclopedia\\_de\\_Energia/index.php/Eficiencia](https://energyeducation.ca/Enciclopedia_de_Energia/index.php/Eficiencia)
- Vapor para la industria, 2021.Metodos de cálculos de consumo de vapor para plantas industriales [27 septiembre de 2022]  
<https://vaporparalaindustria.com/metodos-de-calculo-de-consumo-de-vapor-industrial/>
- Valverde (2017), plan de gestión energética en el sistema de vapor saturado en curtiembre cuenca, basado en auditoria térmica y normas peruanas, para aumentar eficiencia y reducir costos de generación de vapor. (Tesis de

pregrado, Universidad Cesar Vallejo). repositorio institucional de la universidad cesar vallejo.

[https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/26458/valverde\\_aj.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/26458/valverde_aj.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

- VALFONTA, diseño y fabricación de válvulas. (2020). ¿Qué es y cuál es la función de una válvula de control? [22 de septiembre del 2022.]

<https://www.valfonta.com/producto/valvula-control-actuador-neumatico/>

- Varsity Tutors, 2022. Matemáticas Calientes [27 septiembre de 2022]

[https://www.varsitytutors.com/hotmath/hotmath\\_help/spanish/topics/volume-of-a-cylinder](https://www.varsitytutors.com/hotmath/hotmath_help/spanish/topics/volume-of-a-cylinder)

- Varsity Tutors, 2022. Matemáticas Calientes [27 septiembre de 2022]

[https://www.varsitytutors.com/hotmath/hotmath\\_help/spanish/topics/surface-area-of-a-cylinder](https://www.varsitytutors.com/hotmath/hotmath_help/spanish/topics/surface-area-of-a-cylinder)

- VAM Industry. (2016). Tuberías, válvulas y accesorios. Barcelona. [18 de junio de 2022.]

- [https://ddd.uab.cat/pub/tfg/2016/148700/TFG\\_VamIndustry\\_v04.pdf](https://ddd.uab.cat/pub/tfg/2016/148700/TFG_VamIndustry_v04.pdf)

- Yauri Callupe, D. G. (2018). Evaluación de la red de distribución de vapor en el Hospital Regional Ramiro Prialé de Huancayo (Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Centro de Perú). uncp.

<https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/4510/Yauri%20C..pdf?sequence=1>



Objetivo: Recolectar datos de la temperatura superficial desnuda de la tubería de distribución de vapor a Cocina y la temperatura de su entorno.

No. de medición y tramo	Temperatura superficial aislada [°C]	Temperatura superficial aislada [K]	Temperatura superficial desnuda [°C]	Temperatura superficial desnuda [K]	Temperatura ambiente [°C]	Temperatura ambiente [K]	Hora
1 AB							
1 BC							
2 AB							
2 BC							
3 AB							
3 BC							
4 AB							
4 BC							
5 AB							
5 BC							
6 AB							
6 BC							
7 AB							
7 BC							
8 AB							
8 BC							
9 AB							
9 BC							
10 AB							
10 BC							
11 AB							
11 BC							
12 AB							
12 BC							
13 AB							
13 BC							
14 AB							
14 BC							
15 AB							
15 BC							
16 AB							
16 BC							
17 AB							
17 BC							
18 AB							
18 BC							
19 AB							
19 BC							
20 AB							
20 BC							
Promedio							

Objetivo: Recolectar datos de la temperatura superficial desnuda de la tubería de distribución de vapor a Central de Esterilización y la temperatura de su entorno.

No. de medición y tramo	Temperatura superficial aislada [°C]	Temperatura superficial aislada [K]	Temperatura superficial desnuda [°C]	Temperatura superficial desnuda [K]	Temperatura ambiente [°C]	Temperatura ambiente [K]	Hora
1 DE							
1 EF							
2 DE							
2 EF							
3 DE							
3 EF							
4 DE							
4 EF							
5 DE							
5 EF							
6 DE							
6 EF							
7 DE							
7 EF							
8 DE							
8 EF							
9 DE							
9 EF							
10 DE							
10 EF							
11 DE							
11 EF							
12 DE							
12 EF							
13 DE							
13 EF							
14 DE							
14 EF							
15 DE							
15 EF							
16 DE							
16 EF							
17 DE							
17 EF							
18 DE							
18 EF							
19 DE							
19 EF							
20 DE							
20 EF							
Promedio							

Objetivo: Recolectar datos de la temperatura superficial desnuda de la tubería de distribución de vapor a Lavandería de 100 PSI y la temperatura de su entorno.

No. de medición y tramo	Temperatura superficial aislada [°C]	Temperatura superficial aislada [K]	Temperatura superficial desnuda [°C]	Temperatura superficial desnuda [K]	Temperatura ambiente [°C]	Temperatura ambiente [K]	Hora
1 GH							
1 HI							
2 GH							
2 HI							
3 GH							
3 HI							
4 GH							
4 HI							
5 GH							
5 HI							
6 GH							
6 HI							
7 GH							
7 HI							
8 GH							
8 HI							
9 GH							
9 HI							
10 GH							
10 HI							
11 GH							
11 HI							
12 GH							
12 HI							
13 GH							
13 HI							
14 GH							
14 HI							
15 GH							
15 HI							
16 GH							
16 HI							
17 GH							
17 HI							
18 GH							
18 HI							
19 GH							
19 HI							
20 GH							
20 HI							
Promedio							

Objetivo: Recolectar datos de la temperatura superficial desnuda de la tubería de distribución de vapor a Lavandería de 10 PSI y la temperatura de su entorno.

No. de medición y tramo	Temperatura superficial aislada [°C]	Temperatura superficial aislada [K]	Temperatura superficial desnuda [°C]	Temperatura superficial desnuda [K]	Temperatura ambiente [°C]	Temperatura ambiente [K]	Hora
1 JK							
1 KL							
2 JK							
2 KL							
3 JK							
3 KL							
4 JK							
4 KL							
5 JK							
5 KL							
6 JK							
6 KL							
7 JK							
7 KL							
8 JK							
8 KL							
9 JK							
9 KL							
10 JK							
10 KL							
11 JK							
11 KL							
12 JK							
12 KL							
13 JK							
13 KL							
14 JK							
14 KL							
15 JK							
15 KL							
16 JK							
16 KL							
17 JK							
17 KL							
18 JK							
18 KL							
19 JK							
19 KL							
20 JK							
20 KL							
Promedio							



**ANEXO A-2, FICHA DE ENTREVISTA**

**ENTREVISTA N°01**

**OBJETIVO:** Recolectar Información Sobre consumo actual de la red de vapor por áreas en el Hospital Regional Docente de Trujillo.

Entrevista dirigida a los trabajadores del hospital regional docente de Trujillo.

Nombre del entrevistado:

Cargo:

Tiempo laborando en el hospital:

**CENTRAL DE ESTERILIZACIÓN**

**1. ¿Desde cuándo funciona el área?**

-----  
-----

**2. ¿Cuántas horas al día funciona el área de esterilización?**

-----  
-----

**3. ¿Cuál es la hora punta de la demanda de vapor?**

-----  
-----

**4. ¿Cuáles cree usted que son las deficiencias en el suministro de vapor actual?**

-----  
-----

Entrevista dirigida a los trabajadores del hospital regional docente de Trujillo.

Nombre del entrevistado:

Cargo:

Tiempo laborando en el hospital:

### **COCINA**

**1. ¿Desde cuándo funciona el área?**

-----  
-----

**2. ¿Cuántas horas trabaja al día las marmitas y cocinas?**

-----  
-----

**3. ¿Cambiaría y/o agregaría alguna maquina?**

-----  
-----

**4. ¿Cuáles son las deficiencias en el suministro de vapor actual?**

-----  
-----  
-----  
-----

Entrevista dirigida a los trabajadores del hospital regional docente de Trujillo.

Nombre del entrevistado:

Cargo:

Tiempo laborando en el hospital:

**LAVANDERÍA DE 100 PSI - 10PSI**

**1. ¿Desde cuándo funciona el área?**

-----  
-----

**2. ¿Cuántas horas trabaja al día las máquinas de 100 PSI - 10PSI?**

-----  
-----  
-----  
-----  
-----  
-----

**3. ¿Cuál es la hora punta de la demanda de vapor?**

-----  
-----

**4. ¿Cuáles son las deficiencias en el suministro de vapor actual?**

-----  
-----

Entrevista dirigida a los trabajadores del hospital regional docente de Trujillo.

Nombre del entrevistado:

Cargo:

Tiempo laborando en el hospital:

### **CASA DE FUERZA – GENERACIÓN DE VAPOR**

**1. ¿Desde hace cuánto se creó esta área?**

----- ---  
-----

**2. ¿Cuántas horas trabajan al día las calderas?**

----- -  
-----

**3. ¿Considera agregar un manifold de vapor?**

----- ---  
-----

**4. ¿cuáles son las actividades de mantenimiento que se le da a la red de vapor en Planta de Generación?**

----- ---  
-----

**5. ¿Cuáles son las deficiencias en el suministro de vapor actual?**

----- ---  
-----  
----- ---  
-----

## VALORACIÓN DEL INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Por favor, marque con una X la respuesta escogida de entre las opciones que se presentan:

	sí	no
El instrumento contiene ítems claros a observar	X	
El número de ítems es el adecuado.	X	
Los ítems responden a los objetivos de la investigación (en el supuesto de contestar NO, por favor, indique inmediatamente abajo cuáles)	X	

<b>ítems que el experto considera no cumplen o faltan a la exigencia de la investigación</b>	
N.º de la(s) ítems(s)	
Propuestas de mejora (modificación, sustitución o supresión)	

	<b>Evaluación general del Instrumento</b>			
	Excelente	Buena	Regular	Deficiente
Validez de contenido del Instrumento		X		

<b>Observaciones y recomendaciones en general de la ficha de observación:</b>	
Motivos por los que se considera no adecuada	
Motivos por los que se considera no pertinente	
Propuestas de mejora (modificación, sustitución o supresión)	

## Identificación del experto

<b>Nombre y apellidos</b>	Luis Julca Verástegui
<b>Filiación</b> (ocupación, grado académico y lugar de trabajo):	Ingeniero Mecánico Magister Universidad César Vallejo
<b>e-mail</b>	julcal@ucvvirtual.edu.pe
<b>Teléfono o celular</b>	978686809
<b>Fecha de la validación</b> (día, mes y año):	07-12-2022
<b>Firma</b>	

Muchas gracias por su valiosa contribución a la validación de este instrumento.

