

DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN DE LA MECÁNICA APLICADA EN EL PROYECTO FRIGORÍFICO REGIONAL DEL ORIENTE - MUNICIPIO DE CHIPAQUE

JUAN CAMILO VELÁSQUEZ GÁMEZ

ASESORADO POR EL ING. MIGUEL ANGEL BAQUERO CORTES



*Facultad de Ingeniería
Departamento de Ingeniería Mecánica y Mecatrónica
Bogota D.C. Colombia
Junio de 2021*

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERIA

DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN DE LA
MECÁNICA APLICADA EN EL PROYECTO
FRIGORÍFICO REGIONAL DEL ORIENTE – MUNICIPIO
DE CHIPAQUE

JUAN CAMILO VELÁSQUEZ GÁMEZ

PRESERNTADO A CONSEJO DE FACULTAD DE INGENIERIA
PARA LA OBTENCIÓN DEL TITULO DE INGENIERO MECÁNICO
ASESORADO POR EL ING. MIGUEL ANGEL BAQUERO CORTES



*Facultad de Ingeniería
Departamento de Ingeniería Mecánica y Mecatrónica
Bogota D.C. Colombia
Junio de 2021*

Trabajo de Grado - Pasantías

Juan Camilo Velásquez Gámez

Junio 2021

Índice

1. Ficha técnica de la pasantía	5
2. Introducción	6
3. Objetivos	8
3.1. OBJETIVOS GENERALES	8
3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	8
4. Justificación	9
5. Marco referencial	10
5.1. MARCO LEGAL	10
5.1.1. EMPRESEA	10
5.1.2. RAZÓN SOCIAL	10
5.1.3. PROYECTO TIPO	11
5.2. MARCO TEÓRICO	12
5.2.1. RED DE VAPOR	12
5.2.2. CALDERAS	13
5.2.3. FLUJO EN TUBERÍAS	14
5.2.4. PÉRDIDAS POR FRICCIÓN	18
5.2.5. PÉRDIDAS MENORES	22
5.2.6. RED NEUMÁTICA	23
5.2.7. ANÁLISIS DE AIRE COMPRIMIDO	24
5.2.8. EQUIPOS PRESENTES EN UNA RED NEUMÁTICA	26
5.2.9. SISTEMA DE FRÍO	28
5.2.10. DISEÑO ESTRUCTURAL DE LAS CÁMARAS FRIGORÍFICAS	33
5.2.11. ADECUACIONES MECÁNICAS	35
6. Metodología	37
7. Cronograma de actividades	38
8. Actividades realizadas	39

9. Resultados	48
9.1. RED DE VAPOR	48
9.1.1. CALDERA	48
9.1.2. RED DE TUBERIA	50
9.1.3. RED DE VAPOR SECUNDARIA	53
9.2. RED NEUMÁTICA	56
9.2.1. COMPRESOR	56
9.2.2. MODELO CAD - RED DE VAPOR RED NEUMÁTICA	60
9.3. SISTEMA DE FRÍO - CARGA TÉRMICA	61
9.3.1. FLUJO DE CALOR A TRÁVES DE LAS PAREDES	61
9.3.2. CALOR RETIRADO DEL PRODUCTO	62
9.3.3. CALOR GENERADO POR INFILTRACIONES DE AIRE	63
9.3.4. CALOR GENERADO POR LA ILUMINACIÓN	64
9.3.5. CALOR GENERADO POR LOS TRABAJADORES	64
9.4. MODELOS CAD - PROCESO DE FAENADO	66
10. Análisis de resultados	76
10.1. VERIFICACIÓN SOFTWARE – INDUSTRIALES	76
10.1.1. VERIFICACIÓN NUMERO DE REYNOLDS	77
10.1.2. VERIFICACIÓN - RED DE VAPOR DIMENSIONAMIENTO TUBERÍA - TLV	78
10.2. VERIFICACIÓN RED DE VAPOR	81
10.3. VERIFICACIÓN RED NEUMÁTICA	93
10.4. VERIFICACIÓN CUARTOS FRÍOS - CARGA TÉRMICA - COOLSELECTOR . .	102
10.4.1. CUARTOS FRÍOS (PLANTA 1ER PISO)	107
10.4.2. CUARTOS FRÍOS (PLANTA 2DO PISO)	117
11. Conclusiones	124
12. Recomendaciones	125
13. Bibliografía	126
14. Anexos	128

AGRADECIMIENTOS

1. “Gracias infinitas a Jehová Dios creador de los Cielos y la Tierra, artífice del Universo y su Gran Diseño” “El principio de la sabiduría es el temor de Jehová; Los insensatos desprecian la sabiduría y la enseñanza” Proverbios 1:7
2. Eternamente estaré tremadamente agradecido con mi Madre, quien siempre ha sido “Luz” Desde su nombre hasta sus acciones, a quien el cosmos me unió con una inteligencia superior, única y precisa. A mi madre quien me enseñó el amor por la academia, la vida humana y la responsabilidad social necesaria en este mundo. Quien puso por primera vez un libro en mis manos, quien me ha acompañado en todo mi proceso y quien siempre pondrá una sonrisa en mi alma.
3. A mi papá Camilo y mis hermanos Angela y Víctor, por supuesto mi increíble madre Luz Dary. Son el motor que me impulsa en la vida.
4. A mis amigos, son la familia escogida! Gracias totales, por sus enseñanzas, admiración y respeto por todos ustedes.
5. A la Universidad Nacional, gracias por recibir un niño curioso en busca de conocimiento y entregar un hombre de ciencia e ingeniería para el mundo.
6. A todo la planta docente, administrativa y técnica, muchas gracias. Hacen parte de un esfuerzo enorme de Desarrollo de País.
7. A mi tierra querida Colombia, gracias una y otra vez por todo lo que me has dado, prometo devolver algo de lo recibido !!

1. Ficha técnica de la pasantía

PASANTIA ACADEMICA	
PAIS	COLOMBIA
EMPRESA PATROCINADORA	INGENIERIA Y SOLUCIONES Y CONSTRUCCIONES - INGESCS.SAS.
REPRESENTANTE LEGAL Y C.C	LEONARDO ANDRES ORDOÑEZ ORDOÑEZ C.C. 1.121.901.352
UNIVERSIDAD Y FACULTAD DE FORMACIÓN	UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA
PROGRAMA ACADÉMICO	INGENIERIA MECANICA
PASANTE	JUAN CAMILO VELÁSQUEZ GÁMEZ
IDENTIFICACIÓN DEL PASANTE	C.C. 1.010.224.177
MODALIDAD DE VINCULACIÓN TEMPORAL	PASANTÍA
DIRECIÓN Y TELEFONO DEL PASANTE	CALLE 23C #69F-65 URB. CARLOS LLERAS
CORREO INSTITUCIONAL DEL PASANTE	JUCVELASQUEZGA@UNAL.EDU.CO
LUGAR DE DESEMPEÑO DE ACTIVIDADES	BOGOTÁ D.C
FECHA DE INICIO DE LABORES	23-feb-21
DIRECIÓN Y TELEFONO DE LA EMPRESA	CALLE 1B # 38-01; CEL 3208310805
CORREO ELECTRONICO DE LA EMPRESA	INGECSAS@GMAIL.COM
TUTOR DEL PASANTE	ING. MIGUEL ANGEL BAQUERO

Figura 1: Ficha técnica de las Pasantías

2. Introducción

El aumento cada vez mayor de la demanda de procesos cárnicos, que presenten niveles adecuados de inocuidad ha llevado a la planificación y pronto desarrollo del Proyecto Frigorífico Regional del Oriente, el cual quedará ubicado en el municipio de Chipaque, municipio colombiano del departamento de Cundinamarca ubicado en la Provincia de Oriente, al sur-oriente de Bogotá. Para garantizar condiciones óptimas de calidad, se debe diseñar de forma integral la planta de beneficio animal, buscando respuestas más efectivas y eficientes desde las soluciones ingenieriles. Surge entonces como motivación para el desarrollo de las pasantías, involucrarse en este proceso a través del diseño mecánico, aplicado a todo el proceso de faenado.

Esto según las lineaciones de PROYECTO TIPO para PLANTAS DE BENEFICIO, se debe trabajar con 3 ítems específicos para las implementaciones relacionadas con la mecánica. En primera medida se debe hacer el seguimiento y el diseño a los cuartos fríos que tendrá el matadero, en el cual se debe calcular con precisión las cargas térmicas a retirar y las temperaturas a regular, como segundo ítem se desarrollará las adecuaciones mecánicas que tenga la planta, esto incluirá desde las basculas para pesar las reses, hasta el riel por el cual pasara el bovino durante todo el proceso de faenando, pasando también por la planeación de las plataformas estáticas y dinámicas a usar en el proceso.

Para el tercer ítem se diseñará una red de vapor el cual tendrá como punto inicial estudiar y verificar en que consiste la caracterización técnica del vapor como fluido a ser transportado, como de todos los accesorios presentes en la red de vapor. A partir de dicha conceptualización e investigación, se procederá a un correcto diseño, se observará el uso de buenas prácticas, que sean adecuadas a la hora de implementar o seleccionar elementos, para así formar una compleja red de distribución.

Se debe conocer con precisión los requerimientos físicos, geográficos y climáticos del municipio en cuestión. Siguiendo condiciones de diseño normalizadas para este tipo de sistemas como lo son la Presión, Temperatura y Velocidad. Estas condiciones nos darán los parámetros necesarios para conocer la demanda energética y seleccionar correctamente la caldera, así mismo se determinará el diámetro, el material requerido por las tuberías, posteriormente con los diseños interdisciplinarios se seleccionara también los accesorios, válvulas, elementos de unión o sujeción y los aislamientos térmicos de forma adecuada. Junto con los datos de requerimiento de usuario también se tendrá en cuenta estas condiciones específicas del lugar para desarrollar los cálculos frigoríficos.

Para la etapa de diseño de la red, es fundamental conocer los requerimientos de vapor en cada una de las estaciones presentes, debido a que no es el mismo vapor requerido, para zonas como baños, cocina, zona de eviscerado y otras presentes. Se debe tener en cuenta la proyección y crecimiento de la planta, para que el diseño pueda cubrir dichos requerimientos en el tiempo. Con la información correspondiente a la demanda, se debe dimensionar una sala de máquinas todos los elementos de la red, teniendo en cuenta que, para estos requerimientos, se debe garantizar su correcto funcionamiento, su correcta manutención, finalmente se debe seguir la normativa técnica correspondiente y determinar el coste del proyecto.

Del mismo modo es tremadamente importante conocer la reglamentación de los cuartos fríos, tener en cuenta las variaciones dentro de la cámara frigorífica y poder prever con precisión la de-

manda de extracción térmica, que tiene cada cuarto frío. Las normas ASHRAE en sus capítulos 23, 24 y 30 servirán de gran ayuda para la conceptualización y correcto diseño del sistema de cuartos fríos. Finalmente se verificarán condiciones de funcionamiento de todos los equipos involucrados en el proceso de faenado y se plantearán alternativas, para converger a la selección de equipos y a la implementación mecánica total del matadero.

Diseño de redes de Aire Comprimido y Vapor

Debe comprender el diseño de las redes para los sistemas neumáticos y de vapor de los equipos y áreas que lo requieren.

Sistema de Frío

Debe comprender la definición y diseño del sistema constructivo y de equipos de frío, sus capacidades, respaldo técnico de los

Diseños y adecuaciones mecánicas

Debe considerarse el diseño de las previsiones incluyendo soportes y rielería de tipo mecánico para la planta.

Basculas, plataformas y sistema de cargue de vehículos.

Estructuras portantes, operación manual o mecanizada con sistemas motrices. Elementos para lavado y mantenimiento de poleas

Figura 2: Imagen tomada de los requerimientos mecánicos de la planta - PROYECTO TIPO

3. Objetivos

3.1. OBJETIVOS GENERALES

Diseño y planeación sobre la implementación de todos los sistemas mecánicos involucrados en el PROYECTO FRIGORÍFICO REGIONAL DEL ORIENTE – municipio de Chipaque. de forma aplicativa del contenido teórico y los fundamentos de la mecánica, en cumplimiento de los requerimientos del decreto número 1500 de 2007 y la resolución 240 de 2013..

3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Documentación y conocimiento en avances de diseño e instalación de redes de vapor industrial, el sistema de cuartos fríos y todas las implementaciones mecánicas de la planta como, basculas, plataformas y el riel. Cumplimiento de la normatividad (Decreto 1500 de 2007 y la resolución 240 de 2013) En lo referido en temas mecánicos de implementación.
- Conocer la demanda energética en cada zona de la planta, para seleccionar una caldera que satisfaga los requerimientos, como toda la tubería involucrada en la red de vapor. También se deben presentar opciones de selección de todos los equipos involucrados en el proceso de faenado, finalmente se debe calcular la carga térmica total a retirar en los cuartos fríos, como presentar propuestas de selección de equipos.
- Seguir la metodología de diseño planteada, para el cálculo y selección de los elementos de la red de vapor, la red neumática y todo el sistema de frío según los catálogos de implementación técnica. Se deben desarrollar todos los cálculos en una herramienta computacional eficiente y completa para los requerimientos, posteriormente se debe verificar todo con los software industriales correspondientes a cada aplicación.

4. Justificación

Al entrar en la praxis el estudiante, puede evidenciar y desarrollar habilidades profesionales, que ha estado aprendiendo en el proceso académico. Ante la necesidad de comenzar a desarrollar diseños mecánicos actuales, escoger la opción de pasantía como trabajo de grado, resulta una gran oportunidad para aplicar todo el componente teórico recogido en estos años de aprendizaje. La solución de problemas reales es quizás el propósito fundamental de la ingeniería, en ese sentido, surge como propuesta interesante integrarse a un proceso existente ingenieril.

En el municipio de Chipaque surge la necesidad de la creación de una planta de beneficio animal, que requiere la participación de un equipo interdisciplinario de ingeniería. El proyecto necesita la intervención de asuntos correspondientes a la ingeniería mecánica, para solucionar algunos problemas en específico. Lo que crea una demanda de este tipo de conocimientos, con lo cual aparece la posibilidad de presentar una propuesta que satisfaga los requerimientos presentes.

El diseño aparece como un elemento esencial a trabajar, pues será este el que defina a futuro un correcto funcionamiento en las instalaciones. También es importante destacar, el aporte que se puede hacer al conocimiento global de la Universidad Nacional de Colombia, dejando registrado el trabajo realizado para futuros pasantes.

Finalmente ejecutar por completo esta pasantía, que consiste en la consultoría del diseño completo de una planta de beneficio animal, esto es un frigorífico, es una perfecta oportunidad para implementar todo lo aprendido. El corazón y el cuerpo de la planta será netamente mecánico, que esto sea así, brinda una enorme posibilidad de abarcar e integrar varios conceptos y fundamentos de la carrera. De esta forma se presentará un diseño completo y robusto de la planta, para así asegurar también cerrar lazos cognitivos importantes.

5. Marco referencial

Para el desarrollo de esta pasantía, se participará en la consultoría de diseño dispuesta para la creación del FRIGORÍFICO REGIONAL DEL ORIENTE para su futura construcción. Es importante una correcta contextualización del asunto y documentación de las partes involucradas.[1]

5.1. MARCO LEGAL

5.1.1. EMPRESEA

Ingeniería Soluciones Construcciones Ingesc S.A.S es una empresa en Colombia, con sede principal en Bogotá D.C.. Opera en Construcción de Sistemas de Electricidad, Gas y Agua industria. La empresa fue fundada en 21 de julio de 2009, actualmente emplea a 18(2020) personas. Ha logrado incursionar en los requerimientos ingenieriles del país a través de propuestas, consultorías y diseños, desarrollando proyecto en algunos municipios. Recientemente se ha desarrollado la construcción de un hospital, un hogar geriátrico, una pequeña plaza municipal y 2 parques.[1]

5.1.2. RAZÓN SOCIAL

 Razón Social:	Ingeniería Soluciones & Construcciones Ingesc S.a.s
 Nit:	900301466-5
 Cámara de Comercio:	Bogota
 Número de Matrícula:	0001915306
 Fecha de Matrícula:	21/julio/2009
 Tipo de Organización:	Sociedades Por Acciones Simplificadas Sas
 Tipo de Sociedad:	Sociedad Comercial
 Estado de la matrícula:	Activa
 Última Renovación:	2020
 Número Empleados:	18

Figura 3: Información más relevante de la empresa

5.1.3. PROYECTO TIPO

El PROYECTO TIPO, ha sido desarrollado para que las entidades territoriales incrementen los niveles de abastecimiento de carne bovina y porcina en condiciones sanitarias y de inocuidades adecuadas para su población. El objetivo es presentar una alternativa, previamente desarrollada en su parte técnica, para que pueda ser implementada por las entidades territoriales en zonas que cumplan con las características establecidas más adelante. De manera general, se incluye el procedimiento constructivo común para este tipo de proyectos, planos, cantidades de obra y el presupuesto estimado para la ejecución, operación y su mantenimiento.