## VALORACIÓN DEL INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Por favor, marque con una X la respuesta escogida de entre las opciones que se presentan:

	sí	no
El instrumento contiene ítems claros a observar	X	
El número de ítems es el adecuado.	X	
Los ítems responden a los objetivos de la investigación (en el supuesto de contestar NO, por favor, indique inmediatamente abajo cuáles)	X	

ítems que el experto considera no cumplen o faltan a la exigencia de la investigación	
N.º de la(s) ítems(s)	
Propuestas de mejora (modificación, sustitución o supresión)	

	Evaluación general del Instrumento			
	Excelente	Buena	Regular	Deficiente
Validez de contenido del Instrumento		X		

Observaciones y recomendaciones en general de la ficha de entrevista:	
Motivos por los que se considera no adecuada	
Motivos por los que se considera no pertinente	
Propuestas de mejora (modificación, sustitución o supresión)	

## Identificación del experto

<b>Nombre y apellidos</b>	Luis Julca Verástegui
<b>Filiación</b> (ocupación, grado académico y lugar de trabajo):	Ingeniero Mecánico Magister Universidad César Vallejo
<b>e-mail</b>	julcal@ucvvirtual.edu.pe
<b>Teléfono o celular</b>	978686809
<b>Fecha de la validación</b> (día, mes y año):	07-12-2022
<b>Firma</b>	

Muchas gracias por su valiosa contribución a la validación de este instrumento.



## VALORACIÓN DEL INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Por favor, marque con una X la respuesta escogida de entre las opciones que se presentan:


	sí	no
El instrumento contiene ítems claros a observar	X	
El número de ítems es el adecuado.	X	
Los ítems responden a los objetivos de la investigación (en el supuesto de contestar NO, por favor, indique inmediatamente abajo cuáles)	X	

<b>ítems que el experto considera no cumplen o faltan a la exigencia de la investigación</b>	
N.º de la(s) ítems(s)	No aplica
Propuestas de mejora (modificación, sustitución o supresión)	No aplica

	<b>Evaluación general del Instrumento</b>			
	<b>Excelente</b>	<b>Buena</b>	<b>Regular</b>	<b>Deficiente</b>
Validez de contenido del Instrumento		X		

<b>Observaciones y recomendaciones en general de la ficha de entrevista:</b>	
Motivos por los que se considera no adecuada	No aplica
Motivos por los que se considera no pertinente	No aplica
Propuestas de mejora (modificación, sustitución o supresión)	No aplica

## Identificación del experto

<b>Nombre y apellidos</b>	Jorge Antonio Inciso Vásquez
<b>Filiación</b> (ocupación, grado académico y lugar de trabajo):	Docente TC Ingeniería Mecánica Eléctrica UCV- Trujillo Grado de Doctor
<b>e-mail</b>	jinciso@ucv.edu.pe
<b>Teléfono o celular</b>	976914508
<b>Fecha de la validación</b> (día, mes y año):	05 setiembre 2022
<b>Firma</b>	 ----- Dr. Jorge Antonio Inciso Vásquez Ing. Mecánico CIP: 88717

Muchas gracias por su valiosa contribución a la validación de este instrumento.

## VALORACIÓN DEL INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Por favor, marque con una X la respuesta escogida de entre las opciones que se presentan:


	sí	no
El instrumento contiene ítems claros a observar	X	
El número de ítems es el adecuado.	X	
Los ítems responden a los objetivos de la investigación (en el supuesto de contestar NO, por favor, indique inmediatamente abajo cuáles)	X	

<b>ítems que el experto considera no cumplen o faltan a la exigencia de la investigación</b>	
N.º de la(s) ítems(s)	No aplica
Propuestas de mejora (modificación, sustitución o supresión)	No aplica

	<b>Evaluación general del Instrumento</b>			
	<b>Excelente</b>	<b>Buen a</b>	<b>Regular</b>	<b>Deficiente</b>
Validez de contenido del Instrumento		X		

<b>Observaciones y recomendaciones en general de la ficha de observación:</b>	
Motivos por los que se considera no adecuada	No aplica
Motivos por los que se considera no pertinente	No aplica
Propuestas de mejora (modificación, sustitución o supresión)	No aplica

## Identificación del experto

<b>Nombre y apellidos</b>	Jorge Antonio Inciso Vásquez
<b>Filiación</b> (ocupación, grado académico y lugar de trabajo):	Docente TC Ingeniería Mecánica Eléctrica UCV- Trujillo Grado de Doctor
<b>e-mail</b>	Jinciso@ucv.edu.pe
<b>Teléfono o celular</b>	976914508
<b>Fecha de la validación</b> (día, mes y año):	05 setiembre 2022
<b>Firma</b>	 ----- Dr. Jorge Antonio Inciso Vásquez Ing. Mecánico CIP: 88717

Muchas gracias por su valiosa contribución a la validación de este instrumento

# eANEXO A-1, FICHA DE OBSERVACIÓN

Objetivo: Recolectar datos de las presiones en distintos puntos de medición de la red de distribución de vapor de cada área del hospital regional docente de Trujillo

N°de medición \ Puntos de medición	Hora	Presión a la Salida de la caldera 1 [psi]	Presión a la Salida de la caldera 2 [psi]	Presión a la entrada a la Lavandería Alta (psi)	Presión a la entrada de Central de Esterilización [psi]	Presión a la entrada de la cocina [psi]	Presión a la entrada a la Lavandería Baja Presión [psi]	Observaciones
1	9:00 a.m.	90	90	98	40	8	8	
2	9:15 a.m.	95	95	99	41	10	10	
3	9:30 a.m.	95	95	100	42	12	12	
4	9:45 a.m.	95	95	102	42	9	9	
5	10:00 a.m.	98	98	100	41	10	10	
6	10:15 a.m.	99	99	100	42	10	8	
7	10:30 a.m.	97	97	100	40	11	10	
8	10:45 a.m.	100	100	100	41	9	12	
9	10:00 a.m.	100	100	100	42	9	9	
10	11:15 a.m.	95	95	100	33	11	10	
11	11:30 a.m.	85	85	100	41	12	8	
12	11:45 a.m.	90	90	102	42	10	10	
13	12:00 p.m.	90	90	102	33	10	12	
14	12:15 p.m.	83	83	100	41	11	9	
15	12:30 p.m.	85	83	99	42	9	10	
16	12:45 p.m.	90	90	100	40	10	8	
17	1:00 p.m.	95	95	100	44	10	10	
18	1:15 p.m.	95	95	100	40	9	12	
19	1:30 p.m.	98	98	100	40	13	9	
20	1:45 p.m.	98	98	100	41	8	10	
21	2:00 p.m.	100	100	99	38	8	10	
22	2:15 p.m.	100	100	99	34	11	12	
23	2:30 p.m.	98	98	100	36	9	10	
24	2:45 p.m.	93	93	100	44	10	12	
Promedio		94.33	94.33	100	40	10	10	

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N°: AM2311-LFP-604-2022

Expediente N° 1738-28847-2022  
Página 1 de 3  
Fecha de emisión 2022-11-17

1. SOLICITANTE : HALEMA S.A.C.  
DIRECCIÓN : Av. Virrey Conde de Lemos Nro. 231, Callao


2. INSTRUMENTO DE MEDICIÓN : MANÓMETRO  
FUNCIONAMIENTO : DEFORMACIÓN ELÁSTICA  
TIPO DE INDICACIÓN : ANALÓGICO  
INTERVALO DE INDICACIÓN  
MANÓMETRO : 0 psi a 300 psi  
DIVISIÓN DE ESCALA  
MANÓMETRO : 5 psi  
CLASE DE EXACTITUD : NO INDICA  
MARCA : JAKO  
MODELO : NO INDICA  
NÚMERO DE SERIE : NO INDICA  
DIÁMETRO DE ROSCA : 1/2" NPT  
DIÁMETRO DE CAJA : 150 mm  
POSICIÓN DE TRABAJO : VERTICAL  
PROCEDENCIA : NO INDICA  
IDENTIFICACIÓN : CIM-419 (\*)  
UBICACIÓN : NO INDICA

Este certificado de calibración es trazable a patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo al Sistema Internacional de Unidades (SI). ADVANCED METROLOGY S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento o equipo después de la calibración, ni de una incorrecta interpretación de los resultados aquí declarados.

Es recomendable recalibrar el instrumento o equipo a intervalos adecuados, los cuales deben ser elegidos con base en las características del trabajo realizado, el mantenimiento y conservación.

Este certificado solo puede ser difundido completamente y sin modificaciones. Los extractos o modificaciones requieren de la autorización de ADVANCED METROLOGY S.A.C. El certificado sin sello y sin firma carece de validez.



  
Lic. Cesar Toledo Baca  
C.F.P. N° 0484  
Gerente Técnico

Objetivo: Recolectar datos de la temperatura superficial desnuda de la tubería de distribución de vapor a Cocina y la temperatura de su entorno.

No. de medición y tramo	Temperatura superficial aislada [°C]	Temperatura superficial aislada [K]	Temperatura superficial desnuda [°C]	Temperatura superficial desnuda [K]	Temperatura ambiente [°C]	Temperatura ambiente [K]	Hora
1 AB	X	X	113	386.15	23	296.15	9:00 am
1 BC	37	310.15	X	X	23	296.15	9:15 am
2 AB	X	X	111	384.15	22	295.15	9:45 am
2 BC	44	317.15	X	X	22	295.15	10:00 am
3 AB	X	X	122.45	395.6	22	295.15	10:15 am
3 BC	50	323.15	X	X	22	295.15	10:30 am
4 AB	X	X	111	384.15	18	291.15	10:45 am
4 BC	48	321.15	X	X	18	291.15	11:00 am
5 AB	X	X	100	373.15	24	297.15	11:15 am
5 BC	47.5	315.65	X	X	24	297.15	11:30 am
6 AB	X	X	100.78	393.93	18	290.15	11:45 am
6 BC	41	314.15	X	X	18	291.15	12:00 pm
7 AB	X	X	100	373.15	24	297.15	12:15 pm
7 BC	49	322.15	X	X	24	297.15	12:30 pm
8 AB	X	X	109	392.03	22	295.15	12:45 pm
8 BC	37	310.15	X	X	22	295.15	1:00 pm
9 AB	X	X	128.2	401.35	25	298.15	1:15 pm
9 BC	48	321.15	X	X	25	298.15	1:30 pm
10 AB	X	X	121.02	394.17	25	298.15	1:45 pm
10 BC	48	321.15	X	X	25	298.15	2:00 pm
11 AB	X	X	100	373.15	24	297.15	2:15 pm
11 BC	30	303.15	X	X	24	297.15	2:30 pm
12 AB	X	X	117	390.15	24	297.15	2:45 pm
12 BC	46	319.15	X	X	24	297.15	3:00 pm
13 AB	X	X	100	373.15	23	296.15	3:15 pm
13 BC	38	311.15	X	X	23	296.15	3:30 pm
14 AB	X	X	124.2	397.35	25	298.15	3:45 pm
14 BC	42	313.15	X	X	25	298.15	4:00 pm
15 AB	X	X	125.3	398.45	25	298.15	4:15 pm
15 BC	44	317.15	X	X	25	298.15	4:30 pm
16 AB	X	X	111	384.15	17	290.15	4:45 pm
16 BC	38	311.15	X	X	17	290.15	5:00 pm
17 AB	X	X	118.3	391.45	20	293.15	5:15 pm
17 BC	34	307.15	X	X	20	293.15	5:30 pm
18 AB	X	X	121.2	394.35	17	290.15	5:45 pm
18 BC	38	311.15	X	X	17	290.15	6:00 pm
19 AB	X	X	114.08	387.23	19	292.15	6:15 pm
19 BC	49	322.15	X	X	19	292.15	6:30 pm
20 AB	X	X	116.02	389.17	23	296.15	6:45 pm
20 BC	46.5	314.65	X	X	23	296.15	7:00 pm
Promedio	42.50	315.65	114.178	387.3275	22	295.15	

Objetivo: Recolectar datos de la temperatura superficial desnuda de la tubería de distribución de vapor a Central de Esterilización y la temperatura de su entorno.

No. de medición y tramo	Temperatura superficial aislada [°C]	Temperatura superficial aislada [K]	Temperatura superficial desnuda [°C]	Temperatura superficial desnuda [K]	Temperatura ambiente [°C]	Temperatura ambiente [K]	Hora
1 DE	57	330.15	X	X	28	301.15	9:00 am
1 EF	X	X	170.8	443.95	28	301.15	9:15 am
2 DE	58	331.15	X	X	22	295.15	9:30 am
2 EF	X	X	171.9	445.05	22	295.15	9:45 am
3 DE	50	323.15	X	X	22	295.15	10:00 am
3 EF	X	X	172.9	445.75	22	295.15	10:15 am
4 DE	55	328.15	X	X	18	291.15	10:45 am
4 EF	X	X	163.7	436.85	18	291.15	11:00 am
5 DE	38	331.15	X	X	21	294.15	11:15 am
5 EF	X	X	168.2	441.35	21	294.15	11:30 am
6 DE	41	314.15	X	X	18	291.15	11:45 am
6 EF	X	X	165.2	438.35	18	291.15	12:00 pm
7 DE	49	322.15	X	X	24	297.15	12:15 pm
7 EF	X	X	167.2	441.05	24	297.15	12:30 pm
8 DE	47	320.15	X	X	21	294.15	12:45 pm
8 EF	X	X	169.4	442.55	21	294.15	1:00 pm
9 DE	48	321.15	X	X	25	298.15	1:15 pm
9 EF	X	X	174.9	448.05	25	298.15	1:30 pm
10 DE	49	322.15	X	X	25	298.15	1:45 pm
10 EF	X	X	161.2	434.35	25	298.15	2:00 pm
11 DE	30	303.15	X	X	23	296.15	2:15 pm
11 EF	X	X	162.7	435.85	23	296.15	2:30 pm
12 DE	46	319.15	X	X	24	297.15	2:45 pm
12 EF	X	X	170.21	443.36	24	297.15	3:00 pm
13 DE	38	311.15	X	X	23	296.15	3:15 pm
13 EF	X	X	170.32	443.67	23	296.15	3:30 pm
14 DE	42	315.15	X	X	22	295.15	3:45 pm
14 EF	X	X	168.8	441.95	22	295.15	4:00 pm
15 DE	48	321.15	X	X	25	298.15	4:15 pm
15 EF	X	X	161.91	435.06	25	298.15	4:30 pm
16 DE	49	322.15	X	X	17	290.15	4:45 pm
16 EF	X	X	177.53	450.63	17	290.15	5:00 pm
17 DE	34	307.15	X	X	20	293.15	5:15 pm
17 EF	X	X	160.91	434.06	20	293.15	5:30 pm
18 DE	38	311.15	X	X	18	291.15	5:45 pm
18 EF	X	X	169.61	442.76	18	291.15	6:00 pm
19 DE	38	331.15	X	X	19	292.15	6:15 pm
19 EF	X	X	179.91	453.06	19	292.15	6:30 pm
20 DE	51	324.15	X	X	23	298.15	6:45 pm
20 EF	X	X	179.34	452.49	23	298.15	7:00 pm
Promedio	47.30	320.45	169.36	442.12	22	29.15	



Objetivo: Recolectar datos de la temperatura superficial desnuda de la tubería de distribución de vapor a Lavandería de 100 PSI y la temperatura de su entorno.

No. de medición y tramo	Temperatura superficial aislada [°C]	Temperatura superficial aislada [K]	Temperatura superficial desnuda [°C]	Temperatura superficial desnuda [K]	Temperatura ambiente [°C]	Temperatura ambiente [K]	Hora
1 GH	X	X	165	438.15	18	291.15	9:00 am
1 HI	58	331.15	X	X	18	291.15	9:15 am
2 GH	X	X	167.9	441.05	20	295.15	9:30 am
2 HI	57	330.15	X	X	22	295.15	9:45 am
3 GH	X	X	172.6	445.75	22	295.15	10:00 am
3 HI	50	323.15	X	X	22	295.15	10:15 am
4 GH	X	X	163.7	436.85	28	301.15	10:30 am
4 HI	58	331.15	X	X	28	301.15	10:45 am
5 GH	X	X	168	441.15	21	294.15	11:00 am
5 HI	55	328.15	X	X	21	294.15	11:15 am
6 GH	X	X	165	438.15	18	291.15	11:30 am
6 HI	41	314.15	X	X	18	291.15	11:45 am
7 GH	X	X	167.9	441.05	24	297.15	12:00 pm
7 HI	49	322.15	X	X	24	297.15	12:15 pm
8 GH	X	X	169	447.15	21	294.15	12:30 pm
8 HI	47	320.15	X	X	21	294.15	12:45 pm
9 GH	X	X	174.9	448.05	25	298.15	1:00 pm
9 HI	48	321.15	X	X	25	298.15	1:15 pm
10 GH	X	X	160.2	434.85	25	298.15	1:30 pm
10 HI	49	322.15	X	X	25	298.15	1:45 pm
11 GH	X	X	163.7	436.85	23	296.15	2:00 pm
11 HI	30	303.15	X	X	23	296.15	2:15 pm
12 GH	X	X	170.21	443.36	24	297.15	2:30 pm
12 HI	46	319.15	X	X	24	297.15	2:45 pm
13 GH	X	X	170.52	443.67	23	296.15	3:00 pm
13 HI	38	311.15	X	X	23	296.15	3:15 pm
14 GH	X	X	168.8	441.95	22	295.15	3:30 pm
14 HI	42	325.15	X	X	22	295.15	3:45 pm
15 GH	X	X	161.91	435.06	15	298.15	4:00 pm
15 HI	48	324.15	X	X	25	298.15	4:15 pm
16 GH	X	X	178.53	451.35	17	290.15	4:30 pm
16 HI	49	322.15	X	X	17	290.15	4:45 pm
17 GH	X	X	160.91	434.06	20	293.15	5:00 pm
17 HI	34	304.15	X	X	20	293.15	5:15 pm
18 GH	X	X	178.2	451.68	18	291.15	5:30 pm
18 HI	38	311.15	X	X	18	291.15	5:45 pm
19 GH	X	X	179.91	453.06	19	292.15	6:00 pm
19 HI	58	331.15	X	X	19	292.15	6:15 pm
20 GH	X	X	179.3	452.45	25	298.15	6:30 pm
20 HI	51	324.15	X	X	25	298.15	6:45 pm
Promedio	47.30	320.15	169.36	442.5095	22	295.15	

Objetivo: Recolectar datos de la temperatura superficial desnuda de la tubería de distribución de vapor a Lavandería de 10 PSI y la temperatura de su entorno.

No. de medición y tramo	Temperatura superficial aislada [°C]	Temperatura superficial aislada [K]	Temperatura superficial desnuda [°C]	Temperatura superficial desnuda [K]	Temperatura ambiente [°C]	Temperatura ambiente [K]	Hora
1 JK	50	323.15	X	X	28	301.15	9:00am
1 KL	X	X	112.78	385.93	28	301.15	9:15am
2 JK	58	331.15	X	X	22	295.15	9:30am
2 KL	X	X	113.98	387.13	22	295.15	9:45am
3 JK	41	314.15	X	X	22	295.15	10:00am
3 KL	X	X	114.46	387.61	22	295.15	10:15am
4 JK	35	308.15	X	X	18	291.15	10:30am
4 KL	X	X	112.58	385.68	18	291.15	10:45am
5 JK	58	331.15	X	X	21	294.15	11:00am
5 KL	X	X	119.73	397.88	21	294.15	11:15am
6 JK	41	314.15	X	X	18	291.15	11:30am
6 KL	X	X	114.99	388.14	18	291.15	11:45am
7 JK	49	322.15	X	X	24	297.15	12:00pm
7 KL	X	X	116.78	389.93	24	297.15	12:15pm
8 JK	49	320.15	X	X	21	294.15	12:30pm
8 KL	X	X	113.56	386.71	21	294.15	12:45pm
9 JK	48	321.15	X	X	25	298.15	1:00pm
9 KL	X	X	112.3	385.93	25	298.15	1:15pm
10 JK	49	322.15	X	X	25	298.15	1:30pm
10 KL	X	X	112.78	385.93	25	298.15	1:45pm
11 JK	30	303.15	X	X	23	296.15	2:00pm
11 KL	X	X	112.67	385.93	23	296.15	2:15pm
12 JK	37	310.15	X	X	24	297.15	2:30pm
12 KL	X	X	114.99	388.14	24	297.15	2:45pm
13 JK	38	311.15	X	X	23	296.15	3:00pm
13 KL	X	X	111.45	384.62	23	296.15	3:15pm
14 JK	40	313.15	X	X	22	295.15	3:30pm
14 KL	X	X	118.78	396.13	22	295.15	3:45pm
15 JK	49.9	322.15	X	X	25	298.15	4:00pm
15 KL	X	X	114.98	388.98	25	298.15	4:15pm
16 JK	49	322.15	X	X	17	290.15	4:30pm
16 KL	X	X	112.93	386.81	17	290.15	4:45pm
17 JK	34	307.15	X	X	20	293.15	5:00pm
17 KL	X	X	113.66	386.84	20	293.15	5:15pm
18 JK	38	311.15	X	X	18	291.15	5:30pm
18 KL	X	X	119.39	397.54	18	291.15	5:45pm
19 JK	58	331.15	X	X	19	292.15	6:00pm
19 KL	X	X	118.97	392.92	19	292.15	6:15pm
20 JK	51	324.15	X	X	25	298.15	6:30pm
20 KL	X	X	113.99	387.14	25	298.15	6:45pm
Promedio	45	318.145	114.785	397.935	22	295.15	

## ANEXO A-2, FICHA DE ENTREVISTA

### ENTREVISTA N°01

OBJETIVO: Recolectar Información Sobre consumo actual de la red de vapor por áreas en el Hospital Regional Docente de Trujillo.