Para la construcción de una Planta de beneficio de Categoría Autoconsumo, la cual es una infraestructura destinada para el sacrificio de ganado que puede ser ubicada en municipios pertenecientes a las categorías 5 y 6 establecidas por la ley 617 de 2000, en donde no existan plantas de beneficio animal de categoría nacional, que el beneficio no exceda de quince (15) animales por especie al día y que la carne y productos cárnicos comestibles obtenidos del proceso de beneficio deberán ser destinados al consumo dentro de la jurisdicción del municipio en donde se ubique la planta de beneficio¹.[2]

Ilustración Distribución de la Planta de beneficio

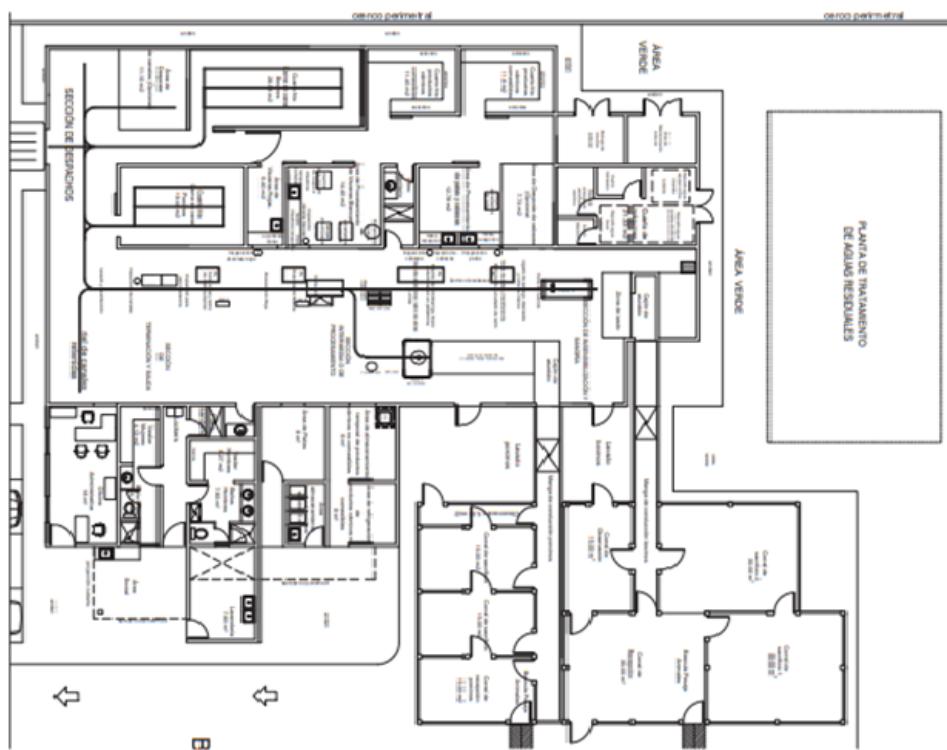


Figura 4: Distribución espacial de la Planta de beneficio animal

5.2. MARCO TEÓRICO

5.2.1. RED DE VAPOR

Para la consultoría, el diseño y posterior construcción de la PLANTA DE BENEFICIO ANIMAL REGIONAL DEL ORIENTE es necesario conocer los fundamentos físicos que sustenta dichos fenómenos presentes. En este caso específico se documentará toda la parte relacionada con flujo de vapor a través de una red compleja de tuberías, en las que habrá unas tuberías primarias y unas tuberías secundarias, como también accesorios y válvulas. Con el fin de satisfacer requerimientos específicos, se utilizará la teoría de mecánica de fluidos enfocado en el tema de flujo en tuberías, siguiendo como referencia el texto de MECÁNICA DE FLUIDOS de Yunus Cengel [3], también se presentará una aproximación a la práctica e instalación de la red de vapor siguiendo la Guía de referencia técnica de distribución del vapor de Spirax Sarco.[4]

Una red de distribución de vapor es un sistema complejo en el cual se transporta energía en forma de calor, con el fin de cumplir ciertos requerimientos de Temperatura y Presión. Esta necesitará de una caldera que tendrá la función de evaporar el agua que una bomba le suministrará en conjunto con el agua proveniente de una red de condensados. Este vapor se transportará inicialmente en red de tuberías principales, en el que a través de válvulas y accesorios, para conectar con tuberías secundarias que serán las encargadas de llegar a la zona en concreto que necesita el vapor. [4]

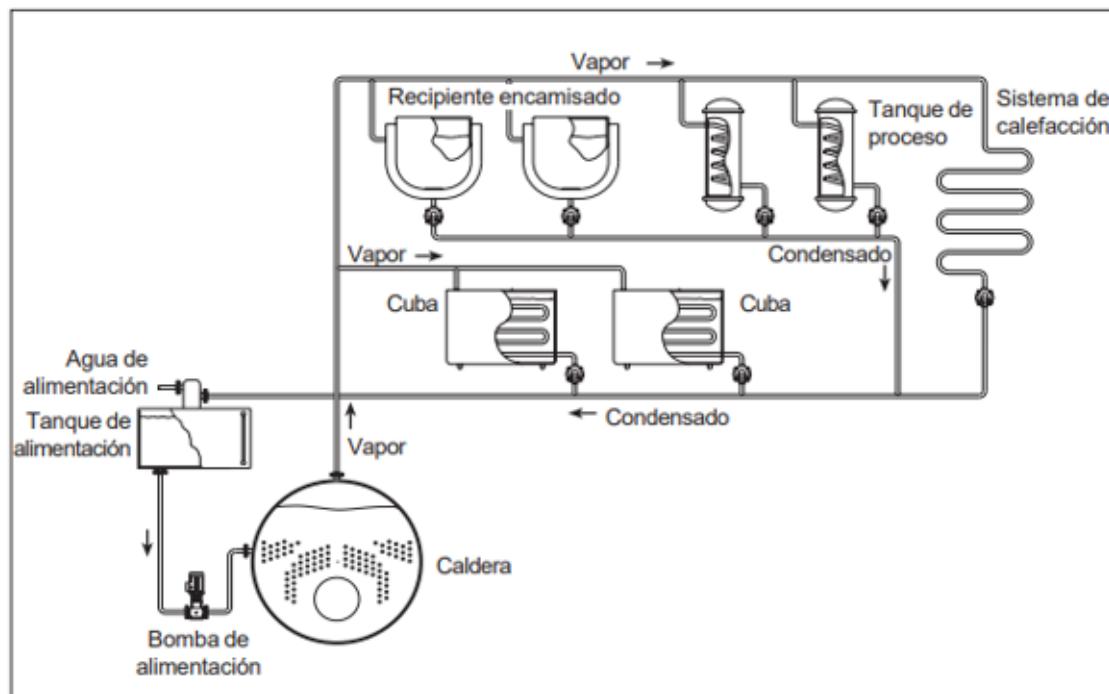


Figura 5: Circuito de vapor común

5.2.2. CALDERAS

Las condiciones locales de operación junto con los requerimientos específicos, darán lugar a escoger el tipo de caldera a usar. Por cada kilogramo de vapor producido requiere entalpía de evaporación a la presión atmósferica normal, la cual vale 2257 kJ/kg (543.4 kcal/kg). El proceso de transmisión de calor presente en la caldera, es un proceso de flujo constante, en el cual, el calor transmitido es igual a la variación de la entalpía del vapor generado y la del agua de alimentación.

La potencia de la caldera viene dada por HP de caldera (BHP), tal como fue establecida en 1889 por la ASME. Esta medida estaba basada en una máquina de vapor que empleaba 13.62 kg (30 lb) de vapor por HP hora a una presión relativa de 4.9 kg/cm² (70psi) y con el agua de alimentación de la caldera a 38.5 °C (101 °F). Esto corresponde a la evaporación de 15.65 kg (34.5 lb) de agua por hora a 100 °C (212 °F), lo cual significa la conversión de 15.65 kg de agua por hora a 100 °C en vapor saturado a 100 °C, a la presión atmosférica normal (1.033 kg/cm²). (Severns, Degler y Miles, 1971).[5]

VAPOR EN LA CALDERA

El consumo de vapor de la maquinaria que se utiliza en el proceso, ha sido facilitado por los fabricantes, tanto su flujo másico, presiones de trabajo y demás características propias de cada equipo.

$$\frac{HP \text{ de caldera (BHP)}}{(2257)(15,65)} = ms(h_g - h_f) \quad (1)$$

Donde

m_s = peso del vapor producido por la caldera [kg/hr]

h_g = entalpía de vapor saturado en [kJ/kg], a presión absoluta de generación

h_f = entalpía del agua de alimentación en las condiciones a las que esa agua llega a la caldera en [kJ/kg]

FACTOR DE EVAPORACIÓN Y EVAPORACIÓN EQUIVALENTE

El factor de evaporación (FE) es la relación entre el calor absorbido por 1 kg de agua de alimentación en las condiciones reinantes en la caldera y el absorbido por 1 kg de agua a 100 °C al evaporarla a 100 °C. (Severns et. al., 1971). Es decir que es la relación que existe entre la evaporación nominal (generar vapor desde y a 100 °C) y la evaporación real (condiciones de operación de la caldera). Donde resulta [5]

$$\frac{\text{Factor de evaporación}}{2257} = h_g - h_f \quad (2)$$

La evaporación equivalente se define como los kilogramos de agua por hora a 100°C, que se evaporarían a 100 °C si se hubiese absorbido la misma cantidad de energía que en las condiciones observadas en la caldera (Severns et. al., 1971). Por lo tanto

$$\frac{\text{Evaporación equivalente}}{2257} = m_s(h_g - h_f) \quad (3)$$

CRITERIOS DE SELECCIÓN

5.2.3. FLUJO EN TUBERÍAS

Para el caso de la red de vapor, su comportamiento será la de un flujo interno donde el conducto está totalmente lleno y el flujo esta será impulsado por una diferencia de presión. Es importante saber en qué régimen de fluido se va a trabajar, usualmente el flujo turbulento suele ser el indicado para este tipo de situaciones. Será importante conocer también las correlaciones asociadas las perdidas por presión. Después se consideran las pérdidas menores y se determina la caída de presión y las necesidades de potencia de bombeo para sistemas de tuberías en el mundo real. Finalmente se presenta un panorama breve de los dispositivos para la medición de flujo.[3]

FLUJO LAMINAR Y TURBULENTO

Se dice que el régimen de flujo en el primer caso es laminar, y se caracteriza por líneas de corriente suaves y movimiento sumamente ordenado; mientras que en el segundo caso es turbulento, y se caracteriza por fluctuaciones de velocidad y movimiento también desordenado. La transición de flujo laminar a turbulento no ocurre repentinamente; más bien, sucede sobre cierta región en la que el flujo fluctúa entre flujos laminar y turbulento antes de volverse totalmente turbulento.

NÚMERO DE REYNOLDS

La transición de flujo laminar a turbulento depende de la geometría, la rugosidad de la superficie, la velocidad del flujo, la temperatura de la superficie y el tipo de fluido, entre otros factores. Después de experimentos exhaustivos en la década de 1880, Osborne Reynolds descubrió que el régimen de flujo depende principalmente de la razón de fuerzas iniciales a fuerzas viscosas en el fluido. Esta razón se llama número de Reynolds y se expresa para flujo interno en una tubería circular como:

$$Re = \frac{Fuerzasiniciales}{Fuerzasviscosas} = \frac{V_{prom}D}{\nu} = \frac{\rho V_{prom}D}{\nu} \quad (4)$$

Es deseable tener valores precisos de números de Reynolds para flujos laminar, de transición y turbulento, pero éste no es el caso en la práctica. Es evidente que la transición de flujo laminar a turbulento también depende del grado de perturbación del flujo por la rugosidad de la superficie, las vibraciones de la tubería y las fluctuaciones en el flujo de entrada. En la mayoría de las condiciones prácticas, el flujo en una tubería circular es laminar para $Re \leq 2\ 300$, turbulento para $Re \geq 4\ 000$, por lo tanto, el flujo de transición estará entre $2300 \leq Re \leq 4000$.

LA REGIÓN DE ENTRADA

La región del flujo en la que se sienten los efectos de los esfuerzos cortantes viscosos provocados por la viscosidad del fluido se llama capa límite de velocidad o sólo capa límite. La hipotética superficie de la capa límite divide el flujo en una tubería en dos regiones: la región de la capa límite,

en la que los efectos viscosos y los cambios de velocidad son considerables; y la región de flujo (central) irrotacional, en la que los efectos de la fricción son despreciables y la velocidad permanece esencialmente constante en la dirección radial.

El grosor de esta capa límite aumenta en la dirección del flujo, hasta que la capa límite alcanza el centro de la tubería y por lo tanto la llena toda. La región desde la entrada a la tubería hasta el punto en el que la capa límite emerge en la línea central se llama región de entrada hidrodinámica, y la longitud de esta región se llama longitud de entrada hidrodinámica. [3]

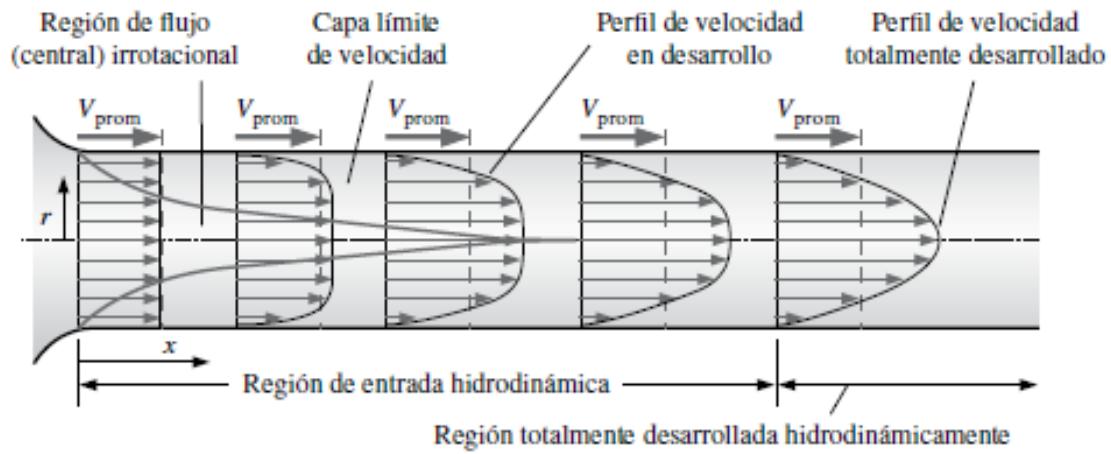


Figura 6: Región de entrada y flujo en desarrollo

ECUACIÓN DE BERNOULLI

La ecuación de Bernoulli es una relación aproximada entre la presión, la velocidad y la elevación, y es válida en regiones de flujo estacionario e incompresible en donde las fuerzas netas de fricción son despreciables. Pese a su simplicidad, la ecuación de Bernoulli demostró que es un instrumento muy potente en mecánica de fluidos. En esta sección, se deduce la ecuación de Bernoulli a partir del principio la conservación.

La aproximación clave en la deducción de la ecuación de Bernoulli es que los efectos viscosos son despreciablemente pequeños en comparación con los efectos de inercia, gravitacionales y de la presión. Puesto que todos los fluidos tienen viscosidad (no existe un “fluído no viscoso”), esta aproximación no puede ser válida para un campo completo de flujo de interés práctico. En otras palabras, no se puede aplicar la ecuación de Bernoulli en todas partes en un flujo, sin importar qué tan pequeña sea la viscosidad del fluido.

LINEA DE GRADIENTE HIDRÁULICO (LGH)

Con frecuencia es conveniente representar de manera gráfica el nivel de la energía mecánica, usando alturas, con la finalidad de facilitar la visualización de los diversos términos de la ecuación de Bernoulli. Esto se realiza cuando se divide cada término de esa ecuación entre g, para dar:

$$\frac{P}{\rho g} + \frac{V^2}{2g} + z = H \quad (5)$$

Cada término de esta ecuación tiene las dimensiones de longitud y representa algún tipo de "carga" de un fluido en movimiento, como se describe a continuación.

- $\frac{P}{\rho g}$ es la carga de presión: representa la altura de una columna de fluido que produce la presión estática P.
- $\frac{V^2}{2g}$ es la carga de la velocidad: representa la elevación necesaria para que un fluido alcance la velocidad V durante una caída libre sin fricción
- z es la carga de elevación: representa la energía potencial del fluido.

Asimismo, H es la carga total para el flujo. Por lo tanto, la ecuación de Bernoulli se puede expresar en términos de cargas como: la suma de las cargas de presión, de velocidad y de elevación a lo largo de una línea de corriente que es constante en el flujo estacionario, cuando los efectos de la compresibilidad y de la fricción son despreciables.