Entrevista dirigida a los trabajadores del hospital regional docente de Trujillo.

Nombre del entrevistado: Lourdes Reyna Flores

Cargo: Enfermera Jefa de Central de Esterilización

Tiempo laborando en el hospital: 8 años

### CENTRAL DE ESTERILIZACIÓN

1. ¿Desde cuándo funciona el área?

Desde 1963

2. ¿Cuántas horas al día funciona el área de esterilización?

24 horas

3. ¿Cuál es la hora punta de la demanda de vapor?

Todo el día

4. ¿Cuáles cree usted que son las deficiencias en el suministro de vapor actual?

- Tuberas Ateron desde la creación del hospital

- Caldero sin mantenimiento

- Se paraliza el caldero y malgran todo el proceso en la Central de Esterilización

Entrevista dirigida a los trabajadores del hospital regional docente de  
Trujillo.

Nombre del entrevistado: LINA VILLAZUCA ESTABLANO  
Cargo: Jefe Dpto Nutrición y Dietética  
Tiempo laborando en el hospital: 26 años

**COCINA**

1. ¿Desde cuándo funciona el área?

Hoy 58 años

1. ¿Cuántas horas trabaja al día las marmitas y cocinas?

14 horas

2. ¿Cambiaría y/o agregaría alguna máquina?

Todas se cambiaron

3. ¿Cuáles son las deficiencias en el suministro de vapor actual?

No hay flujo de vapor y se retrocede  
el Cocimiento de alimentos

Entrevista dirigida a los trabajadores del hospital regional docente de  
Trujillo.

Nombre del entrevistado: *Franco Cuilleras Chávez Flores*  
Cargo: *T. Servicios - jefe área Lavandería*  
Tiempo laborando en el hospital: *en área Lavandería 26 años.*

LAVANDERÍA DE 100 PSI - 10PSI

31. ¿Desde cuándo funciona el área?

*El área funciona desde  
1963.*

2. ¿Cuántas horas trabaja al día las máquinas de 100 PSI - 10PSI?

*Las máquinas funcionaban  
(12) horas - turno mañana - tarde.  
Ahora funcionan 06 horas falta  
personal y maquinaria en ese  
estado.*

3. ¿Cuál es la hora punta de la demanda de vapor?

*De 7 am. a 12 p.m.*

4. ¿Cuáles son las deficiencias en el suministro de vapor actual?

*Tuberías picadas fuga de  
vapor.*

*F.F.  
DPI 18041707.*

Entrevista dirigida a los trabajadores del hospital regional docente de  
Trujillo.

Nombre del entrevistado: Luis Fernando Manteco  
Cargo: CMT. I. operador de m.  
Tiempo laborando en el hospital: 3 y años

### CASA DE FUERZA – GENERACIÓN DE VAPOR

1. ¿Desde hace cuánto se creó esta área?

1963

2. ¿Cuántas horas trabajan al día las calderas?

15 horas.

3. ¿Considera agregar un manifold de vapor?

SI

4. ¿cuáles son las actividades de mantenimiento que se le da a la red de vapor en Planta de Generación?

NO

5. ¿Cuáles son las deficiencias en el suministro de vapor actual?

Falta de mantenimiento preventivo  
Falta de aislamiento Térmico  
Cambio de eodos, Tuberias y Valvulas  
Reductores desgastados

**Anexo 5: Matriz de operacionalización:**

TIPO DE VARIABLES	VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
INDEPENDIENTE	Rediseño de la Red de Vapor	Es el proceso que llevan a cabo los diseñadores cuando cambian una imagen, conservando su esencia, para crear una versión más adecuada (Sipore,2022)	Se presenta como la secuencia de pasos en los cuales se aplica los conocimientos en la realización para llegar con el fin de la elaboración de un rediseño Eficiente y funcional, beneficiando al diseño actual.	Pérdidas de presión  Elasticidad en la tubería  Aislamiento térmico costos de materiales	Razón
DEPENDIENTE	Capacidad térmica	Es la cantidad de calor necesaria para cambiar la temperatura (Idoia,2009)	Cambia la temperatura del material en un 1°C.	Calorías/centígrados	Razón
	Eficiencia térmica	Se aplica la primera ley de la termodinámica (Thermal Engineering,2022)	Es la unidad menos el calor entrante entre el calor total multiplicado por cien para obtener en porcentaje.	porcentaje	Razón

## Anexo 6: Propiedades del vapor saturado:

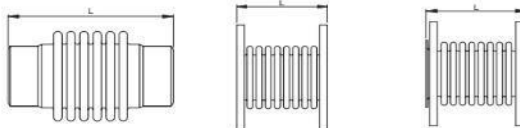
Temp., $T$ °C	Pres. sat., $P_{sat}$ kPa	Volumen específico, $m^3/kg$		Energía interna, $kJ/kg$			Entalpía, $kJ/kg$			Entropía, $kJ/kg \cdot K$		
		Líquido sat., $v_f$	Vapor sat., $v_g$	Líquido sat., $u_f$	Evaporación, $u_{fg}$	Vapor sat., $u_g$	Líquido sat., $h_f$	Evaporación, $h_{fg}$	Vapor sat., $h_g$	Líquido sat., $s_f$	Evaporación, $s_{fg}$	Vapor sat., $s_g$
0.01	0.6117	0.001000	206.00	0.000	2374.9	2374.9	0.001	2500.9	2500.9	0.0000	9.1556	9.1556
5	0.8725	0.001000	147.03	21.019	2360.8	2381.8	21.020	2489.1	2510.1	0.0763	8.9487	9.0249
10	1.2281	0.001000	106.32	42.020	2346.6	2388.7	42.022	2477.2	2519.2	0.1511	8.7488	8.8999
15	1.7057	0.001001	77.885	62.980	2332.5	2395.5	62.982	2465.4	2528.3	0.2245	8.5559	8.7803
20	2.3392	0.001002	57.762	83.913	2318.4	2402.3	83.915	2453.5	2537.4	0.2965	8.3696	8.6661
25	3.1698	0.001003	43.340	104.83	2304.3	2409.1	104.83	2441.7	2546.5	0.3672	8.1895	8.5567
30	4.2469	0.001004	32.879	125.73	2290.2	2415.9	125.74	2429.8	2555.6	0.4368	8.0152	8.4520
35	5.6291	0.001006	25.205	146.63	2276.0	2422.7	146.64	2417.9	2564.6	0.5051	7.8466	8.3517
40	7.3851	0.001008	19.515	167.53	2261.9	2429.4	167.53	2406.0	2573.5	0.5724	7.6832	8.2556
45	9.5953	0.001010	15.251	188.43	2247.7	2436.1	188.44	2394.0	2582.4	0.6386	7.5247	8.1633
50	12.352	0.001012	12.026	209.33	2233.4	2442.7	209.34	2382.0	2591.3	0.7038	7.3710	8.0748
55	15.763	0.001015	9.5639	230.24	2219.1	2449.3	230.26	2369.8	2600.1	0.7680	7.2218	7.9898
60	19.947	0.001017	7.6670	251.16	2204.7	2455.9	251.18	2357.7	2608.8	0.8313	7.0769	7.9082
65	25.043	0.001020	6.1935	272.09	2190.3	2462.4	272.12	2345.4	2617.5	0.8937	6.9360	7.8296
70	31.202	0.001023	5.0396	293.04	2175.8	2468.9	293.07	2333.0	2626.1	0.9551	6.7989	7.7540
75	38.597	0.001026	4.1291	313.99	2161.3	2475.3	314.03	2320.6	2634.6	1.0158	6.6655	7.6812
80	47.416	0.001029	3.4053	334.97	2146.6	2481.6	335.02	2308.0	2643.0	1.0756	6.5355	7.6111
85	57.868	0.001032	2.8261	355.96	2131.9	2487.8	356.02	2295.3	2651.4	1.1346	6.4089	7.5435
90	70.183	0.001036	2.3593	376.97	2117.0	2494.0	377.04	2282.5	2659.6	1.1929	6.2853	7.4782
95	84.609	0.001040	1.9808	398.00	2102.0	2500.1	398.09	2269.6	2667.6	1.2504	6.1647	7.4151
100	101.42	0.001043	1.6720	419.06	2087.0	2506.0	419.17	2256.4	2675.6	1.3072	6.0470	7.3542
105	120.90	0.001047	1.4186	440.15	2071.8	2511.9	440.28	2243.1	2683.4	1.3634	5.9319	7.2952
110	143.38	0.001052	1.2094	461.27	2056.4	2517.7	461.42	2229.7	2691.1	1.4188	5.8193	7.2382
115	169.18	0.001056	1.0360	482.42	2040.9	2523.3	482.59	2216.0	2698.6	1.4737	5.7092	7.1829
120	198.67	0.001060	0.89133	503.60	2025.3	2528.9	503.81	2202.1	2706.0	1.5279	5.6013	7.1292
125	232.23	0.001065	0.77012	524.83	2009.5	2534.3	525.07	2188.1	2713.1	1.5816	5.4956	7.0771
130	270.28	0.001070	0.66808	546.10	1993.4	2539.5	546.38	2173.7	2720.1	1.6346	5.3919	7.0265
135	313.22	0.001075	0.58179	567.41	1977.3	2544.7	567.75	2159.1	2726.9	1.6872	5.2901	6.9773
140	361.53	0.001080	0.50850	588.77	1960.9	2549.6	589.16	2144.3	2733.5	1.7392	5.1901	6.9294
145	415.68	0.001085	0.44600	610.19	1944.2	2554.4	610.64	2129.2	2739.8	1.7908	5.0919	6.8827
150	476.16	0.001091	0.39248	631.66	1927.4	2559.1	632.18	2113.8	2745.9	1.8418	4.9953	6.8371
155	543.49	0.001096	0.34648	653.19	1910.3	2563.5	653.79	2098.0	2751.8	1.8924	4.9002	6.7927
160	618.23	0.001102	0.30680	674.79	1893.0	2567.8	675.47	2082.0	2757.5	1.9426	4.8066	6.7492
165	700.93	0.001108	0.27244	696.46	1875.4	2571.9	697.24	2065.6	2762.8	1.9923	4.7143	6.7067
170	792.18	0.001114	0.24260	718.20	1857.5	2575.7	719.08	2048.8	2767.9	2.0417	4.6233	6.6650
175	892.60	0.001121	0.21659	740.02	1839.4	2579.4	741.02	2031.7	2772.7	2.0906	4.5335	6.6242
180	1002.8	0.001127	0.19384	761.92	1820.9	2582.8	763.05	2014.2	2777.2	2.1392	4.4448	6.5841
185	1123.5	0.001134	0.17390	783.91	1802.1	2586.0	785.19	1996.2	2781.4	2.1875	4.3572	6.5447
190	1255.2	0.001141	0.15636	806.00	1783.0	2589.0	807.43	1977.9	2785.3	2.2355	4.2705	6.5059
195	1398.8	0.001149	0.14089	828.18	1763.6	2591.7	829.78	1959.0	2788.8	2.2831	4.1847	6.4678
200	1554.9	0.001157	0.12721	850.46	1743.7	2594.2	852.26	1939.8	2792.0	2.3305	4.0997	6.4302

Fuente: Termodinámica, Cengel, Y. A., & Boles, M. A. (2015)



## Anexo 7: Especificaciones de compensadores de dilatación Coraci serie H :

### PN16



DN mm	Carrera/travel			R Kg/mm	Am cm <sup>2</sup>	HM-HMC			HF-HFC			HFR-HFRC		
	+ mm	- mm	Total mm			Ref.	L mm	Peso Kg	Ref.	L mm	Peso Kg	Ref.	L mm	Peso Kg
40	6	14	20	10	25	5124	244	0,8	5124	124	4,2	5124	125	4,5
	10	20	30	12	25	5224	316	1,3	5224	196	4,7	5224	198	5,0
	13	27	40	15	25	5324	416	2,3	5324	296	5,7	5324	300	6,0
50	6	14	20	11	37	5126	239	1,1	5126	123	5,5	5126	124	5,9
	10	20	30	13	37	5226	312	1,7	5226	196	6,1	5226	198	6,5
	13	27	40	16	37	5326	412	3,0	5326	296	7,4	5326	300	7,8
65	8	17	25	12	58	5128	235	1,8	5128	119	6,8	5128	121	7,3
	13	27	40	9	58	5228	299	2,4	5228	183	7,4	5228	185	8,0
	16	34	50	16	58	5328	395	4,5	5328	279	9,5	5328	284	10,1
80	10	20	30	13	81	5130	269	2,4	5130	119	8,7	5130	121	9,4
	15	30	45	8	81	5230	319	3,0	5230	169	9,3	5230	171	10,0
	23	47	70	13	81	5330	411	5,5	5330	261	11,8	5330	266	12,5
100	10	20	30	14	127	5132	273	3,4	5132	127	9,9	5132	129	10,7
	16	34	50	9	127	5232	312	3,9	5232	166	10,5	5232	168	11,3
	23	47	70	14	127	5332	403	7,1	5332	257	13,7	5332	262	14,5
125	11	24	35	14	186	5134	262	4,4	5134	120	13,3	5134	122	14,3
	20	40	60	8	186	5234	317	5,2	5234	175	14,1	5234	177	15,1
	26	54	80	14	186	5334	394	9,0	5334	252	17,9	5334	257	19,0
150	10	20	30	31	264	5136	270	6,1	5136	128	16,1	5136	131	17,3
	15	30	45	19	264	5236	316	7,3	5236	174	17,3	5236	177	18,5
	23	47	70	13	264	5336	376	8,8	5336	234	18,8	5336	237	20,1
	33	67	100	25	264	5436	548	20,7	5436	406	30,7	5436	412	32,0
200	10	20	30	36	438	5140	261	9,0	5140	123	21,6	5140	126	23,3
	16	34	50	20	438	5240	312	10,8	5240	174	23,3	5240	177	25,0
	23	47	70	14	438	5340	363	12,8	5340	225	25,3	5340	228	27,0
	36	74	110	22	438	5440	542	27,5	5440	404	40,0	5440	410	41,7
250	11	24	35	35	668	5142	267	14,2	5142	141	31,1	5142	144	33,2
	20	40	60	20	668	5242	324	16,5	5242	198	33,4	5242	201	35,5
	26	54	80	14	668	5342	380	19,0	5342	254	35,8	5342	257	37,9
	40	80	120	23	668	5442	546	37,0	5442	420	53,9	5442	426	56,0
300	10	20	30	45	929	5144	253	15,0	5144	127	46,0	5144	133	48,46
	20	40	60	22	929	5244	314	17,5	5244	188	48,5	5244	194	50,96
	26	54	80	15	929	5344	375	21,0	5344	249	52,0	5344	255	54,46
350	10	20	30	43	1110	5146	256	19,0	5146	138	68,0	5146	144	71,59
	20	40	60	21	1110	5246	320	22,5	5246	202	71,0	5246	208	74,59
	26	54	80	16	1110	5346	364	27,0	5346	246	75,0	5346	252	78,59
400	8	17	25	84	1425	5148	260	23,0	5148	146	83,0	5148	152	87,28
	16	34	50	42	1425	5248	328	27,0	5248	214	86,5	5248	220	90,78
	23	47	70	31	1425	5348	374	32,0	5348	260	92,0	5348	266	96,28
450	10	20	30	88	1802	5150	300	29,0	5150	148	92,0	5150	154	96,76
	15	30	45	53	1802	5250	347	33,0	5250	195	96,0	5250	201	100,76
	23	47	70	33	1802	5350	418	38,0	5350	266	101,0	5350	272	105,76
500	10	20	30	120	2206	5152	304	35,0	5152	160	119,0	5152	166	124,24
	16	34	50	69	2206	5252	353	40,0	5252	209	123,0	5252	215	128,24
	26	54	80	43	2206	5352	427	48,0	5352	283	132,0	5352	289	137,24
600	10	20	30	120	3137	5156	305	42,0	5156	165	173,0	5156	171	179,17
	16	34	50	73	3137	5256	355	48,0	5256	215	177,0	5256	221	183,17
	23	47	70	52	3137	5356	405	58,0	5356	265	187,0	5356	271	193,17

coraci sa – design, production, technical support, service

Fuente: Compensadores de Dilatación Axiales. Coraci S.A

## Anexo 8: CALOR ESPECÍFICO DEL AGUA ENTRE 0°C HASTA 100°C

Temp. °C	Calor específico		Temp. °C	Calor específico		Temp. °C	Calor específico	
	<u>kJ</u> K·kg	<u>kcal</u> K·kg		<u>kJ</u> K·kg	<u>kcal</u> K·kg		<u>kJ</u> K·kg	<u>kcal</u> K·kg
<b>0</b> (hielo)	1,960	0,468	<b>34</b>	4,178	0,999	<b>68</b>	4,189	1,001
<b>0</b>	4,217	1,008	<b>35</b>	4,178	0,999	<b>69</b>	4,189	1,001
<b>1</b>	4,213	1,007	<b>36</b>	4,178	0,999	<b>70</b>	4,190	1,001
<b>2</b>	4,210	1,006	<b>37</b>	4,178	0,999	<b>71</b>	4,190	1,001
<b>3</b>	4,207	1,005	<b>38</b>	4,178	0,999	<b>72</b>	4,191	1,002
<b>4</b>	4,205	1,005	<b>39</b>	4,179	0,999	<b>73</b>	4,192	1,002
<b>5</b>	4,202	1,004	<b>40</b>	4,179	0,999	<b>74</b>	4,192	1,002
<b>6</b>	4,200	1,004	<b>41</b>	4,179	0,999	<b>75</b>	4,193	1,002
<b>7</b>	4,198	1,003	<b>42</b>	4,179	0,999	<b>76</b>	4,194	1,002
<b>8</b>	4,196	1,003	<b>43</b>	4,179	0,999	<b>77</b>	4,194	1,002
<b>9</b>	4,194	1,002	<b>44</b>	4,179	0,999	<b>78</b>	4,195	1,003
<b>10</b>	4,192	1,002	<b>45</b>	4,180	0,999	<b>79</b>	4,196	1,003
<b>11</b>	4,191	1,002	<b>46</b>	4,180	0,999	<b>80</b>	4,196	1,003
<b>12</b>	4,189	1,001	<b>47</b>	4,180	0,999	<b>81</b>	4,197	1,003
<b>13</b>	4,188	1,001	<b>48</b>	4,180	0,999	<b>82</b>	4,198	1,003
<b>14</b>	4,187	1,001	<b>49</b>	4,181	0,999	<b>83</b>	4,199	1,004
<b>15</b>	4,186	1,000	<b>50</b>	4,181	0,999	<b>84</b>	4,200	1,004
<b>16</b>	4,185	1,000	<b>51</b>	4,181	0,999	<b>85</b>	4,200	1,004
<b>17</b>	4,184	1,000	<b>52</b>	4,182	1,000	<b>86</b>	4,201	1,004
<b>18</b>	4,183	1,000	<b>53</b>	4,182	1,000	<b>87</b>	4,202	1,004
<b>19</b>	4,182	1,000	<b>54</b>	4,182	1,000	<b>88</b>	4,203	1,005
<b>20</b>	4,182	1,000	<b>55</b>	4,183	1,000	<b>89</b>	4,204	1,005
<b>21</b>	4,181	0,999	<b>56</b>	4,183	1,000	<b>90</b>	4,205	1,005
<b>22</b>	4,181	0,999	<b>57</b>	4,183	1,000	<b>91</b>	4,206	1,005
<b>23</b>	4,180	0,999	<b>58</b>	4,184	1,000	<b>92</b>	4,207	1,005
<b>24</b>	4,180	0,999	<b>59</b>	4,184	1,000	<b>93</b>	4,208	1,006
<b>25</b>	4,180	0,999	<b>60</b>	4,185	1,000	<b>94</b>	4,209	1,006
<b>26</b>	4,179	0,999	<b>61</b>	4,185	1,000	<b>95</b>	4,210	1,006
<b>27</b>	4,179	0,999	<b>62</b>	4,186	1,000	<b>96</b>	4,211	1,006
<b>28</b>	4,179	0,999	<b>63</b>	4,186	1,000	<b>97</b>	4,212	1,007
<b>29</b>	4,179	0,999	<b>64</b>	4,187	1,001	<b>98</b>	4,213	1,007
<b>30</b>	4,178	0,999	<b>65</b>	4,187	1,001	<b>99</b>	4,214	1,007
<b>31</b>	4,178	0,999	<b>66</b>	4,188	1,001	<b>100</b>	4,216	1,008
<b>32</b>	4,178	0,999	<b>67</b>	4,188	1,001	<b>100 (gas)</b>	2,080	0,497
<b>33</b>	4,178	0,999						