ECUACIÓN DE BERNOULLI CORREGIDA

La ecuación de Bernoulli solo es aplicable a flujos ideales. Para flujos reales se requiere aplicar la ecuación corregida. Esto se debe a los efectos viscosos. Describe el comportamiento de un fluido moviéndose a lo largo de una línea de corriente. En un principio esta ecuación no incluye los efectos viscosos por lo que es necesario modificar la ecuación con el factor corregido de pérdidas por fricción (h_f)

$$\left(\frac{P}{\rho g} + \alpha \frac{V^2}{2g} + z \right)_1 = \left(\frac{P}{\rho g} + \alpha \frac{V^2}{2g} + z \right)_2 + h_f \quad (6)$$

Importante: α es un factor de corrección de energía cinética. Para flujo laminar use $\alpha = 2,0$ y para flujo turbulento use $\alpha = 1,0$, finalmente h_f es (una longitud) positiva: Cabeza de fricción.

$$h_f = f \frac{L}{D} \frac{V^2}{2g} \quad (7)$$

Donde $f = f_{cn}(Re_D, \epsilon/D, \text{geometría})$, es el factor de fricción (Darcy)

Entonces aparece la fórmula de Colebrook, que incluirá los efectos de la rugosidad relativa ϵ/D . Es una ecuación implícita por lo que será necesario iterar para f.[3]

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2,0 \log \left(\frac{\epsilon/D}{3,7} + \frac{2,51}{Re_D \sqrt{f}} \right) \quad (8)$$

A partir de graficar los resultados obtenidos por la fórmula de Colebrook se construyó El diagrama de Moody. Usado ampliamente por ingenieros.

DIAGRAMA DE MOODY

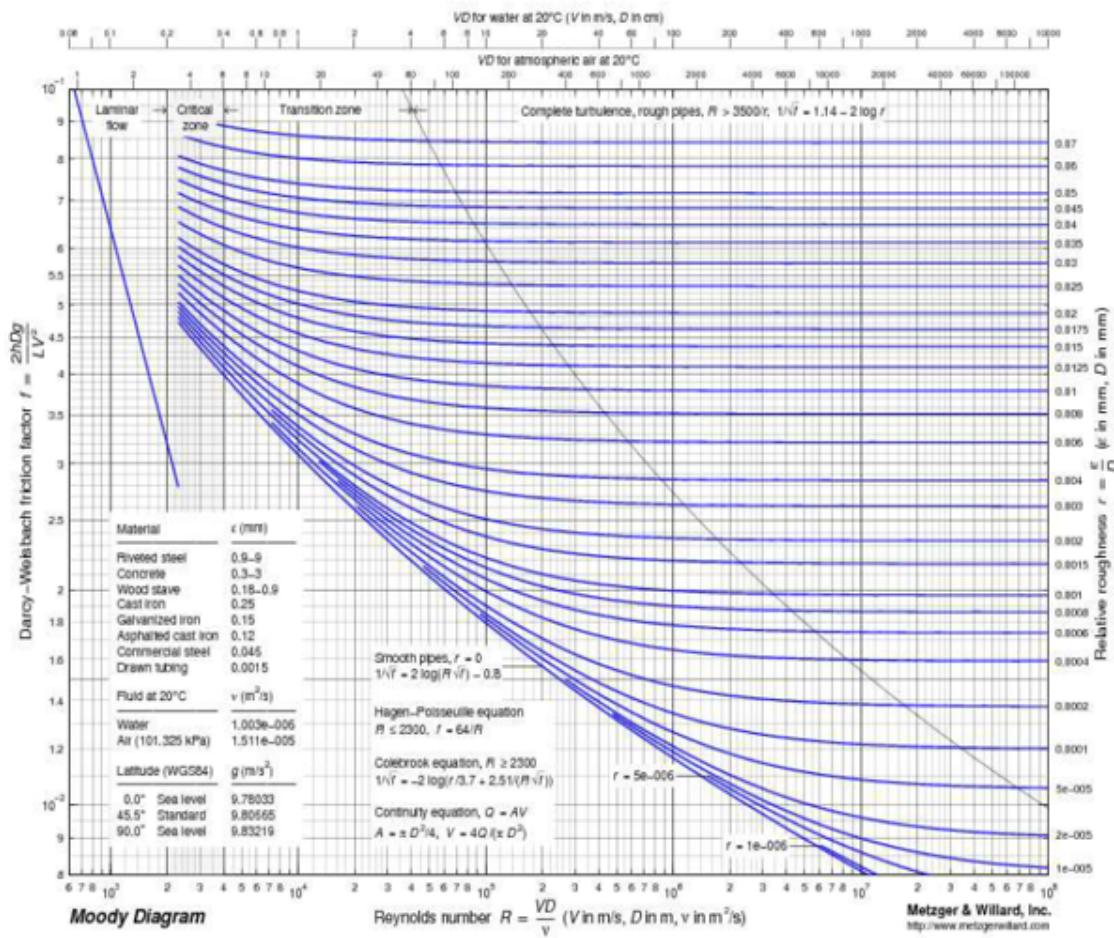


Figura 7: Diagrama de Moody

5.2.4. PÉRDIDAS POR FRICCIÓN

Los codos, tes, yes, reducciones, expansiones, entradas, salidas, válvulas, y demás accesorios generan pérdidas de energía en un sistema de tuberías.

El coeficiente de pérdida K relaciona la pérdida de cabeza causada por el accesorio (h_m) con la cabeza de velocidad

$$h_m = K \frac{V^2}{2g} \quad (9)$$

Donde K depende fuertemente de la geometría y el Re_D

Por lo tanto, la cabeza total de pérdidas, h_L , en una tubería con accesorios será la suma de la cabeza de fricción más las pérdidas debidas a los accesorios:

$$h_L = h_f + \sum h_m = \frac{V^2}{2g} \left(f \frac{L}{D} + \sum K \right) \quad (10)$$

Si la tubería tiene i segmentos con distintos diámetros, y hay j accesorios que provocan pérdidas menores, la cabeza toral de pérdidas se escribiría:

$$h_L = \sum_i \left(f_i \frac{L_i}{D_i} + \sum K_{ij} \right) \frac{V_i^2}{2g} \quad (11)$$

Para una tubería es posible entonces definir un Coeficiente Global de pérdidas:

$$C = \frac{8(f \frac{L}{D} + \sum K)}{\pi^2 d D^4} \quad (12)$$

Note que C tiene dimensiones.

Generalmente las válvulas se usan para regular el flujo en una tubería. Es deseable que K sea bajo cuando están totalmente abiertas. La Válvula de Globo cierra el orificio colocado en la válvula. K varía según la apertura h/D . El grado de apertura de una válvula incide significativamente en la cabeza de pérdida. [3]

La Válvula de Cheque permite que el fluido fluya solo en una dirección, como un diodo en un circuito eléctrico. La cabeza de pérdida depende mucho del diseño de la válvula y su manufactura. Es recomendable consultar el manual de cada fabricante.

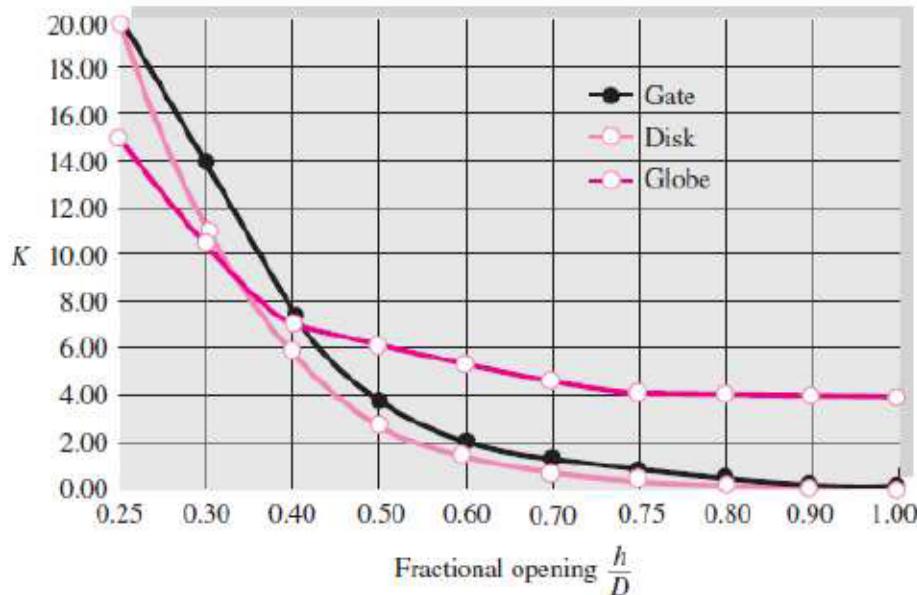


Figura 8: Variación de K en función de la relación (h/D)

La Válvula Mariposa abre totalmente al girarla 90°. Ideal para sistemas que requieran una rápida apertura y cierre. Por otro lado, la Válvula de Bola es versátil y económica. Utilizada en líneas de agua y gas. Ver tabla para K según el grado de apertura.

0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	$\geq 80^\circ$
$K = 0.05$	0.29	1.56	5.47	17.3	25.6	206	485	∞

Valores representativos para válvulas totalmente abiertas.

Diámetro Nominal (in)									
Unión Roscada					Con Brida				
	1/2	1	2	4	1	2	4	8	20
Globo	14	8.2	6.9	5.7	13	8.5	6.0	5.8	5.5
Compuerta	0.30	0.24	0.16	0.11	0.80	0.35	0.16	0.07	0.03
Cheque	5.1	2.9	2.1	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
de ángulo	9.0	4.7	2.0	1.0	4.5	2.4	2.0	2.0	2.0

PÉRDIDAS MENORES Se acostumbra instalar una válvula de pie al inicio de tuberías sumergidas en pozos o depósitos de agua. La válvula de pie previene que el agua fluya en sentido contrario cuando la operación de bombeo se interrumpe. La pérdida de presión es baja, $K = 0.8$

Los filtros de canasta son usados frecuentemente para filtrar material extraño en tuberías. Proporcionan una protección para bombas, medidores, válvulas, etc. Un valor típico para el coeficiente de pérdidas es $K = 1,3$

Las esquinas y codos generan pérdidas debido a la separación del flujo. K varía dependiendo del ángulo y la razón entre el radio de curvatura (R) y el diámetro de la tubería (D). También depende de Re_D

Las esquinas imponen un cambio repentino en la dirección del flujo. La caída de presión se puede reducir al insertar álabes directores en la esquina.[6]

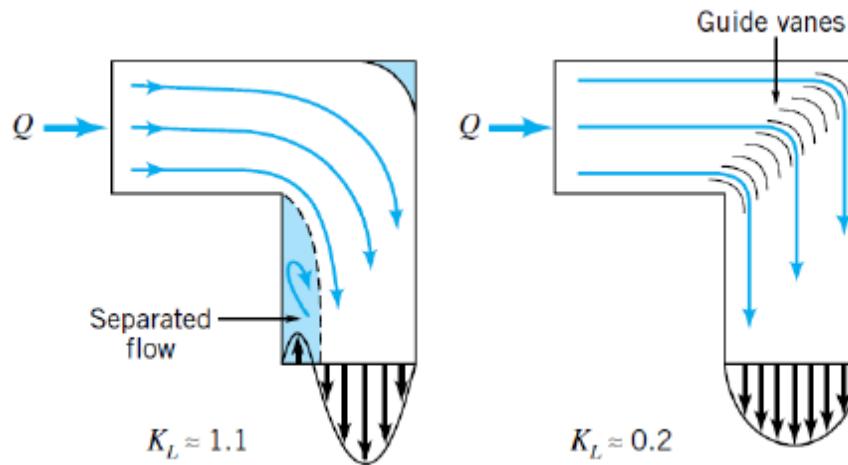


Figura 9: Codo a 90° sin canales vs Codo a 90° acanalado

Además del ángulo, K para un codo depende de si está unido por rosca o con brida.

Diámetro Nominal (in)					
Unión con Rosca				Unión con Brida	
	1/2	1	2	4	
45° regular	0.39	0.32	0.30	0.29	
45° largo					0.21 0.20 0.19 0.16 0.14
90° regular	2.0	1.5	0.95	0.64	0.50 0.39 0.30 0.26 0.21
90° largo	1.0	0.72	0.41	0.23	0.40 0.30 0.19 0.15 0.10

CODOS A 90°

Si el codo está unido por rosca:

$$K = 1,4D^{-0,53} \text{ para } 0.3 \leq D \leq 4 \text{ in, radio regular}$$

$$K = 0,75D^{-0,81} \text{ para } 0.3 \leq D \leq 4 \text{ in, radio largo}$$

Si el codo está unido por brida, soldado o pegado con adhesivo:

$$K = 0,44D^{-0,23} \text{ para } 1 \leq D \leq 25 \text{ in, radio regular}$$

$$K = 0,51D^{-0,58} \text{ para } 1 \leq D \leq 25 \text{ in, radio largo}$$

CODOS A 45°

Si el codo está unido por rosca:

$$K = 0,35D^{-0,14} \text{ para } 0.3 \leq D \leq 4 \text{ in, radio regular}$$

Si el codo está unido por brida, soldado o pegado con adhesivo:

$$K = 0,22D^{-0,14} \text{ para } 1 \leq D \leq 23 \text{ in, radio regular}$$

En algunos casos es necesario que el flujo gire 180°

Diámetro Nominal (in)							
Unión por Rosca				Unión con Brida			
	1/2	1	2	4	1	2	4
180° regular	2.0	1.5	0.95	0.64	0.41	0.35	0.30
180° largo					0.40	0.30	0.21
					0.25	0.15	0.10
					0.20		

CODOS DE RETORNO

Si el codo está unido por rosca:

$$K = 1,5D^{-0,57} \text{ para } 0.3 \leq D \leq 4 \text{ in, radio regular}$$

Si el codo está unido por brida, soldado o pegado con adhesivo:

$$K = 0,43D^{-0,26} \text{ para } 1 \leq D \leq 23 \text{ in, radio regular}$$

$$K = 0,43D^{-0,53} \text{ para } 1 \leq D \leq 23 \text{ in, radio largo}$$

CONEXIÓN EN T

La conexión en T para flujo en línea o con derivación

Diámetro Nominal (in)							
Unión con Rosca				Unión con Brida			
	1/2	1	2	4	1	2	4
En línea	0.90	0.90	0.90	0.90	0.24	0.19	0.14
Derivación	2.4	1.8	1.4	1.1	1.0	0.80	0.64
					0.10	0.07	
					0.58	0.41	

5.2.5. PÉRDIDAS MENORES

ENTRADAS

La pérdida de cabeza a la entrada de una tubería es función de su geometría: reentrante, de borde agudo, ligeramente redondeada, y bien redondeada.[6]

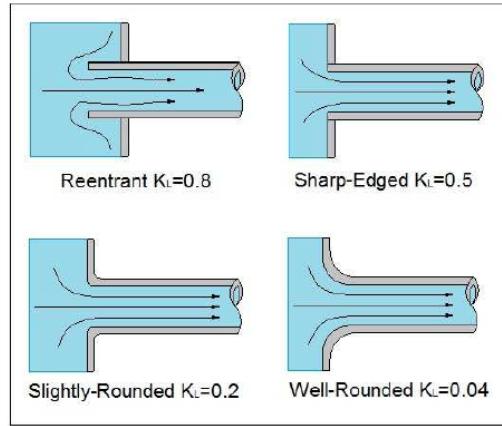


Figura 10: Variación de K en función de la geometría a la entrada del conducto)

Las pérdidas debidas a expansión y contracción se pueden reducir al instalar un difusor. En un difusor convergente (contracción) las pérdidas son muy pequeñas.

$h_m = K \frac{V^2}{2g}$ se calcula con la velocidad en la sección de menor área.

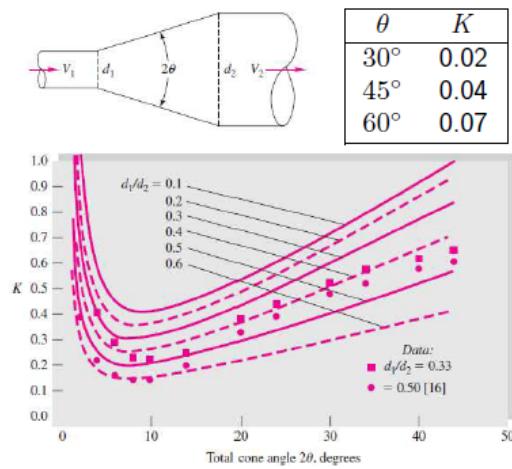


Figura 11: Tobera Difusora

5.2.6. RED NEUMÁTICA

[14] Con los parámetros relevantes para el diseño y construcción de la red neumática ya establecidos (Presión óptima de trabajo de las herramientas, caudal óptima de trabajo de las herramientas y longitud entre el compresor y las salidas de aire) se realizaron los cálculos, gráficas y análisis necesarios para determinar los materiales, dimensiones y calibres de las tuberías de la red neumática. De igual manera es importante conocer la disposición adecuada de nuestra red ya sea de tipo cerrado (anillos), de tipo abierto (lineal), escama de pesados, etc. A partir de ese punto se procedió a seleccionar los distintos accesorios que ayudaron en el armado, en la seguridad y montaje del sistema.