Fuente: vaxasoftware

## **Anexo 9: Regla de tres para encontrar el valor de 1-5**

### **Perdidas de Presión de Tubería:**

$$P_1 = 0.417 \text{ bar}$$

$$P_2 = 0.5588 \text{ bar}$$

$$P_3 = 4.116 \text{ bar} \longrightarrow \text{Nivel más alto de satisfacción} = 5$$

### **Elasticidad en la Tubería:**

$$E_1 = 447.39 \text{ mm} \longrightarrow \text{Nivel más alto de satisfacción} = 5$$

$$E_2 = 258.31 \text{ mm}$$

$$E_3 = 259.84 \text{ mm}$$

### **Aislamiento Térmico:**

$$A_1 = 490.56$$

$$A_2 = 496.9 \longrightarrow \text{Nivel más alto de satisfacción} = 5$$

$$A_3 = 494.75$$

### **Costos de Materiales:**

$$C_1 = \text{S/}. 30\ 243 \longrightarrow \text{Nivel más alto de satisfacción} = 5$$

$$C_2 = \text{S/}. 29\ 673$$

$$C_3 = \text{S/}. 27\ 439$$

### Perdidas de Presión de Tubería:

4.116 bar          5

4.116 bar          5

0.417 bar          X

0.5588 bar          X

$$X = \frac{0.417 * 5}{4.116}$$

$$X = \frac{0.5588 * 5}{4.116}$$

$$X = 0.50$$

$$X = 0.67$$

### Elasticidad en la Tubería:

447.39              5

447.39              5

259.84              X

258.31              X

$$X = \frac{259.84 * 5}{447.39}$$

$$X = \frac{258.31 * 5}{447.39}$$

$$X = 2.90$$

$$X = 2.88$$

### Aislamiento Térmico:

490.56              5

490.56              5

494.75              X

496.9                X

$$X = \frac{494.75 * 5}{490.56}$$

$$X = \frac{496.9 * 5}{490.56}$$

$$X = 4.97$$

$$X = 4.93$$

### Costos de Materiales:

30 243              5

30 243              5

29 673              X

27 439              X

$$X = \frac{29 673 * 5}{30 243}$$

$$X = \frac{27 439 * 5}{30 243}$$

$$X = 4.90$$

$$X = 4.5$$

**Anexo 10: Velocidades recomendadas para el vapor de agua:**

Tipo de vapor	Práctica Americana m/s	Práctica Francesa m/s
Vapor sobrecalentado	40 a 75	30 a 35
Vapor saturado	25 a 35	20 a 25
Vapor de escape	30 a 45	20 a 30
Vapor de los evaporadores	35 a 50	25 a 30
Vapor al vacío	45 a 60	40 a 50

Fuente: Perdidas de presión en tuberías de vapor.

**Anexo 11: Especificaciones generales de la cedula 40:**

DIÁMETRO			PROPIEDADES				
INTERIOR	EXTERIOR (D)		ESPESOR (e)		PRESIÓN/PRUEBA		PESO
pulg	mm	pulg	mm	pulg	kg/cm <sup>2</sup>	lb/pulg <sup>2</sup>	kg/mts
1/2"	21.30	0.84	2.77	0.10	49	700	1.27
3/4"	26.70	1.05	2.87	0.11	49	700	1.68
1"	33.40	1.31	3.38	0.13	49	700	2.50
1 1/4"	42.20	1.66	3.56	0.14	91	1300	3.38
1 1/2"	48.30	1.90	3.68	0.14	91	1300	4.05
2"	60.30	2.37	3.91	0.15	176	2500	5.44
2 1/2"	73.00	2.87	5.16	0.20	176	2500	8.62
3"	88.90	3.50	5.49	0.21	176	2500	11.29
4"	114.30	4.50	6.02	0.23	155	2210	16.07
5"	141.30	5.56	6.55	0.25	137	1950	21.78
6"	168.30	6.62	7.11	0.28	125	1780	28.26
8"	219.10	8.62	8.18	0.32	110	1570	42.53
10"	273.00	10.75	9.27	0.36	101	1430	60.29
12"	323.80	12.75	10.31	0.40	94	1340	79.65
14"	355.60	14.00	11.13	0.43	92	1310	94.55

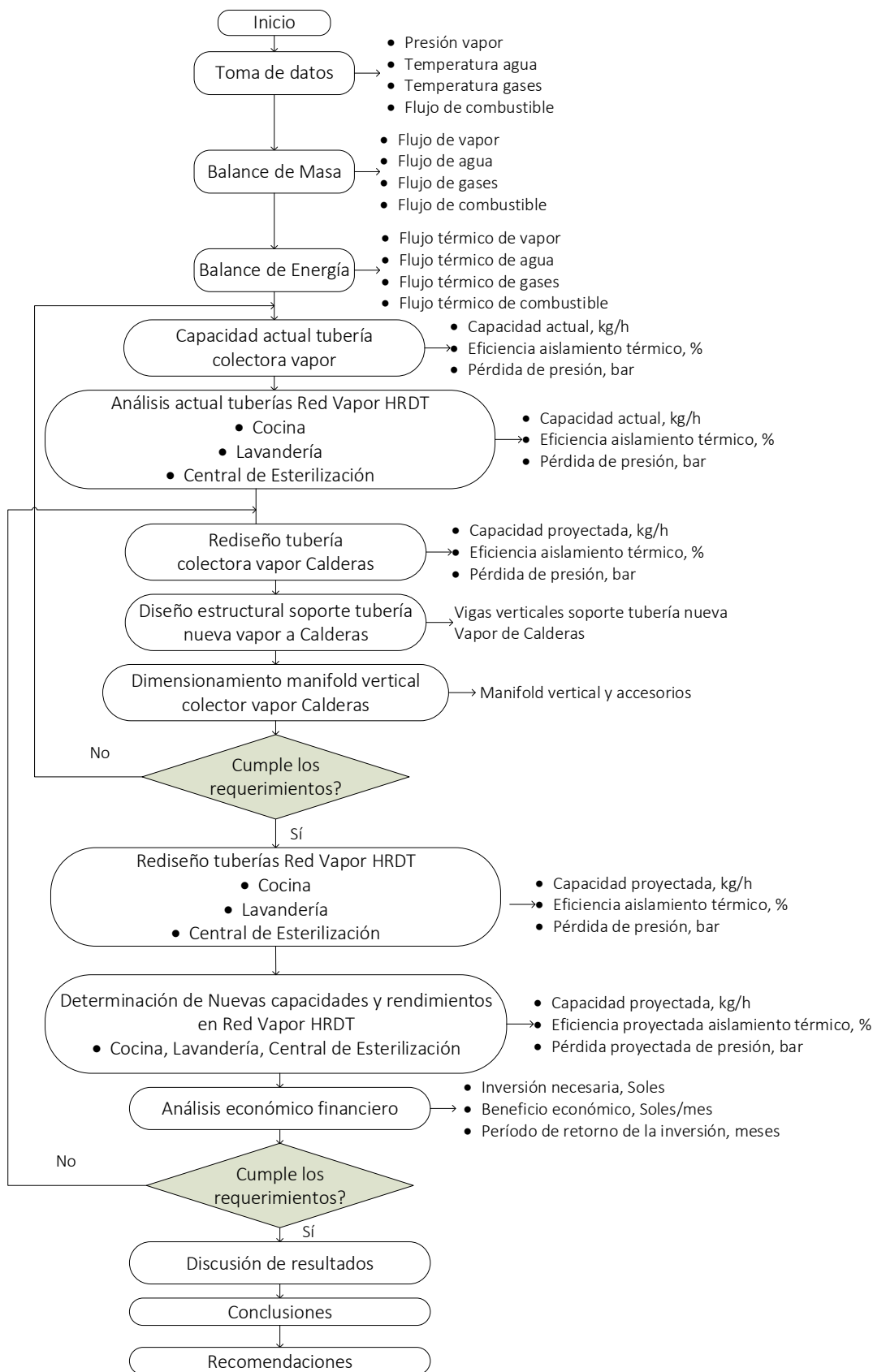
Fuente: DIPAC

## **Anexo 12: Coeficientes de pérdida de presión locales $\xi$ , para cada accesorio**

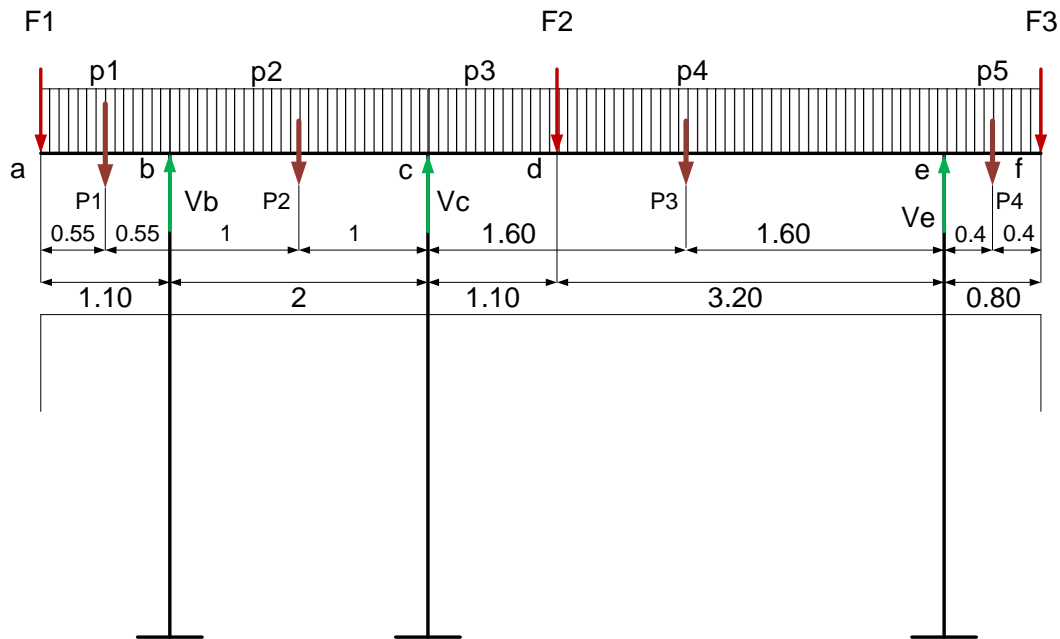
- Codo recto 90° radio largo: 0.46
- Tee : 1.5
- Conexión con bridas : 0.04
- Válvula Check : 0.13
- Difusor (3" a 4") : 0.40
- Válvula compuerta : 0.13

Fuente: Mecánica de Fluidos Frank M. White

**A-13: Diagrama de flujo de las secuencia de pasos para el cálculo del rediseño de las tuberías de transporte de vapor saturado en el Hospital Regional docente de Trujillo.**



## A-14: ESQUEMA DE CÁLCULO SOPORTES PARA TUBERÍA VAPOR CALDERAS INTESA HRDT.



Fuente: Elaboración Propia.

**Tramo: a -b, b-c: Tubo acero ASTM A 36, dn = 3", cédula 40.**

Peso unitario del tubo:  $11.29 \text{ kg/m} = 11.075 \text{ daN/m}$

Fuerzas concentradas por tramo:

$$P1 = p1 \cdot Lab = 11.075 \text{ daN/m} \cdot 1.10 \text{ m} = 12.183 \text{ daN}$$

$$P2 = p2 \cdot Lbc = 11.075 \text{ daN/m} \cdot 2 \text{ m} = 22.15 \text{ daN}$$

F1: Peso del tramo vertical del tubo de caldera 1: Peso tubo + peso válvula de compuerta + peso de válvula check =  $11.075 \text{ daN/m} \cdot 1.10 \text{ m} + 5.75 + 5.2 = 23.1325 \text{ daN}$

F2: Peso del tramo vertical del tubo de caldera 2: Peso tubo + peso válvula de compuerta + peso de válvula check =  $11.075 \text{ daN/m} \cdot 1.10 \text{ m} + 5.75 + 5.2 = 23.1325 \text{ daN}$



**Tramos: c-d, e-f: Tubo acero ASTM A 36, dn = 4", cédula 40.**

Peso unitario del tubo: 16.07 kg/m = 15.75 daN/m

Fuerzas concentradas por tramo:

$$P3 = p3 * Lab = 15.75 \text{ daN/m} * 3.20 \text{ m} = 50.432 \text{ daN}$$

$$P4 = p3 * Lcd = 15.75 \text{ daN/m} * 0.8 \text{ m} = 12.61 \text{ kg daN}$$

F3: Peso del tramo vertical del tubo general de 4" de calderas: Peso tubo" + peso válvula de compuerta =  $11.075 \text{ daN/m} * 1.70 \text{ m} + 8.5 = 27.32 \text{ daN}$

**A-15: Tabla para Simular Las Temperatura de cada Área del Hospital Regional Docente de Trujillo.**

Áreas	Diámetro Interior del Aislamiento	Espesor Tubería	Dimetro exterior del Aislamiento	Espesor del Aislamiento	Temperatura de pared	Rugosidad	Material	Aislamiento	Flujo Masico (Kg/s)	Velocidad (m/s)	Temperatura De vapor	Longitud (m)	Diámetro de la tubería (pulgadas)
COCINA	141.2 mm	1.25	176.5 mm $141.2 + 2 \times 25.4$ =192 mm	1 pulg. 25.4mm	40 °C	120	ASTM A 53	Lana Mineral	0.254	22.46	147.9 °C	6	5"
CENTRAL DE ESTERILIZACIÓN	88.90 mm	1.27	112.903 mm $88.90 + 2 \times 38.1$ = 165.10 mm	1.5 pulg. 38.1 mm	40 °C	120	ASTM A 53	Lana Mineral	0.02564	17.26	169.36 °C	22.15	3"
LAVANDERIA-100 PSI	73 mm	1.95	142.35 mm $73 + 2 \times 38.1$ =149.20 mm	1.5 pulg. 38.1 mm	40 °C	120	ASTM A 53	Lana Mineral	0.1633	16.84	169.36 °C	30.85	3"

Fuente: Elaboración Propia.

## Anexo 16: Evidencias del presupuesto del hospital regional docente de Trujillo



Presentación
Proyecciones Macroeconómicas
<b>Seguimiento de la Ejecución Presupuestal (Consulta amigable)</b>
Seguimiento a las Acciones Prioritarias
Transferencias a Gobierno Nacional, Regional y Locales
Recaudación
Fondos del Estado
Provedores del Estado
Consulta de Deuda Pública
Cuenta General de la República
Ejecución de Proyectos de

### Seguimiento de la Ejecución Presupuestal (Consulta amigable)

Módulo del Presupuesto Institucional de Apertura (PIA), el Presupuesto Institucional Modificado (PIM), la ejecución de ingreso en la fase de Recaudado, y la ejecución de gasto en las fases de Compromiso, Devengado y Girado correspondiente a las Unidades Ejecutoras (UEs) del Gobierno Nacional, los Gobiernos Regionales y las municipalidades de los Gobiernos Locales.

#### Acceso a Módulos de Consulta de Información

- [Consultar el Gasto Presupuestal \(Actualización Diaria\)](#)
- [Consultar el Gasto Presupuestal \(Actualización Mensual\)](#)
- [Consultar el Ingreso Presupuestal \(Actualización Diaria\)](#)
- [Consultar el Ingreso Presupuestal \(Actualización Mensual\)](#)
- [Consulta de Seguimiento de Proyectos de Inversión \(actualización diaria\)](#)

Fuente: ministerio de económica y finanzas.

<input type="radio"/>	005-1134: REGION LA LIBERTAD-PROYECTO ESPECIAL CHAVIMOCHIC	82,560,963	129,815,065	113,690,185	100,003,226	94,553,401	87,668,051	87,552,795	67.5
<input type="radio"/>	100-832: REGION LA LIBERTAD-AGRICULTURA	82,144,342	87,292,134	77,543,122	64,335,853	60,423,347	54,627,683	54,267,700	62.6
<input type="radio"/>	200-833: REGION LA LIBERTAD-TRANSPORTES	56,182,436	16,080,739	13,406,034	13,286,310	11,383,846	11,228,367	11,217,753	69.8
<input type="radio"/>	300-834: REGION LA LIBERTAD-EDUCACION	149,143,781	162,898,065	161,126,825	160,841,605	148,325,422	147,463,682	147,111,390	90.5
<input type="radio"/>	301-835: REGION LA LIBERTAD-EDUCACION CHEPEN	58,944,896	64,359,083	63,278,691	63,236,509	57,970,629	57,735,688	57,119,786	89.7
<input type="radio"/>	302-836: REGION LA LIBERTAD-EDUCACION PACASMAYO	66,562,950	73,222,458	70,853,391	70,504,319	65,248,827	65,008,242	63,543,775	88.8
<input type="radio"/>	303-837: REGION LA LIBERTAD-EDUCACION ASCOPE	83,222,745	90,875,359	90,659,317	90,036,456	80,453,586	80,027,897	79,655,984	88.1
<input type="radio"/>	304-838: REGION LA LIBERTAD-EDUCACION GRAN CHIMU	34,762,730	38,479,643	36,302,031	36,256,279	35,090,964	34,894,493	34,856,123	90.7
<input type="radio"/>	305-839: REGION LA LIBERTAD-EDUCACION OTUZCO	69,438,310	76,595,867	73,726,700	73,648,395	71,437,297	71,117,866	70,687,944	92.8
<input type="radio"/>	306-840: REGION LA LIBERTAD-EDUCACION SANTIAGO DE CHUCO	52,964,663	58,087,848	54,896,600	53,913,262	51,372,631	51,189,297	51,140,039	88.1
<input type="radio"/>	307-841: REGION LA LIBERTAD-EDUCACION SANCHEZ CARRION	137,108,000	151,983,883	147,878,571	146,832,662	140,205,437	138,772,145	138,476,058	91.3
<input type="radio"/>	308-842: REGION LA LIBERTAD-EDUCACION PATAZ	84,373,749	95,282,120	91,859,960	91,146,200	87,687,133	87,641,952	87,630,193	92.0
<input type="radio"/>	309-843: REGION LA LIBERTAD-EDUCACION BOLIVAR	17,752,946	19,763,227	19,634,980	19,316,278	18,191,318	18,153,596	17,671,079	91.9
<input type="radio"/>	310-844: REGION LA LIBERTAD-COLEGIO MILITAR RAMON CASTILLA	5,573,645	6,811,963	6,673,164	6,590,931	6,004,731	5,944,539	5,940,940	87.3
<input type="radio"/>	311-988: REGION LA LIBERTAD-EDUCACION JULCAN	33,794,992	38,079,544	36,939,763	36,327,099	34,544,170	34,475,165	34,434,854	90.5
<input type="radio"/>	312-1307: REGION LA LIBERTAD- EDUCACION VIRU	48,770,378	55,200,939	50,422,994	50,155,609	47,895,527	47,658,062	47,598,780	86.3
<input type="radio"/>	313-1485: GOB. REG. DE LA LIBERTAD - EDUCACION EL PORVENIR	84,579,397	94,760,020	92,137,572	91,846,829	84,249,885	84,135,169	84,076,862	88.8
<input type="radio"/>	314-1486: GOB. REG. DE LA LIBERTAD - EDUCACION LA ESPERANZA	85,546,023	94,685,351	93,227,637	91,717,808	83,562,906	82,528,747	82,520,906	87.2
<input type="radio"/>	315-1487: GOB. REG. DE LA LIBERTAD - EDUCACION TRUJILLO NOR OESTE	83,917,150	91,889,229	88,433,614	88,312,554	81,265,483	80,728,068	80,671,358	87.9
<input type="radio"/>	316-1488: GOB. REG. DE LA LIBERTAD - EDUCACION TRUJILLO SUR ESTE	93,769,137	102,566,597	96,933,314	96,856,290	90,274,679	89,821,241	89,751,993	87.6
<input type="radio"/>	400-845: REGION LA LIBERTAD-SALUD	59,386,877	101,499,867	86,734,142	73,271,082	66,925,036	56,481,527	56,388,421	55.6
<input type="radio"/>	401-846: REGION LA LIBERTAD-INSTITUTO REGIONAL DE OFTALMOLOGIA	11,934,812	22,263,408	20,010,270	17,311,194	15,949,530	14,687,903	13,718,754	66.0
<input checked="" type="radio"/>	402-847: REGION LA LIBERTAD-SALUD NORTE ASCOPE	76,865,950	139,805,132	126,420,918	124,587,806	123,179,993	105,009,832	104,263,606	75.1
<input type="radio"/>	403-848: REGION LA LIBERTAD-SALUD TRUJILLO SUR OESTE	74,622,026	124,274,303	114,396,652	108,726,346	97,846,804	95,591,023	95,005,589	76.9
<input type="radio"/>	404-849: REGION LA LIBERTAD-SALUD CHEPEN	24,985,743	36,395,817	33,334,916	32,872,522	27,863,004	27,433,119	27,238,970	75.4
<input type="radio"/>	405-850: REGION LA LIBERTAD-SALUD PACASMAYO	37,674,015	45,027,124	39,978,438	38,912,582	36,002,968	34,913,296	34,744,105	77.5
<input type="radio"/>	406-851: REGION LA LIBERTAD-SALUD SANCHEZ CARRION	26,833,541	41,464,347	39,563,716	38,687,011	34,105,856	33,235,469	32,975,809	80.2
<input type="radio"/>	407-852: REGION LA LIBERTAD-SALUD SANTIAGO DE CHUCO	29,244,088	33,657,783	29,497,554	28,463,206	26,319,396	25,298,381	23,092,220	75.2
<input type="radio"/>	408-853: REGION LA LIBERTAD-SALUD OTUZCO	20,316,506	36,530,505	34,163,871	29,954,873	26,203,754	25,550,770	24,921,519	69.9
<input type="radio"/>	409-854: REGION LA LIBERTAD-SALUD TRUJILLO ESTE	101,775,088	175,049,205	168,861,925	166,493,549	144,554,279	139,300,264	137,235,488	79.6

Fuente: ministerio de económica y finanzas.