Ventajas del Aire Comprimido

[14] El empleo de este fluido como fuente de energía en las industrias presenta algunas ventajas claras: Se puede centralizar la alimentación de todas las aplicaciones neumáticas (compresor central), lo cual no es posible con aplicaciones oleo-hidráulicas. Mediante el uso de acumuladores (tanque pulmón) se puede almacenar el fluido, logrando así que la capacidad del compresor no tenga que ser necesariamente igual o superior al máximo del consumo de aire en un momento determinado, sino que puede ser igual al promedio de consumo.

En comparación con los sistemas hidráulicos, las redes de transporte son más simples. El transporte del aire comprimido es seguro, lo que lo hace ideal para aplicaciones en ambientes con riesgo de explosión o incendio, aunque se debe tener precaución, pues una falla abrupta en estas redes puede ocasionar fugas de alta presión. Aunque los gastos por fugas son importantes en las redes neumáticas, estas no evitan que los equipos continúen trabajando, a diferencia de los sistemas hidráulicos (VAN DIJON, 1982).

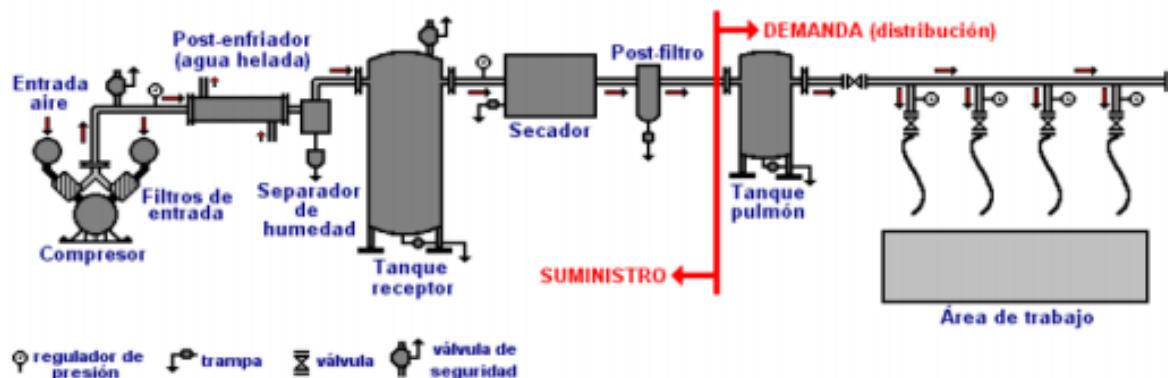


Figura 12: Circuito neumático con los accesorios correspondientes.

5.2.7. ANÁLISIS DE AIRE COMPRIMIDO

[15] El aire comprimido es aire atmosférico sometido a presión, compuesto por lo general en un 78 % de Nitrógeno, un 21 % de Oxígeno y en un 1 % de otros gases como se indica en el Anexo I; físicamente es inodoro, incoloro e insípido. La presión del aire atmosférico depende de la altura geográfica. Como altitudes de referencia para la presión y la temperatura del aire suelen darse las siguientes: $P_0 = 1.013$ bar y $T_0 = 20^\circ\text{C}$ (condiciones estándar) o $P_0 = 1.013$ bar y $T_0 = 0^\circ\text{C}$ (condiciones normales)

Un sistema de aire comprimido se divide en dos partes: el suministro y la demanda. Del lado del suministro, encontraremos el paquete de compresión, compuesto por el compresor, el motor del compresor, controladores y depósitos y equipo de tratamiento del aire, como filtros, enfriadores, secadores, tanques de almacenamiento, etc. Por el lado de la demanda, están el cabezal principal, compuesto por las líneas principales de distribución, mangueras, reguladores de presión, válvulas, lubricadores, equipo neumático, etc. Cada uno de los elementos mencionados, tanto del suministro como de la demanda, tienen una aplicación específica para el mejor desempeño del sistema y, en cada caso, se deberá cuidar su funcionamiento a través de un adecuado mantenimiento.

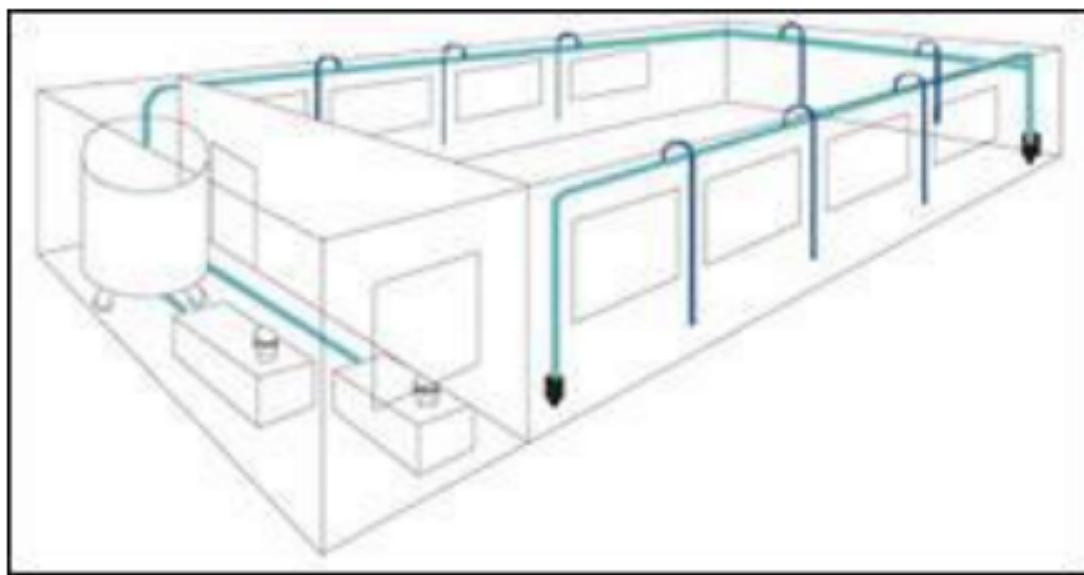


Figura 13: Red de distribución de Aire Compimido.

PROPIEDADES

[15] Veamos las ventajas y desventajas que tiene el uso del aire comprimido como fluido de trabajo. Como ventajas tenemos que:

- Alta disponibilidad: Es un medio fácil de obtener para ser energizado por medio de un compresor, no hay que adquirirlo y no se presentan cambios ya que el aire para ser energizado se lo realiza en un solo paso. Está disponible para su compresión prácticamente en todo el mundo, en cantidades ilimitadas.
- Transporte: El aire comprimido tiene la facilidad de ser transportado por tuberías, incluso a grandes distancias. Con la ventaja de que no es necesario disponer de tuberías de retorno.
- Almacenable: El aire comprimido generado por un compresor suele almacenarse en un depósito cuyo volumen se elige para sostener una demanda dentro de unos niveles de presión predeterminados. No es preciso que un compresor permanezca continuamente en servicio. El aire comprimido puede almacenarse en depósitos y tomarse de éstos. Además, se puede transportar en recipientes cerrados.
- Temperatura: El aire comprimido es insensible a las variaciones de temperatura; garantiza un trabajo seguro incluso a temperaturas extremas.
- Antideflagrante: No existe ningún tipo de riesgo de explosión ni incendio; por lo tanto, no es necesario disponer instalaciones antideflagrantes, que son costosas.
- Limpio: El aire comprimido es limpio siempre y cuando pase por un filtro que contenga las microimpurezas que contiene el aire y en caso de faltas de estanqueidad en tuberías o elementos. Esto es muy importante, por ejemplo en las industrias alimenticias, farmacéuticas, de la madera, de los textiles y del cuero.
- Con la particularidad de que los sistemas de aire comprimido son libres de impurezas tóxicas, sin riesgo de contaminación por fugas.
- Constitución de los elementos: la concepción de los elementos de trabajo es simple y, por tanto, económico.
- A prueba de sobrecargas: Las herramientas y elementos de trabajo neumáticos pueden utilizarse hasta su parada completa sin riesgo alguno de sobrecargas

5.2.8. EQUIPOS PRESENTES EN UNA RED NEUMÁTICA

Una red de aire comprimido es el conjunto de todas las tuberías que parten del depósito, colocadas fijamente unidas entre sí y que conducen el aire comprimido a los puntos de toma para los equipos consumidores individuales. En general una red de aire comprimido de cualquier industria cuenta con los siguientes 8 dispositivos mostrados en la siguiente figura.

1. Equipos de filtración previos al compresor. Estos dispositivos son utilizados para eliminar las impurezas del aire antes de la compresión con el fin de proteger al compresor y evitar el ingreso de contaminantes al sistema.
2. Compresor. Es el encargado de convertir la energía mecánica, en energía neumática comprimiendo el aire. La conexión del compresor a la red debe ser flexible para evitar la transmisión de vibraciones debidas al funcionamiento del mismo.
3. Equipos de enfriamiento del aire comprimido. Los equipos de enfriamiento o postenfriadores son la inversión más rentable para reducir las altas temperaturas del aire comprimido que sale del compresor. Es necesario enfriar el aire a 30°C – 35°C antes de que entre al secador o filtro en el tratamiento posterior del aire comprimido. Postenfriador aire – aire.- En lugares donde el aire tiene alta presencia de contaminantes, la utilización de este equipo es cuestionable, ya que aunque el fluido de trabajo es gratuito (menor costo de operación), la cantidad de mantenimiento aumenta los costos. Postenfriador aire – agua.- Tiene alta eficiencia, menor necesidad de espacio y mayor costo de operación por el fluido de trabajo y la instalación.
4. Depósitos. Almacenan el aire comprimido y equilibran las pulsaciones del aire procedente del compresor, a la vez que suministra una superficie grande de intercambio de calor que permite disminuir parcialmente la alta temperatura del aire luego de la compresión. Los tanques o pulmones tienen como función principal regular el caudal, evitar cambios bruscos en la presión y el asentamiento de partículas y humedad.
5. Equipos de filtración en línea. Se encargan de filtrar y eliminar las partículas de polvo del aire comprimido hasta una calidad adecuada para el promedio de aplicaciones conectadas a la red.
6. Secadores. Se utilizan para aplicaciones que requieren un aire supremamente seco.
7. Red de conductos. Se pueden dividir en conductos principales, que conectan el compresor con el anillo de distribución, y las tuberías o ramales de distribución, desde los que se alimentan las derivaciones a cada herramienta o punto de consumo. Page 22
8. Equipos adicionales. Equipos de purga, unidades de mantenimiento (formadas por filtro, regulador de presión y lubricador), secadores adicionales, instrumentación, etc. Equipo adicional: (1) Válvulas de alivio, (2) Medidor de presión, (3) Unidad de mantenimiento de aire (4) Separador de impurezas, (5) Unidad de lubricación, (6) Regulador de presión de la línea de tubería.

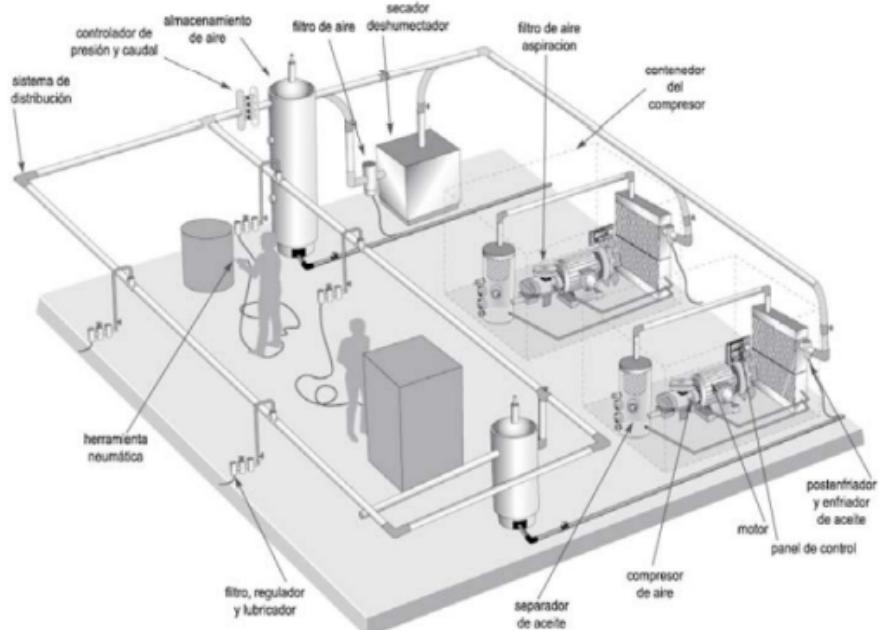


Figura 14: Componentes de una Red Neumática

DENOMINACIÓN	ACCESORIO	Longitudes equivalentes en metros								
		Diámetro interior d del tubo en mm								
		9	12	14	18	23	40	50	80	100
VALVULA		0.2	0.2	0.2	0.3	0.3	0.5	0.6	1.0	1.3
CODO 90°		0.6	0.7	1.0	1.3	1.5	2.5	3.5	4.5	6.5
CODO 45°		0.4	0.6	0.8	1.1	1.4	2.0	2.5	3.0	3.5
TEE		0.7	0.85	1.0	1.5	2-0	3.0	4.0	7.0	10

Figura 15: Resistencias al caudal ocasionadas por diversos tipos de accesorios de redes de aire comprimido, convertidas en longitudes de tubos (datos en metros). Extraído de (Sartanejas, 2005)a

5.2.9. SISTEMA DE FRÍO

Para esta sección es necesario conocer con precisión los balances térmicos de los diferentes cuartos fríos a diseñar. También se presentará todo el contenido necesario a tener en cuenta para un buen diseño de los cuartos fríos, se debe conocer con certeza el ciclo termodinámico de refrigeración presente como los equipos involucrados, también será de interés conocer de refrigerantes, ya que de esta forma se seleccionará el adecuado.

CÁLCULO DE LA TEMPERATURA DEL PROYECTO

Para determinar la temperatura del proyecto existe un modelo matemático que relaciona las temperaturas máximas y medias del lugar geográfico donde se realiza el proyecto. Esto hace que el cálculo de las cargas térmicas por efecto de la conducción y convección no se eleve o baje demasiado por sobre la ganancia real de calor por estos conceptos. [7] Para esto se define la temperatura del proyecto como:

$$T_p = 0,4T_{max} + 0,6T_{me} \quad (13)$$

TRANSFERENCIA DE CALOR POR CONDUCCIÓN Y CONVECCIÓN

El cálculo de la aportación de calor a través de paredes, techo y suelo, mide el requerimiento asociado a la pérdida generada por la diferencia de temperaturas entre el interior y el exterior al flujo de transmisión de calor del exterior al interior a través de los cerramientos del recinto. Para realizar este cálculo hace falta conocer las dimensiones de la nave, superficie de transmisión y las características de los cerramientos, es decir, la conductividad térmica del material del mismo, tanto de paredes como techo y suelo. El flujo de calor a través de una superficie plana en régimen estacionario, se calcula como:

$$Q = \sum U * A * (T_{ext} - T_{int}) \quad (14)$$

Donde:

U = Coeficiente global de transferencia de calor [W/m²*K]

A = Área de transferencia de calor [m²]

T_{ext} = T° exterior [K]

T_{int} = T° interior [K]

El coeficiente global de transmisión de calor (U), es el inverso de la resistencia térmica total que ofrece la superficies, y se define de la siguiente forma:

$$U = \frac{1}{\frac{1}{h_i} + \sum \frac{e_j}{\lambda_j} + \frac{1}{h_e}} \quad (15)$$

Donde:

h_i : Coeficiente de convección de la superficie interior del muro aislante [$\text{W}/\text{m}^2\text{K}$]

h_e : Coeficiente de convección de la superficie exterior del muro aislante [$\text{W}/\text{m}^2\text{K}$]

e : Espesor de la superficie muro ailante expresado en [m]

λ : Conductividad térmica del material expresado en [W/mK]

De esta forma se podrá calcular la transferencia de calor desde los alrededores hacia la camara frigorífica, para esto se tendrá en cuenta las medidas de las paredes de los cuartos como también los materiales de construcción[7]

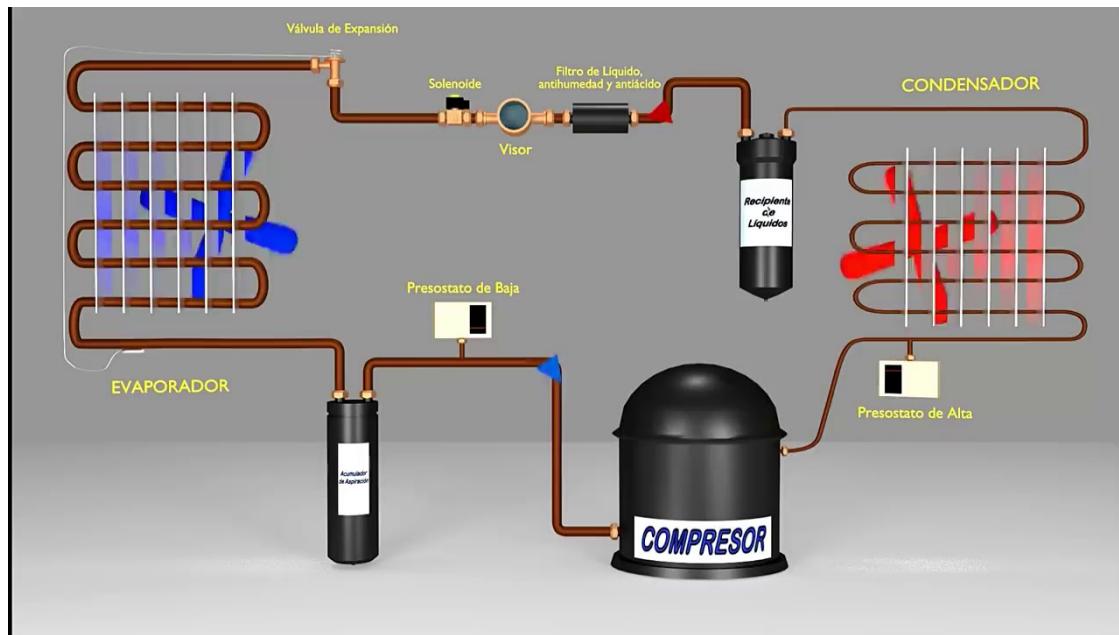


Figura 16: Ciclo de refrigeración

PRINCIPIOS GENERALES DE LA REFRIGERACIÓN

Los términos más importantes en los principios de refrigeración son: temperatura, calor, refrigeración, enfriamiento, calentamiento, producto fresco, duración mínima entre otros.