[Navegador](#)
[Buscador](#)
[Reportes](#)
[Descargas](#)

[Reiniciar](#)
[Exportar](#)
[Graficar](#)

Año: 2022 | Actividades/Proyectos

¿Quién gasta?	¿En qué se gasta?			¿Con qué se financian los gastos?	¿Cómo se estructura el gasto?	¿Dónde se gasta?	¿Cuándo se hizo el gasto?		Avance %		
	Categoría Presupuestal	Producto/Proyecto	Función	Rubro	Sub-Genérica	Departamento	Trimestre	Mes			
▲ TOTAL				197,002,289,014	236,843,678,028	216,499,430,973	201,319,637,327	188,850,828,247	179,941,710,272	177,669,922,347	76.0
▲ Nivel de Gobierno R: GOBIERNOS REGIONALES				36,330,465,112	49,670,370,197	45,844,000,918	42,129,501,766	39,477,844,760	37,868,074,821	37,342,842,492	76.2
▲ Sector 99: GOBIERNOS REGIONALES				36,330,465,112	49,642,073,194	45,821,574,805	42,115,675,746	39,464,488,549	37,855,160,792	37,331,549,268	76.3
▲ Pliego 451: GOBIERNO REGIONAL DEL DEPARTAMENTO DE LA LIBERTAD				2,277,812,614	3,062,967,809	2,854,332,665	2,677,549,707	2,438,010,004	2,358,437,872	2,339,446,983	77.0
▲ Unidad Ejecutora 402-847: REGION LA LIBERTAD-SALUD NORTE ASCOPE				76,885,950	139,805,132	126,420,918	124,587,806	123,179,993	105,009,832	104,263,606	75.1
▲ Fuente de Financiamiento 1: RECURSOS ORDINARIOS				63,285,780	89,529,323	88,988,650	88,859,075	88,698,066	75,194,773	75,110,254	84.0
Genérica				PIA	PIM	Certificación	Compromiso Anual	Ejecución		Avance %	
○ 5-21: PERSONAL Y OBLIGACIONES SOCIALES				47,863,071	53,253,719	53,233,719	53,233,719	53,233,719	43,918,158	43,863,796	82.5
○ 5-22: PENSIONES Y OTRAS PRESTACIONES SOCIALES				5,521,518	5,679,498	5,679,498	5,679,498	5,679,498	5,047,380	5,047,380	88.9
● 5-23: BIENES Y SERVICIOS				9,901,191	28,052,295	27,532,301	27,530,491	27,393,843	23,841,281	23,839,865	85.0
○ 5-25: OTROS GASTOS				0	1,966,824	1,966,824	1,966,824	1,966,824	1,966,824	1,942,823	100.0
○ 6-26: ADQUISICION DE ACTIVOS NO FINANCIEROS				0	576,987	576,309	448,543	424,182	421,130	416,390	73.0

**Notas**  
 \* Los montos están en Soles.  
 \* La columna Avance % representa la razón del Devengado entre el PIM, expresado en porcentajes.  
 \* A partir del 2007 se comienza a incluir información de los Gobiernos Locales. Ver más detalles.  
 \* A partir del 2012 el programa cambia de denominación por el de división funcional, y el subprograma por el de grupo funcional.  
 \* La información se actualiza diariamente. Última actualización: 06 de diciembre de 2022.

Sobre la información presentada | Estadísticas de uso

Fuente: ministerio de económica y finanzas.

[Navegador](#)
[Buscador](#)
[Reportes](#)
[Descargas](#)

[Reiniciar](#)
[Exportar](#)
[Graficar](#)

Año: 2022 | Actividades/Proyectos

¿Quién gasta?	¿En qué se gasta?			¿Con qué se financian los gastos?	¿Cómo se estructura el gasto?	¿Dónde se gasta?	¿Cuándo se hizo el gasto?		Avance %		
	Categoría Presupuestal	Producto/Proyecto	Función	Rubro	Detalle Sub-Genérica	Departamento	Trimestre	Mes			
▲ TOTAL				197,002,289,014	236,843,678,028	216,499,430,973	201,319,637,327	188,850,828,247	179,941,710,272	177,669,922,347	76.0
▲ Nivel de Gobierno R: GOBIERNOS REGIONALES				36,330,465,112	49,670,370,197	45,844,000,918	42,129,501,766	39,477,844,760	37,868,074,821	37,342,842,492	76.2
▲ Sector 99: GOBIERNOS REGIONALES				36,330,465,112	49,642,073,194	45,821,574,805	42,115,675,746	39,464,488,549	37,855,160,792	37,331,549,268	76.3
▲ Pliego 451: GOBIERNO REGIONAL DEL DEPARTAMENTO DE LA LIBERTAD				2,277,812,614	3,062,967,809	2,854,332,665	2,677,549,707	2,438,010,004	2,358,437,872	2,339,446,983	77.0
▲ Unidad Ejecutora 402-847: REGION LA LIBERTAD-SALUD NORTE ASCOPE				76,885,950	139,805,132	126,420,918	124,587,806	123,179,993	105,009,832	104,263,606	75.1
▲ Fuente de Financiamiento 1: RECURSOS ORDINARIOS				63,285,780	89,529,323	88,988,650	88,859,075	88,698,066	75,194,773	75,110,254	84.0
Sub-Genérica				PIA	PIM	Certificación	Compromiso Anual	Ejecución		Avance %	
● 1: COMPRA DE BIENES				2,660,110	2,139,649	2,123,714	2,121,904	2,113,454	2,019,711	2,018,295	94.4
○ 2: CONTRATACION DE SERVICIOS				7,241,081	25,912,646	25,408,587	25,408,587	25,280,389	21,821,570	21,821,570	84.2

**Notas**  
 \* Los montos están en Soles.  
 \* La columna Avance % representa la razón del Devengado entre el PIM, expresado en porcentajes.  
 \* A partir del 2007 se comienza a incluir información de los Gobiernos Locales. Ver más detalles.  
 \* A partir del 2012 el programa cambia de denominación por el de división funcional, y el subprograma por el de grupo funcional.  
 \* La información se actualiza diariamente. Última actualización: 06 de diciembre de 2022.

Sobre la información presentada | Estadísticas de uso

Fuente: ministerio de económica y finanzas.

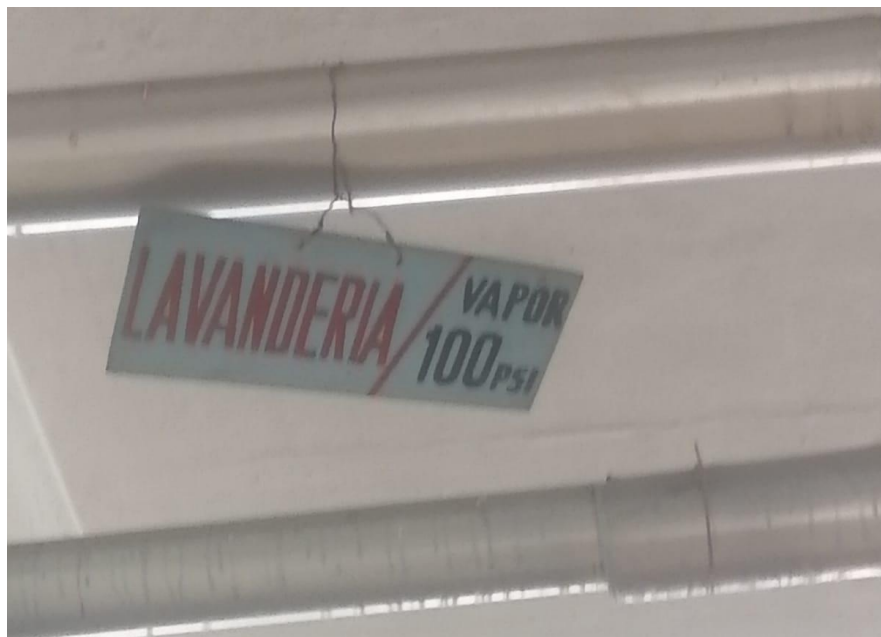
## Anexo 17: Evidencias de visita a las instalaciones de Hospital Regional Docente de Trujillo



Recolección de datos.



Lugar donde se distribuye el vapor a las Áreas que las necesitan.



Áreas que las necesitan el vapor.



Las calderas pirotubular de 100 BHP





Alumno tesista



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA**

### **Declaratoria de Autenticidad del Asesor**

Yo, LUIS ALBERTO JULCA VERASTEGUI, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - TRUJILLO, asesor de Tesis titulada: "Rediseño de la red de distribución de vapor en el Hospital Regional Docente de Trujillo para mejorar su capacidad térmica y eficiencia.", cuyo autor es CARRASCO CORREA JEAN PIERRE, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 12.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

TRUJILLO, 25 de Noviembre del 2022

<b>Apellidos y Nombres del Asesor:</b>	<b>Firma</b>
LUIS ALBERTO JULCA VERASTEGUI <b>DNI:</b> 19336932 <b>ORCID:</b> 0000-0001-5158-2686	Firmado electrónicamente por: JULCAL el 18-01- 2023 07:59:12

Código documento Trilce: TRI - 0454449