ENFRIAMIENTO: proceso en el cual se disminuye la temperatura Calentamiento: proceso en el

cual se aumenta la temperatura Producto fresco: producto blando, para consumo directo Duración mínima: el menor tiempo que el producto permanece dentro del cuarto frío

REFRIGERACION[7]: La literatura define la refrigeración como cualquier proceso de eliminación de calor. Más específicamente, se define refrigeración como la rama de la ciencia que trata con los procesos de reducción y mantenimiento de la temperatura de un espacio o material a temperatura inferior con respecto al ambiente que lo rodea. Universidad del Bío-Bío. Sistema de Bibliotecas - Chile 8 Para lograrlo se debe extraer calor del cuerpo o ambiente que será refrigerado y se transfiere a otro cuerpo cuya temperatura es inferior a la de dicho cuerpo o ambiente. Debido a que el calor absorbido de los productos o espacios es transferido a otro cuerpo, es evidente que el proceso de calefacción y refrigeración son en realidad los extremos opuestos del mismo proceso. Se podría decir que se distingue uno de otro nada más que por el resultado que presenta cada uno.

REFRIGERANTE: Un refrigerante es cualquier cuerpo o sustancia que actúa como agente de enfriamiento absorbiendo calor de otro cuerpo o sustancia. Con respecto al ciclo compresión-vapor, el refrigerante es el fluido de trabajo del ciclo el cual alternativamente se evaporiza y se condensa, absorbiendo y cediendo calor respectivamente. Para que un refrigerante sea apropiado y se le pueda usar en un ciclo de compresión de vapor, debe poseer ciertas propiedades químicas, físicas y termodinámicas que lo hagan seguro y económico durante su uso. Propiamente no existe un refrigerante “ideal” y por las grandes diferencias en las condiciones y necesidades de las varias aplicaciones, no hay un solo refrigerante que sea universalmente adaptable a todas las aplicaciones.

TEMPERATURA: es la escala usada para medir la densidad del calor y es el indicador que determina la dirección en que se moverá la energía de calor. También puede definirse como el grado de calor sensible que tiene un cuerpo en comparación con otro. La temperatura se mide en grados Fahrenheit ($^{\circ}\text{F}$), y grados Centígrados, algunas veces llamadas Celsius. Ambas escalas tienen dos puntos básicos en común: el punto de congelación y el de ebullición del agua al nivel del mar. Al nivel del mar, el agua se congela a 0°C o a 32°F y hierve a 100°C o a 212°F .

CALOR: es la medida de la temperatura, no tiene ninguna relación con la cantidad de calor. Una llama de fósforos puede tener la misma temperatura que una hoguera, pero obviamente la cantidad de calor que despiden es totalmente diferente.

AISLAMIENTO TERMICO: Dado que el calor siempre fluye desde una región de mayor a una región de menor temperatura, siempre existirá un flujo de calor hacia la región refrigerada desde los alrededores calientes. Para limitar este flujo de calor hacia la región refrigerada y buscando disminuirlo al máximo, resulta necesario aislar la región de sus alrededores con buenos materiales aislantes de calor.

CALOR SENSIBLE: Es aquel calor transferido que hace variar la temperatura de un cuerpo o sistema.

CALOR LATENTE: Es aquel calor transferido que no hace variar la temperatura de un cuerpo o sistema.

REFRIGERANTES

Como refrigerante se entiende todo aquel fluido que se utiliza para transmitir el calor en un sistema frigorífico y que absorbe el calor a bajas temperaturas y presión, y lo cede a temperaturas y presión más elevada, generalmente con cambios de estado fluido. Los refrigerantes se identifican por su fórmula química o por una denominación simbólica numérica; no es suficiente identificarlos sólo por su nombre comercial.

N. de refrigerante	Nombre	Composición química
Compuestos inorgánicos		
R717	Amoniaco	NH3
R718	Agua	H2O
R744	Dióxido de carbono	CO2
Compuestos orgánicos		
Hidrocarburos		
R 290	Propano	CH3CH3CH3
Hidrocarburos halogenados		
Hidroclorofluorcarbonos (HCFC)		
R22	Clorodifluorometano	CHClF2
Hidrofluorocarbono (HFC)		
R134a	1,1,1,2-tetrafluoroetano	CH2FCF3
Mezclas zeotrópicas		
R404A	HFC+HFC+HFC	R125/R143a/R134a (44/52/4)
R407C	HFC+HFC+HFC	R32/R125/R134a (23/25/52)
Mezclas azeotrópicas		
R507	HFC+HFC	R125/R143a (50/50)

Figura 17: Tablas refrigerantes

PROPIEDADES DE LOS REFRIGERANTES

Las propiedades de un refrigerante a emplearse en un cuarto frío son: no inflamable, no tóxico, no irritante

NO INFLAMABLE

[7]Inflamabilidad es la capacidad de un producto químico de mantener la combustión, lo cual depende del grado de concentración de refrigerante en aire y de la cantidad de energía liberada por la combustión. Los refrigerantes se clasifican en general como: no inflamables, de baja inflamabilidad o de alta inflamabilidad. Por ejemplo, el R152A tiene un límite de inflamabilidad del 4 significa que en 100 kg de aire, 4 kg de refrigerante tomarán fuego. Se considera al R152A como de baja inflamabilidad. El propano R290 tiene un límite de inflamabilidad de 2 inflamabilidad.

GRUPO	AUMENTA TOXICIDAD →	
		AUMENTA INFAMABILIDAD ↓
3	R600a (ISOBUTANO) R290 (PROPANO)	R1140 (CLORURO DE VINILO)
2	HFC32 HFC143a HFC152a	R717 (AMONÍACO)
1	CFC11 CFC12 HCFC22 HFC125 HFC134a	HCFC123
CLASE	A	B

Figura 18: Propiedades de los refrigerantes

NO TÓXICO

La toxicidad puede medirse de diversas maneras. En general hay límites para la cantidad de refrigerante que una persona puede tolerar en un breve lapso de tiempo (efectos agudos) y en un período prolongado (efectos crónicos de largo plazo). Con base a resultados del programa de alternativas para la toxicidad del fluorocarbono (PAFT) los fabricantes han recomendado concentraciones que el ser humano puede tolerar durante determinado tiempo sin efectos perjudiciales, denominados

límites permitidos de Exposición .^Authorized Exposure Levels”[AEL].

Estos valores se establecen en partes por millón [ppm], indicando la cantidad máxima de refrigerante que puede tolerarse sin peligro. Otros indicadores de la toxicidad incluyen los valores límites de umbral ”Threshold Limit Values”[TLV] y los valores de exposición permitidos ”Permitied Exposure Levels”[PEL]. Los fabricantes de refrigerantes indican los AEL, TLV y el PEL del refrigerante en la hoja de datos de seguridad del material [MSDS]. La Norma 34 de ASHRAE clasifica la toxicidad en dos grupos:

- Clase A: refrigerantes con baja toxicidad, con un TLV ponderado en función del tiempo superior a 400 ppm. Es decir, que son de preocupar únicamente las concentraciones superiores a 400 ppm durante períodos prolongados.
- Clase B: refrigerantes con toxicidad elevada con un TLV ponderado en función del tiempo inferior a 400 ppm. 12

NO IRRITANTE

El refrigerante no debe de ser irritante para el ser humano (ojos, nariz, pulmones, piel).

5.2.10. DISEÑO ESTRUCTURAL DE LAS CÁMARAS FRIGORÍFICAS

La información presentada en este capítulo es obtenida directamente de los proveedores y se indican detalles como información anexa si procede.

PAREDES: Las paredes y techo serán construidos de paneles ISOPUR de la empresa CINTAC. Los paneles están constituidos por dos láminas de acero, con núcleo aislante de poliestireno de alta densidad. Cuyos detalles técnicos son anexados. [A-C]

SUELO: El suelo de la cámara también debe ir aislado térmicamente para evitar la transferencia de calor. Se pueden presentar varios inconvenientes con respecto al suelo de la cámara siendo la congelación de éste, uno muy importante a tratar. De producirse escarcha en el suelo se podría ocasionar deterioro de las paredes por levantamiento de las mismas. Para evitar el riesgo de congelación, suelen utilizarse frecuentemente dos procedimientos diferentes. Uno es crear un vacío sanitario o cámara de aire y el otro es el calentamiento del suelo a través de distintos métodos. Para los fines de este diseño se construye una cámara de aire bajo la superficie. Los detalles se adjuntan. [A-D]

PUERTA: La puerta se construye de una sola hoja del tipo corredera y presenta características de aislamiento térmica idénticas al resto de las paredes con sus respectivos perfiles de anclaje y sellos que permiten una mínima circulación de aire. La información se adjunta. [A-E]

ILUMINACIÓN: La tecnología de los tubos fluorescentes ha sido ampliamente superada por la iluminación LED, debido a una serie de ventajas que esta presenta, entre las cuales los fabricantes entregan las principales. [A-F] Universidad del Bío-Bío. Sistema de Bibliotecas - Chile 14 La principal característica que hizo tomar la decisión de escoger este tipo de luminaria para el proyecto es el bajo calor que genera y su alto rendimiento, especialmente a -20 °C.

CORTINAS FRIGORÍFICAS: Las cortinas disminuyen la circulación de aire durante la apertura de la puerta, así también evita el ingreso de insectos o partículas en suspensión. Existe una gran variedad de cortinas en el mercado por lo tanto se debe realizar la elección conforme a las necesidades ya que los materiales se comportan distinto de acuerdo a la temperatura a que se expongan. Se utiliza para los fines del presente diseño, cortinas de lamas fabricadas de PVC. El detalle y características de las cortinas se entregan como información anexa.[7] [A-G]

CUARTO FRÍO: Esquema general

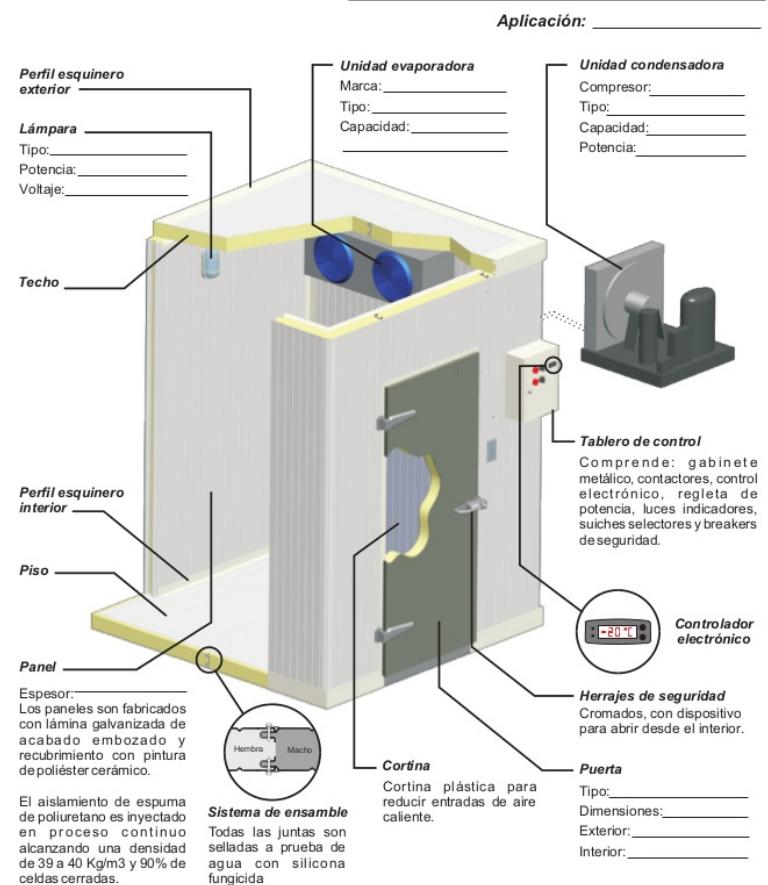


Figura 19: Diseño estructural cámaras de frío

EQUIPOS

[8]EVAPORADOR: Este elemento es un intercambiador de calor que, por sus necesidades caloríficas absorbe calor del medio en que se encuentra, con lo cual lo enfriá. Normalmente es de circulación forzada de aire mediante ventilador, que proporciona una mayor capacidad frigorífica y un buen intercambio mediante la utilización de tubos con aletas para aumentar su superficie de intercambio de calor.

COMPRESOR: La función del compresor es aspirar el vapor del evaporador y ayudarlo a entrar en el condensador. Este trabajo se consigue con un aporte de energía exterior, de tipo mecánico con un consumo energético determinado de electricidad u otras fuentes. Existen diversos tipos de compresores, siendo los más comúnmente empleados los de pistón, los centrífugos y los denominados de tornillo.

CONDENSADOR: La tarea del condensador es extraer el calor del refrigerante en forma de gas. Este calor, en principio es la suma del calor absorbido por los evaporadores y el producto del trabajo de compresión.

5.2.11. ADECUACIONES MECÁNICAS

Para lograr un correcto proceso de faenamiento, se debe planear estratégicamente cómo será el recorrido total de la res por la planta, desde el momento que entra subida en un camión, pasando por el descenso del animal a los corrales en los que será pesado en una báscula, para así registrar el ingreso del animal. Después de un periodo corto de tiempo el animal es llevado a la cámara de insensibilización donde será ejecutado y comenzará el verdadero proceso de faenado, iniciando con el izado de la res, para hacer la primera transferencia al riel que transportará la res para ir haciéndole su debido proceso de desposte en cada una de las estaciones con sus máquinas correspondientes. A continuación, se hará una lista con los equipos correspondientes en el proceso, como también otros elementos requeridos por la red de vapor y todo el sistema de frío, con sus respectivos requerimientos y otras estimaciones.

RED DE VAPOR				
CDAD	MAQUINAS	FUENTE DE ENERGIA	POTENCIA	[]
1	CALDERA	GAS NATURAL - BIODIESEL	256	BHP
2	MARMITA	CALOR - VAPOR	7	BAR
2	ESCALDADORA	CALOR - VAPOR	2	BAR
2	BOMBA	ENERGIA ELECTRICA	7	HP
4	PISTOLA DE LIMPIEZA	ENERGIA ELECTRICA	2	HP

Figura 20: Tabla de los equipos que funcionan con la red de vapor

CUARTOS FRIOS					
CDAD	MAQUINAS	FUENTE DE ENERGIA	POTENCIA - MIN	POTENCIA MAX	[]
7	EVAPORADOR	ENERGIA ELECTRICA	6	20	HP
7	CONDENSADOR	ENERGIA ELECTRICA	6	20	HP
7	COMPRESOR	ENERGIA ELECTRICA	6	20	HP
2	VENTILADORES	ENERGIA ELECTRICA	30	40	W
14	LUCES	ENERGIA ELECTRICA	200	400	W

Figura 21: Tabla equipos de los cuartos fríos

ADECUACIONES MECÁNICAS					
CDAD	MAQUINAS	FUENTE DE ENERGIA	POTENCIA	[]	
2	BASCULA	MECÁNICA	-	-	
2	PISTOLA DE ATURDIMIENTO	NEUMATICO	10	BAR	
1	MOTOR - IZADA	ENERGIA ELECTRICA	3	HP	
4	SIERRA CORTE CUERNOS	ENERGIA ELECTRICA - NEUMATICA	2	HP	
4	PINZA CORTE DE PATAS	NEUMATICO	7	BAR	
4	SIERRA CORTE DE ESTERNON	ENERGIA ELECTRICA	2	HP	
2	SIERRA PARA DIVISIÓN DE CANALES	ENERGIA ELECTRICA	2	HP	
6	PISTOLA DE ESTERILIZACION	ENERGIA ELECTRICA	1,5	HP	
1	DESOLLADORA DE RODILLO	NEUMATICO	6	BAR	
1	COMPRESOR	ENERGIA ELECTRICA	30	HP	

Figura 22: Tabla equipos involucrados en el proceso de faenado, algunos alimentados por la red neumática[9]

6. Metodología

Para diseñar la red de tuberías de vapor que se debe instalar en el frigorífico será bueno seguir varias referencias y metodologías ampliamente usadas en este campo. El diseño de la red neumática tendrá un modelado similar. El diseño de este tipo de sistemas logra que converjan múltiples conocimientos y que sea toda una ciencia su correcta planeación y aplicación. Lo primero que se debe conocer es con precisión los requerimientos de la planta respecto al vapor a usar, temperaturas y presiones necesarias en las diferentes secciones con sus correspondientes aplicaciones. Lo primero a calcular en el sistema será la caldera necesaria que pueda suplir la demanda energética que se requiera de vapor y el compresor que satisfaga la demanda de aire comprimido, para así adecuar los accesorios necesarios que tenga dicha caldera.

Un aspecto fundamental en este diseño será la red de tuberías a usar con los cuales se debe tener parámetros de diseño muy rigurosos, junto con todo el sistema de frío involucrado, ya que se verá reflejado en la eficiencia del sistema y los costos de operación y mantenimiento. Las válvulas de operación y las trampas de vapor también juegan un rol bastante importante ya que nos darán un rendimiento superior si se adecuan de la forma correcta. Es importante también contar con sensores en algunas etapas del circuito para lograr diagnosticar de forma correcta si algún trayecto presenta problemas.

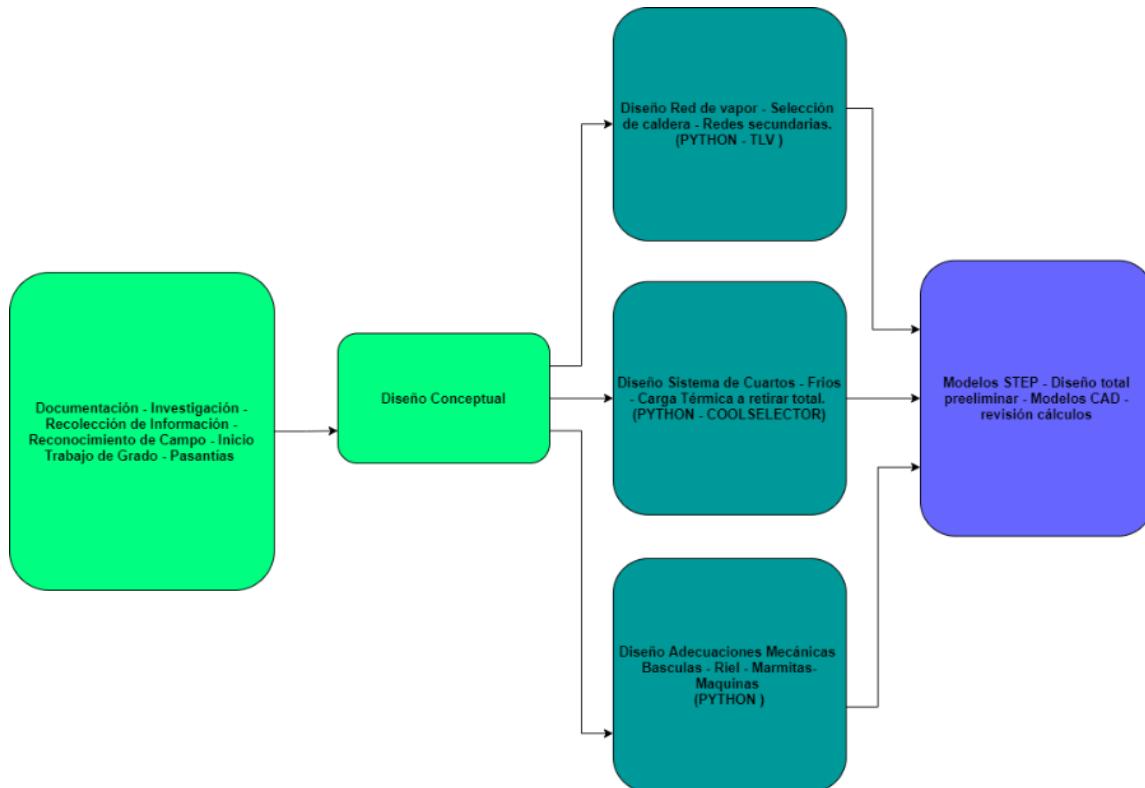


Figura 23: Etapas del proceso, técnicas, verificación y modelado CAD

7. Cronograma de actividades

MACROACTIVIDAD	No	ACTIVIDAD	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	PRODUCTO
Definición del problema - Investigación - Documentación Informe #1 - Semana 5 (30%)	1.1	Definición de la necesidad (TITULO)	x	x															Texto PDF
	1.2	Planteamiento del problema y subproblemas de diseño (INTRODUCCIÓN, OBJETIVOS)		x	x														
	1.3	Marco Referencial - M. Teórico Marco Referencial - M. Legal	x	x	x														
	1.4	Marco Referencial - M. Histórico. Cronograma del proyecto - Metodología		x	x														
	1.5	Reuniones - Equipo interdisciplinario	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		
Diseño conceptual - Cálculos Asociados Informe #2 - Semana 11 (30%)	2.1	Red de Vapor: Potencia nominal. (T,P) Análisis funcional: Diagrama de caja negra y gris. Cálculos Principales (Vel, Diam, perd. Fricc)						x	x										Texto PDF - Cálculos Principales Cálculos secundarios
	2.2	Mapeo de la función: Generación de conceptos (Acces y Válvulas) Integración de conceptos (Cálculos asociados, pérdidas men. Etc)							x	x									
	2.3	Generación y evaluación de las alternativas de solución propuesta (Montaje e Instalación). Diseño específico - Cálculos Asociados						x	x	x		x	x	x					
	2.4	Cálculos preliminares: Sistema de Frío. Condiciones locales geográficas. Cálculos Principales (Transf. Calor Paredes)								x	x	x							
	2.5	Mapeo de la función: Generación de conceptos (EVAPORADOR - CONDENSADOR- VÁLVULAS). Integración de conceptos (Cálculos asociados)								x	x								
	2.6	Generación y evaluación de las alternativas de solución propuesta (Montaje e Instalación). Diseño específico - Cálculos Asociados								x	x								
Modelo 3D conjuntos y partes Informe Final - Semana 16 (40%)	3.1	Concepto preliminar Caldera (generación de vapor). Concepto preliminar Red principal de tuberías CAD. Concepto preliminar Red secundaria de tuberías CAD										x							Texto PDF en documentación final - Modelos STEP
	3.2	Concepto preliminar Red de Vapor. Concepto preliminar General Consolidado CAD. Descripción del procedimiento de fabricación de piezas personalizadas (cartas tecnológicas)										x	x						
	3.3	Concepto preliminar Sistema de Frío. Concepto preliminar General Consolidado CAD. Selección de equipos										x	x	x					
	3.4	Concepto preliminar Adecuaciones Mecánicas. Concepto preliminar General Consolidado CAD. Descripción del procedimiento de fabricación de piezas personalizadas (cartas tecnológicas)										x	x						
	3.5	Cotización original de piezas diseñadas - catálogos. Análisis económico										x	x	x	x	x	x	x	
	3.6	Conclusiones y recomendaciones												x	x				

8. Actividades realizadas

SEMANA 01

Inicialmente se hizo una inducción a las dinámicas laborales, se realizó una introducción a la documentación requerida para el proyecto, que se realizará para el municipio de Chipaque. Tuve acceso al conocimiento del Proyecto TIPO que ha sido desarrollado por entidades territoriales para ofrecer guías, lineamientos, parámetros y requerimientos para la construcción de Plantas de Benéfico Animal.

SEMANA 02

Se realizó una visita de campo al FRIGROFICO EL UVAL ubicado en Usme. Para esto se asistió al lugar en conjunto con un equipo interdisciplinario de ingenieros en las horas de la mañana. Se pudo ingresar bajo el direccionamiento del gerente de la planta, fue posible observar y analizar la disposición espacial en el Sitio. Se hizo un reconocimiento de las áreas específicas, de las maquinas requeridas y de los procesos involucrados. Se presento un informe a la empresa sobre lo visto y lo posteriormente investigado



Figura 24: Corrales de recepción, estancia y conducción a la insensibilización de bovinos - FRIGRÍOFICO EL UVAL



Figura 25: Cámara de insensibilización del bovino, zona desprendimiento de cabeza y patas, rieles de distribución



Figura 26: Cuartos fríos y cuartos de almacenamiento de la carne a una temperatura establecida



Figura 27: Caldera y red de distribución del vapor para algunas zonas específicas

En esta última sección de fotos, aparece un componente fundamental de este proyecto como lo es la caldera y algunas áreas específicas, con sus debidas conexiones, distribuidas mediante una red de vapor

SEMANA 03

Se procedió con la información recolectada a plantear el desarrollo total de la implementación mecánica, siguiendo los 3 ítems principales que se requerían por el proyecto TIPO, de esta manera se definió como investigar; el diseño e implementación de cuartos fríos con sus equipos involucrados; el diseño e implementación de la red de vapor y por último pero no menos importante, el diseño e implementación de todas las adecuaciones mecánicas necesarias para un óptimo proceso de faenado.

Finalmente, se realizó una reunión de trabajo en la empresa, junto con el equipo interdisciplinario de trabajo, para ir caracterizando y marcando una ruta de trabajo



Figura 28: Proyecto TIPO

SEMANA 04

Se inició una etapa de investigación acerca de trabajos realizados, con una temática similar el diseño e implementación de cuartos fríos con sus equipos involucrados; el diseño e implementación de las redes de vapor y a las adecuaciones mecánicas de plantas frigoríficas. También se comenzó la construcción de un marco de referencia sólido y la consulta a la literatura requerida para el trabajo. Se propuso formalmente un cronograma de actividades enfocado al desarrollo de las pasantías.

SEMANA 05

En esta semana se presentó el primer informe al tutor de la pasantía en la Universidad Nacional el Ing. Baquero. En la empresa se llevó a cabo una tercera reunión con el equipo interdisciplinario de ingenieros y un asesor de la parte legal. Se hablo sobre algunas correcciones de arquitectura al proyecto, por lo que aún se trabaja en eso, como también en el aspecto de cómo será la implementación y la distribución espacial para todos los ítems a desarrollar mencionados anteriormente.

Se consolidó un marco teórico, que abarca toda la conceptualización de fluidos dentro de tuberías y las perdidas asociadas a estos fenómenos. Como también la transferencia de calor presente en los procesos frigoríficos, para esto se presenta el ciclo de refrigeración y su implementación técnica. Se está trabajando en un diseño preliminar, de tal forma que en la siguiente etapa inicien los cálculos de diseño correspondiente.

SEMANA 06

Se inicia el diseño formal de la red de vapor, como aun no se conocen con precisión los requerimientos de usuario, se procede a utilizar la información proporcionada por la FAO para FUNCIONAMIENTO DE PLANTAS DE BENEFICIO. Se comienza el desarrollo de un programa capaz de calcular el diámetro de las tuberías, el régimen de flujo, la demanda energética de la caldera y todo lo necesario para calcular la red de vapor, se utilizará Python, debido a que es un software gratuito y fue aprendido en la Universidad Nacional.

SEMANA 07

En esta semana se termino de desarrollar el programa de Python que calculaba todo lo relacionado con la red de vapor. Desde la demanda de la caldera, pasando por la red principal y las redes secundarias, hasta los accesorios involucrados en la red, que terminan en las debidas conexiones, según los equipos que requieren el vapor a determinadas condiciones.

SEMANA 08

Después de obtener los resultados por el programa desarrollado en Python, se procedió a verificar los cálculos de diseño, con un software utilizado industrialmente para la implementación de redes de vapor y que está disponible en internet. Se encontraron resultados realmente parecidos, sin embargo, el software desarrollado, ofrece posibilidades de optimización para escoger el diámetro adecuado, variando la velocidad en un rango de diseño permitido.

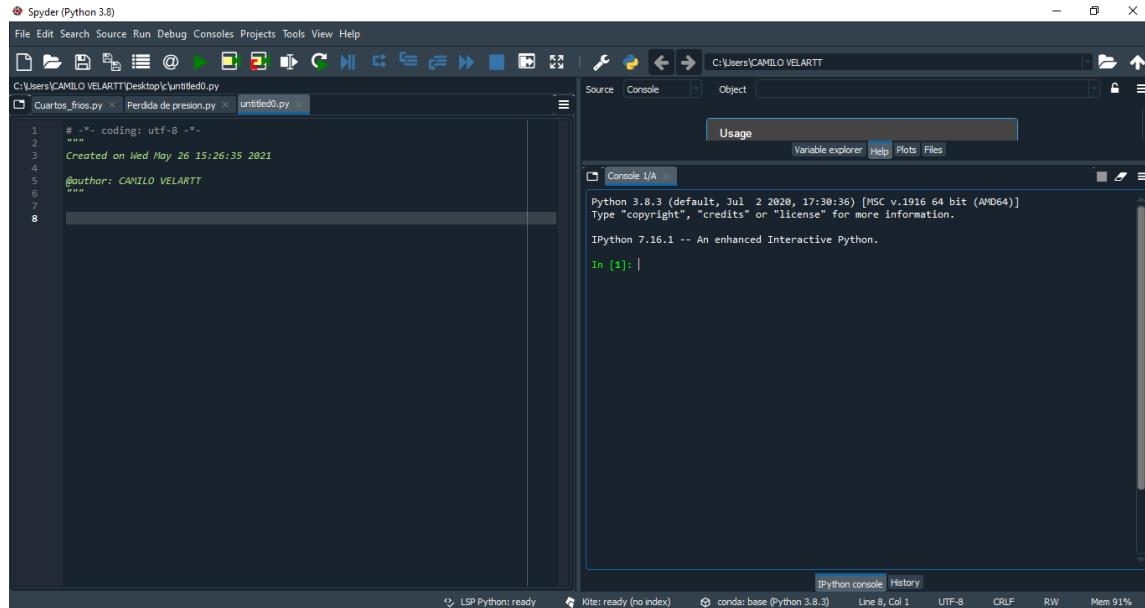


Figura 29: SPYDER - (IDE) Scientific Programming in the Python language.

SEMANA 09

Después de avanzar en el diseño de la red de vapor y los requerimientos de los equipos utilizados en los diferentes procesos que lo requieren. Se hizo una cuarta reunión con el equipo interdisciplinario en donde se definieron los planos arquitectónicos y se conocieron algunas demandas específicas. También llegó al equipo de trabajo el Ingeniero Mecánico Jackson que se encargará de verificar todo el proceso de diseño ejecutado por el pasante en la empresa. De esta manera, también se inició el desarrollo de un programa en Python capaz de determinar toda la carga térmica a retirar en los cuartos fríos, incluyendo transferencia de calor a través de las paredes, el calor específico del producto y su calor producido, como empleados, iluminación y otros factores que pudieran afectar en el proceso frigorífico.

SEMANA 10

Se terminó el desarrollo del programa para los cuartos fríos y se obtuvieron los resultados de las cargas térmicas obtenidas por cada cuarto, en total 9 cuartos, 3 para subproductos y 6 para canales de carne en refrigeración. Se plantea la posibilidad de hacer otra visita de campo con los ingenieros para comprender aún mejor el funcionamiento e ir detallando en las adecuaciones mecánicas y los requerimientos.

SEMANA 11

Para esta semana se procedió hacer la verificación de los cálculos hechos por el programa desarrollado en Python, para esto se usó el software industrial, Coolselector2 el cual es bastante comercial, ampliamente usado y con una confiabilidad buena. Se encontró que el programa diseñado tenía factores de seguridad respecto al coolselector variando entre 1.05 y 1.15. Lo que significa que el programa desarrollado está siendo más conservador y puede responder a escenarios críticos, sin embargo, es necesario que lo examine el ingeniero de la empresa, para que valide cual carga térmica se debe usar y cuales equipos se deben implementar, el coolselector sugiere equipos comerciales desarrollados por su empresa. Con estos cálculos fundamentales para la planta de beneficio animal superados. Se propone el desarrollo de un esquema CAD que permita entender y comprender profundamente el funcionamiento del frigorífico y el proceso de faenado. También se deben definir varios aspectos importantes en las adecuaciones mecánicas necesarias para la planta, esta semana también se envía el segundo informe de la pasantía al Ingeniero Baquero para que lo revise.

SEMANA 12

Con la integración de mas profesionales al proyecto como ingenieros eléctricos e ingenieros estructurales, se hace necesario precisar en algunos requerimientos de maquinaria. Por tal razón se gestionó nuevamente una visita al frigorífico, en conjunto con un equipo interdisciplinario de la empresa compuesto por un ingeniero civil y una ingeniera ambiental. En esta ocasión ya con un conocimiento más amplio del asunto, se pudo identificar y comprender mejor algunos montajes, para iniciar con una modelación del proceso de faenado. Se habló del proceso en general con el ingeniero mecánico de la planta, quien planteó algunas sugerencias y quedó de enviar la lista de los equipos utilizados y su consumo en la planta.



Figura 30: Equipo de ingenieros discutiendo sobre el montaje del cuarto frío, Marmitas y Escaldadoras, Tanque para el desposte, finalmente la PTAR



Figura 31: Caldera, Red principal de Vapor, Bypass en el que se distribuye el vapor a las tuberías secundarias, Compresor principal, compresores de repuesto



Figura 32: Al lado izq. la parte final del proceso de faenado, se utiliza esta sierra para el corte del canal en medias canales de aprox. 140 kg dispuestas a entrar a los cuartos fríos. Al lado derecho puntos de vapor para limpieza e inocuidad dispuestos por toda la planta.

SEMANA 13

Gracias a la visita realizada se encontró un error conceptual en los cálculos. Anteriormente se había calculado la carga térmica con un peso de canal igual a 140kg prom, en realidad ese sería el preso prom de media canal, por lo que la canal completa estaría alcanzando 280kg en prom, en cuanto al resto de los cálculos todo esta bien, junto con eso se hicieron algunos ajustes en código, lo que se tradujo en más precisión. Con la información recopilada se desarrollo un tercer programa en Python este para diseñar la Red Neumática, sus tuberías y accesorios. En este caso se seleccionara el compresor y sus requerimientos para linea neumática con la que funcionan las transferencias en el riel para los distintos procesos.

SEMANA 14

Después de realizado el 3er programa en python, se procedió a su correcta verificación con el software TLV - para redes de aire comprimido. Ya con todos los 3 programas desarrollados y verificados, se continua el proceso comenzando con la creación del modelo CAD de la planta, que buscará ilustrar parte del funcionamiento de la planta, en el que se visualizará como será la implementación de las redes y algunas adecuaciones mecánicas principales.

SEMANA 15

Para esta semana, se desarrollo el modelado CAD, del proceso de la planta, se reviso por ultima vez todos los programas y su verificación, también se procedió a entregar un informe correspondiente al trabajo realizado en la empresa. Se realizo una reunión con la Alcaldía de Chipaque y algunos administradores de Plantas frigoríficas, donde se presento la propuesta de diseño de toda la planta, en la cual hubo la oportunidad de exponer todo el diseño mecanico, el cual causo gran satisfacción en los presentes.

SEMANA 16

En esta ultima semana de la pasantía, se termino la modelación CAD de los aspectos más relevantes en la parte mecánica. También se dejó una lista con las potencias requeridas para seguir con los procesos de diseño interdisciplinario. Por otro lado se termina el documento final para el informe de las pasantías 2021-1 realizadas en la empresa INGESC.SAS que se presentará ante el consejo de facultad de ingeniería de la Universidad Nacional, con todo los requerimientos cumplidos y debidamente detallados.

9. Resultados

IMPLEMENTACIÓN MECÁNICA – FROGORIFICO CHIPAQUE MEMORIA DE CÁLCULOS – VERIFICACIÓN SOFTWARE INDUSTRIALES

9.1. RED DE VAPOR

9.1.1. CALDERA

Para la implementación de la red de vapor se necesitará una caldera que suministre la energía térmica suficiente y precisa, para esto es importante tener claro los criterios de selección; como la capacidad de producción, el combustible a usar, la bomba de alimentación y todos los accesorios presentes en ella, que variaran según la necesidad específica. En este caso serán los requerimientos de usuario.

```
4     @author: CAMILO VELARTT
5
6
7     #INICIO
8     import matplotlib.pyplot as plt
9     from skimage import io
10    import math
11    from math import pi
12
13    print("")
14    print ("Ingrrese únicamente [si] o [no]")
15    opcion1 = input ('Se utilizará una presión < 100 bares: ')
16    print("")
17
18    #Tipo de Caldera
19
20    if opcion1 == 'si':
21        print ('Se recomienda usar una CALDERA PIROTUBULAR')
22
23    elif opcion1 == "no":
24        print ('Se recomienda usar una caldera acuotubular')
25
26    temp = input ('Ingrrese temperatura mas alta requerida:')
27    presion = input ('Ingrrese presión mas alta requerida:')
28
29    else:
30        print ("Ingrrese únicamente [si] o [no]")
31        opcion1 = input ('Se utilizará una presión < 100 bares: ')
32
33    #Rango de caldera
34    print("")
35    print ("Ingrrese la presión máxima requerida")
36    print ("Ingrrese el flujo máscico de vapor máximo requerido")
```

Figura 33: Código en python para selección de la caldera

Se debe seleccionar una caldera piro tubular que satisfaga los requerimientos de la presión mas alta en el sistema, en este caso serán los 7 bares para alimentar las escaldadoras de pieles, patas y cabezas. Este programa permite conocer la potencia en BHP requerida por la caldera, se suministrará vapor saturado a cada una de las estaciones con (P,T) diferentes. Se debe conocer la demanda de vapor en la planta, utilizando datos de la FAO se hallaron los siguientes rangos de funcionamiento 06:00 am – 08:00 am, un rango de 0-2000 kg/h con un promedio de 1000kg/h 08:00 am – 05:00 pm, un rango de 3000-5000 kg/h con un promedio de 4000 kg/h 05:00 pm – 07:00 pm, un rango de 1000-2000 kg/h con un promedio de 2000 kg//h Se debe diseñar para satisfacer condiciones criticas del sistema de la red de vapor, y optimizar variables fundamentales, como el diámetro y el material de la tubería.[10]

```

37
38     P_max = float(input("Ingrese presión máxima requerida [bar]: "))
39
40     if P_max == 10:
41         print("T_sat = 179.9 [°C]")
42     elif P_max == 9:
43         print("T_sat = 175.4 [°C]")
44     elif P_max == 8:
45         print("T_sat = 170.4 [°C]")
46     elif P_max == 7:
47         print("T_sat = 165.0 [°C]")
48     elif P_max == 6:
49         print("T_sat = 158.9 [°C]")
50     elif P_max == 5:
51         print("T_sat = 151.9 [°C]")
52     elif P_max == 4:
53         print("T_sat = 143.6 [°C]")
54     elif P_max == 3:
55         print("T_sat = 133.6 [°C]")
56     elif P_max == 2:
57         print("T_sat = 120..2 [°C]")
58     elif P_max == 1:
59         print("T_sat = 99.9 [°C]")
60     else:
61         print("Escoja un valor de (1,10) bares")
62         P_max = float(input("Ingrese presión máxima requerida [bar]: "))
63
64 #Calcular BHP, según la ASME 1 BHP=15.65 [kg/h]
65
66 mv_max = float(input("Ingrese flujo másico de vapor máximo requerido [kg/h]"))
67
68 BHP = (mv_max/15.65)
69 Potencia = BHP
70
71 print("")
72 print("Potencia requerida " + str(BHP) + " BHP")

```

Figura 34: Código en python para identificar Presión y Temperatura de Saturación

FIGURA 88 DIAGRAMA DE SUMINISTRO DE VAPOR, AGUA CALIENTE Y AGUA FRIA PARA UN MATADERO DE TAMAÑO MEDIO Y UNA PLANTA DE SUBPRODUCTOS

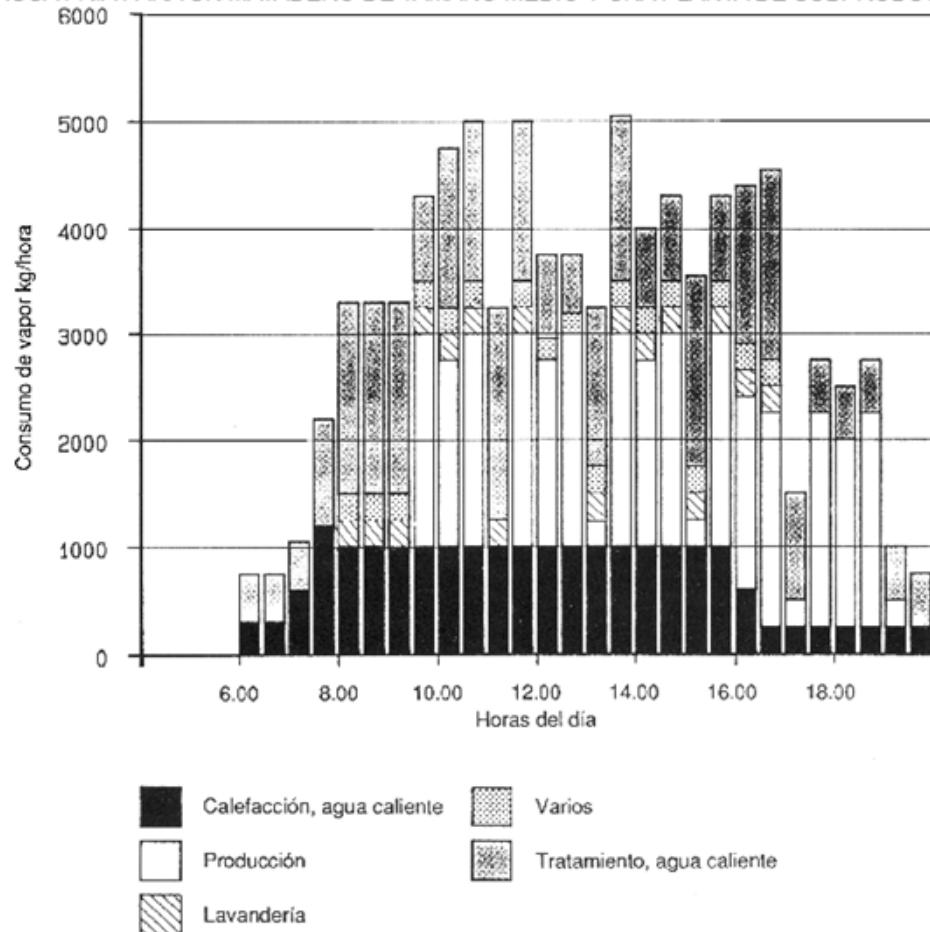
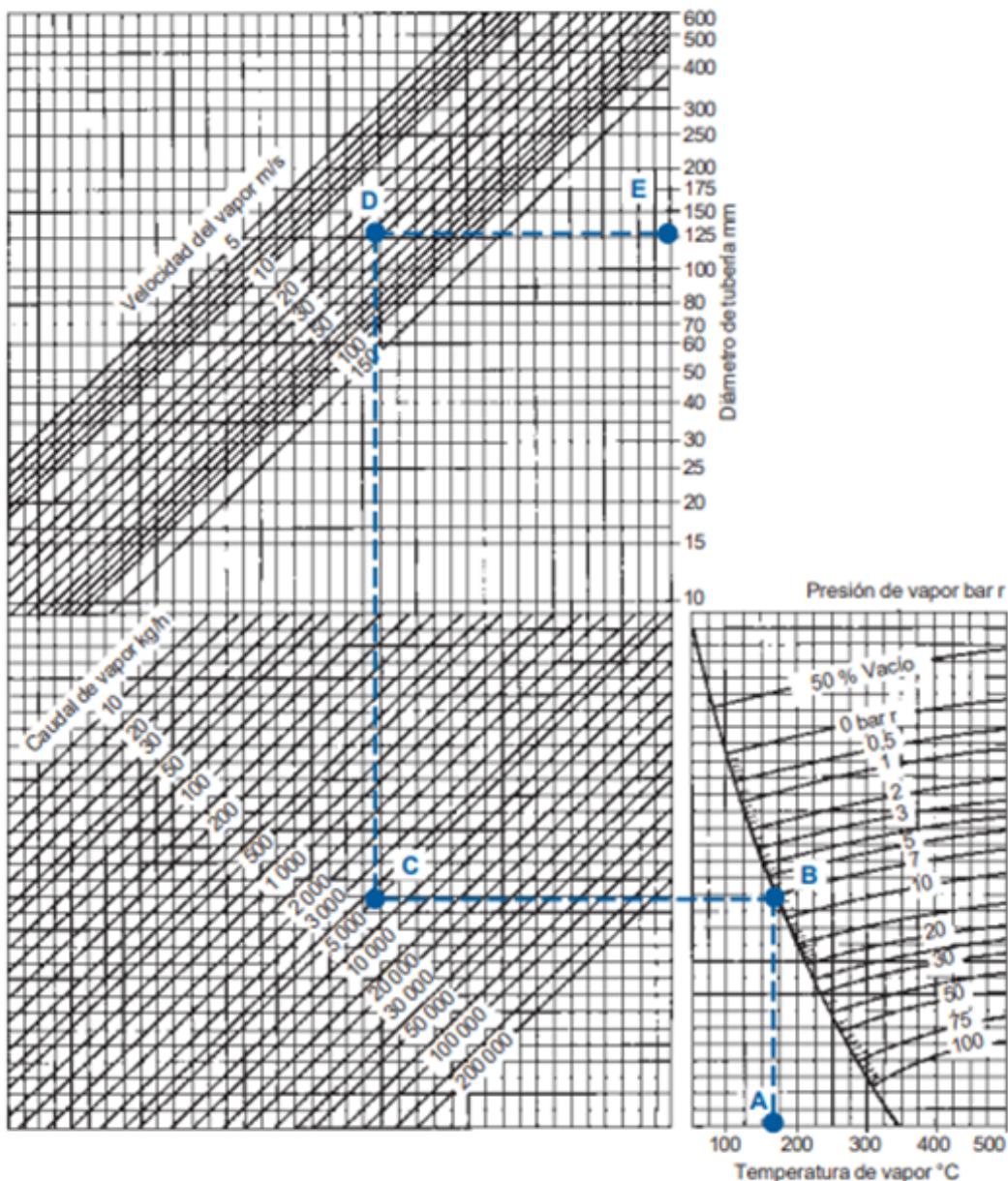


Figura 35: Diagrama sugerido por la FAO acerca del funcionamiento de una planta mediana

9.1.2. RED DE TUBERIA

Calcular la red principal, es una labor importante ya que esta conducirá el vapor por la planta, en la que tendrá ramas y divisiones en tuberías secundarias para conectar con los equipos específicos que requieran el vapor. Se utilizará el método de selección de diámetro por velocidad, se debe hacer una correcta selección que optimice la operación, para esto se escogerá entre un rango de velocidades de flujo entre 25-40 [m/s]. Despues se seleccionará el valor comercial más cercano que satisfaga toda la demanda, también se verificará con un software especializado en ese asunto.

Fig. 6 Gráfico para dimensionar tuberías para vapor saturado y vapor recalentado (método de la velocidad)



La línea discontinua A, B, C, D, E, hace referencia al ejemplo de la página 10.

Figura 36: Dimensionamiento de tuberías de vapor (Método de la velocidad.)

```

74
75     #Calcular caudal que recorrera la tuberia principal
76     ff = (input("revise la tabla y obtenga su valor en: [m3/kg] "))
77
78     image=io.imread("tablas_termo.png")/255.0 # imread lee las imagenes
79     # en el rango 0-255. Por eso la convertimos a flotante y en el rango
80
81     plt.imshow(image,vmin=0,vmax=5)
82     plt.show()
83
84     import os
85     os.popen('Tablas Termo.pdf')
86
87
88
89     v_esp =  float(input("Ingrese volumen especifico a la presión especi
90
91     mv_max = mv_max/3.6
92     Q=mv_max*v_esp*10**-3
93     Caudal = Q
94
95     print("")
96     print("Caudal requerido " + str(Q) + " [m3/s]")
97
98     #Calcular el diametro
99
100    Q=float(input("Ingrese Caudal Q [m3/s]: "))
101    v=float(input("Ingrese velocidad u [m/s]: "))
102
103    D = math.sqrt((4*Q)/((pi)*v))
104
105    Diametro = D
106
107    print("")
108    print("El diametro es, en (m)")
109    print(D)

```

Figura 37: Código en python para calcular diámetro

Es bastante importante conocer el numero de Reynolds y verificar que régimen de flujo, lleva el fluido usualmente se trabaja con flujos turbulentos en ingeniería, acá se calculará el programa determinará el régimen de flujo y después se verificará con software de este tipo. Para esto se deberá conocer el caudal que recorrerá la tubería, la velocidad de diseño escogida y por supuesto el diámetro optimizado encontrado. Teniendo en cuenta que para tuberías el $Re_{cr} = 2300$, un $Re < 2300$ indicará flujo laminar, si $2300 < Re < 4000$ será flujo en desarrollo, pero si $Re > 4000$ Será flujo turbulento desarrollado.

```

110     print("")
111
112     print("")
113     print("Ahora se calcula Reynolds")
114
115     #Variables del fluido - TABLAS
116     ff = (input("revise la tabla y obtenga su valor en: [m3/kg] "))
117
118
119     import os
120     os.popen('t2.pdf')
121
122     Rho=float(input("Ingrese Densidad Rho [kg/m3]: "))
123     Nu=float(input("Ingrese Viscosidad cinematica Mu [cPa]: "))
124     Mu = Nu/Rho
125     Visc_cin = Mu
126
127     #Calcular regimen de flujo - No de Reynolds
128
129     Re = (1000*v*D)/Mu
130     Reynolds = Re
131     print("")
132     print("El número de Reynolds es: ")
133     print(Re)
134     print("")
135     if Re > 4000:
136         print("Re > 4000 ")
137         print("Se encuentra en régimen de flujo TURBULENTO")
138     elif 2300 < Re <=4000:
139         print("Se encuentra el FLUJO EN DESARROLLO")
140
141     else:
142         print("Re < 2300 Se encuentra en régimen de flujo LAMINAR")
143

```

Figura 38: Código en python para calcular Numero de Reynolds

9.1.3. RED DE VAPOR SECUNDARIA

Esta será la red encargada de llegar a cada punto local que solicite el vapor saturado, estas tuberías serán derivaciones de la red principal, que contendrán un menor caudal por lo tanto serán de un diámetro menor. Se debe tener en cuenta todos los accesorios que estarán incluidos en dicha red, pues cada una aporta algo de fricción lo que se traduce en algunas, perdidas de presión, se debe conocer con precisión el K de fricción de cada elemento involucrado, para esto se anexo al programa las tablas de K por accesorio, se utilizó el método de Newton-Raphson para solucionar numéricamente la ecuación de Colebrook que incluye al factor de fricción en una ecuación implícita

```

144     #Calcular el factor de fricción
145     import os
146     os.popen('cfr.pdf')
147
148
149     def f(x):
150         return 1/x**0.5+2*math.log10((e/D)/3.7+2.51/(Re*x**0.5))
151
152     e=float(input("Ingrese Rugosidad e [m]: "))
153
154
155     def Df(x):
156         return -0.5*x**-1.5+2*(-2.51*x**-1.5/(2*Re))*math.log10(2.7182)
157
158     x0=0.015
159     i=1
160     for iteracion in range (1,11):
161         x1= x0-f(x0)/Df(x0)
162         x0=x1
163         print("iteracion", i,x0)
164         i=i+1
165     print("")
166     print("El factor de fricción f es:")
167     print(x0)
168     print("")
169
170     #Cálculo de los coeficientes de resistencia
171     #locales (Ki) en codos, tee y válvulas
172
173     f=int(input("Cantidad total de accesorios presente "))
174     tp=f
175
176     def fun(k_1, k_2):
177         return (k_1/Re) + k_2*(1 + (0.0254/D))
178
179     li=[]

```

Figura 39: Código en python para calculo de factor de fricción

```

179     li=[]
180
181     for x in range (f):
182
183         k_1=float(input("Ingrese Rugosidad K1 : "))
184         k_2=float(input("Ingrese Rugosidad K2 : "))
185         print(fun(k_1, k_2))
186
187         fun(k_1, k_2)
188         li.append(fun(k_1, k_2))
189
190     print("")
191     print(li)
192     rt = sum(li)
193     print("")
194     print("La perdida total por accesorios es")
195     print(rt)
196
197     #####
198
199
200 Df=float(input("Ingrese diametro final : "))
201 f= Df
202
203 if Re <= 4000:
204     def f1(D,Df):
205         return 2*(1-(D/Df)**4)
206     print("")
207     print("Re <= 4000")
208     print(f1(D, Df))
209
210
211
212 else:
213     def f2(x0, D, Df):
214         return (1+0.8*x0)*(1-(D/Df)**2)**2
215
216     x0=float(input("Ingrese factor de fricció: "))
217     print("")
218     print("Si Re > 4000")
219     print(f2(x0, D, Df))
220
221     f= Df
222     x =x0
223
224 #Calcular cabeza de perdida por fricción
225
226 L=float(input("Ingrese Longitud [m]: "))
227 h_f = x0*(L/D)*(pow(v,2)/(2*9.81))
228 print("")
229 print("Cabeza de perdida por fricción")
230 print(h_f)
231
232
233 #FIN

```

Figura 40: Código en python para calculo de factor de fricción y pérdidas menores.

9.2. RED NEUMÁTICA

Para el correcto funcionamiento de varios equipos presentes en el proceso de faenado, se debe diseñar y planear el montaje de una red neumática capaz de satisfacer la demanda requerida en los equipos. La posibilidad de trabajar con equipos neumáticos ofrece ventajas de rendimiento y económicas frente a otras alternativas. Un aspecto crucial para esta red será alimentar toda la linea del riel en la cual se harán varias transferencias, en las que se requiere usar una linea neumática.

9.2.1. COMPRESOR

[13]El compresor es el elemento encargado de tomar el aire exterior que está a presión atmosférica (aprox. 1 bar) para elevarla según las necesidades de consumo o de uso a que se destine este aire comprimido (ej. para el accionamiento de utilajes, mecanismos, o bien de control o medida, accionando válvulas y otros dispositivos).

COMPRESORES DINÁMICOS O TURBOCOMPRESORES:

Una gran familia de compresores la constituyen los compresores dinámicos o turbocompresores. Los compresores dinámicos a su vez se dividen en dos grandes grupos, según la dirección de salida del flujo de aire: radiales (centrífugos) o de flujo axial. Los compresores dinámicos permiten ofrecer un flujo continuo y suelen ser compresores muy eficientes si trabajan dentro de sus condiciones de diseño, dado que al tener pocas piezas en movimiento, se reduce mucho las posibles pérdidas debido a la fricción y al calentamiento de las mismas.



Figura 41: Compresores

9.2.2 TUBERÍAS Y ACCESORIOS

```
Created on Thu Jun 10 21:30:46 2021

@author: CAMILO VELARTT
"""

#Librerias necesarias
from skimage import io
import math
from math import pi

#Calcular el diametro

Q=float(input("Rango de Flujo de Aire (Real) [m³/min] "))
v=float(input("Ingrese velocidad u [m/s]: "))

D = math.sqrt((4*Q)/((pi)*v*60))

Diametro = D

print("")
print("El diametro es, en (m)")
print(D)
print("")

print("")
print("Ahora se calcula Reynolds")

#Variables del fluido - TABLAS
print("Dene ingresar la Temperatura de Trabajo: ")
ff = (input("Revise la tabla y obtenga (Densidad) y (Viscosidad dinamica): "))


```

Figura 42: Código en python para calcular diámetro de la tubería principal y secundarias.

```

import os
os.popen('TABLA00.pdf')

Rho=float(input("Ingrese Densidad Rho [kg/m3]: "))
Nu=float(input("Ingrese Viscosidad cinematica Mu [cPa]: "))
Mu = Nu/Rho
Visc_cin = Mu

#Calcular regimen de flujo - No de Reynolds

Re = (1000*v*D)/Mu
Reynolds = Re
print("")
print("El número de Reynolds es: ")
print(Re)
print("")
if Re > 4000:
    print("Re > 4000 ")
    print("Se encuentra en régimen de flujo TURBULENTO")
elif 2300 < Re <=4000:
    print("Se encuentra el FLUJO EN DESARROLLO")

else:
    print("Re < 2300 Se encuentra en régimen de flujo LAMINAR")

#Calcular el factor de fricción
import os
os.popen('cfr.pdf')

def f(x):
    return 1/x**0.5+2*math.log10((e/D)/3.7+2.51/(Re*x**0.5))

e=float(input("Ingrese Rugosidad e [m]: "))

```

Figura 43: Código en python para calcular regimen de flujo del fluido.

```

import os
os.popen('Accesorios.pdf')

def Df(x):
    return -0.5*x**-1.5+2*(-2.51*x**-1.5/(2*Re))*math.log10(2.7182)/((e/D)/3.7+2.5)
x0=0.015
i=1
for iteracion in range (1,11):
    x1= x0-f(x0)/Df(x0)
    x0=x1
    print("iteracion", i,x0)
    i=i+1
print("")
print("El factor de fricción f es:")
print(x0)
print("")
#Cálculo de los coeficientes de resistencia
#locales (Ki) en codos, tee y válvulas
f=int(input("Cantidad total de accesorios presente "))
tp=f
def fun(k_1):
    return (k_1)
li=[]
for x in range (f):
    k_1=float(input("Ingrese Rugosidad K : "))
    print(fun(k_1))

    fun(k_1)
    li.append(fun(k_1))
print("")
print(li)
rt = sum(li)
print("")
print("La perdida total por accesorios es")
print(rt)

```

Figura 44: Código en python para calculo de factor de fricción y pérdidas menores de presión en las tuberías.

Se presentaron los resultados de la construcción del software en python que permite calcular todos los elementos presentes en la red, los accesorios se pondrán al final debido a cambios arquitectónicos.

9.2.2. MODELO CAD - RED DE VAPOR RED NEUMÁTICA

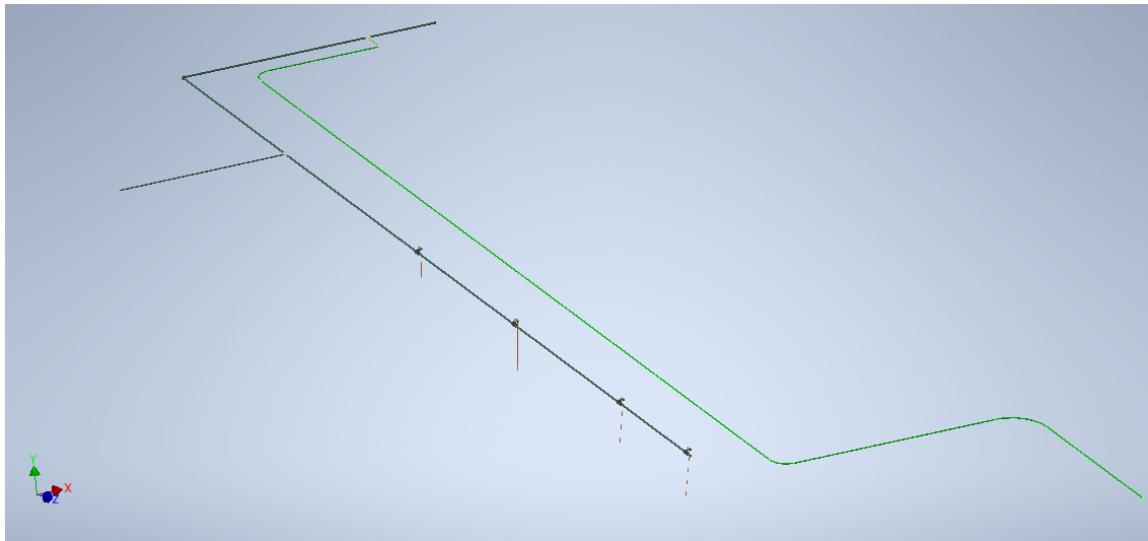


Figura 45: Red neumática para alimentar algunos equipos de la planta y manejar las transferencias en el riel.

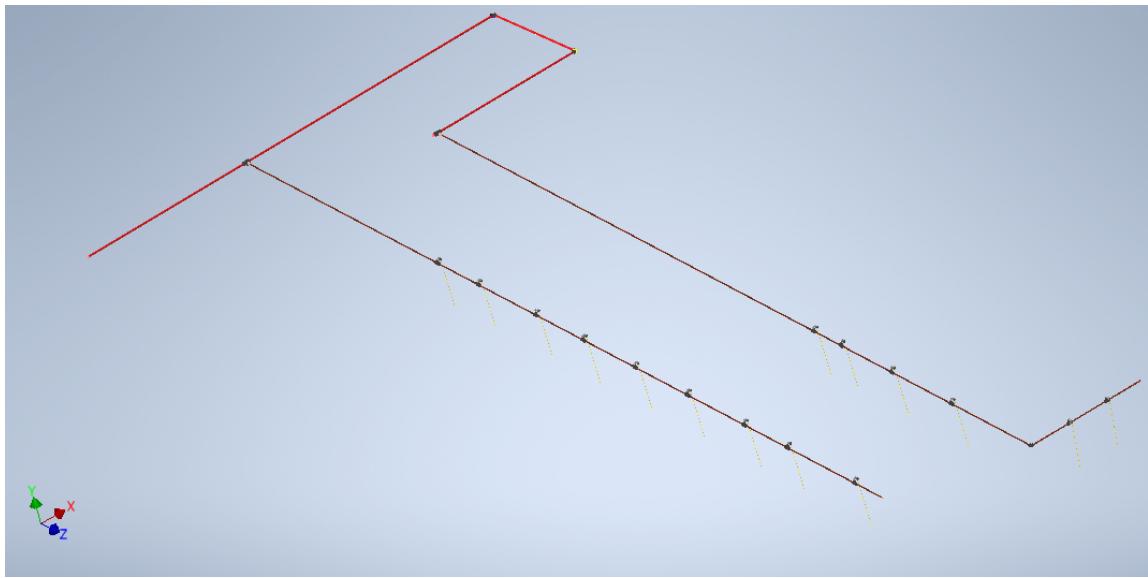


Figura 46: Red de distribución completa con sus puntos correspondientes de salida de vapor.

9.3. SISTEMA DE FRÍO - CARGA TÉRMICA

```
5  #author: CAMILO VELARTT
6  """
7
8      #Cálculo de la temperatura de proyecto
9
10     def Temp_Proyc(Tmax,Tmed ):
11         return 0.4*Tmax + 0.6*Tmed
12
13     Tmax=float(input("Ingrese Tmax del lugar [°C]: "))
14     Tmed=float(input("Ingrese Tprom del lugar [°C] : "))
15
16     t1 = Tmax
17     t2 = Tmed
18
19     print("")
20     print("La temperatura del proyecto T ext prom sera [K]: ")
21     print(Temp_Proyc(Tmax,Tmed) + 273.15)
22
23     #Coeficiente global de perdidas
24
25     def Coef_Glo(h_i, h_e, esp, resis, ):
26         return 1/((1/h_i)+(esp/resis)+(1/h_e))
27
28     h_e=float(input("Ingrese coeficiente de convección de la superficie exterior: "))
29     h_i=float(input("Ingrese coeficiente de convección de la superficie interior: "))
30     esp=float(input("Ingrese espesor de aislamiento: "))
31     resis=float(input("Ingrese resistencia de la materia [W/m*K]: "))
32
33     print("")
34     print("El coeficiente del global de perdidas U [W/m2*K]: ")
35     print(Coef_Glo(h_i, h_e, esp, resis))
```

Figura 47: Código en python para calcular la temperatura de trabajo

9.3.1. FLUJO DE CALOR A TRÁVES DE LAS PAREDES

Se debe conocer con certeza el flujo de calor que se transfiere a las paredes internas del cuarto refrigerante desde los alrededores, se utilizará la ecuación de calor por conducción y convección, para esto se debe seleccionar-conocer el material aislante, para hacer los cálculos, puede que varíe, el material en el techo, suelo y paredes, se deben contemplar esas posibilidades.

```

38     #Calculo de flujo de calor a través de las paredes
39     def Transf_calor(U, A, T_ext, T_int):
40         return U*A*((T_ext)-(T_int))
41
42
43     T_ext=float(input("Ingrese T ext prom [K] "))
44     T_int=float(input("Ingrese T int [K] "))
45     print("")
46     print("")
47     print("Ahora se calcula el calor transferido Q es [W] ")
48
49     lie = []
50
51     for x in range(6):
52
53         U=float(input("Ingrese Coeficiente global de perdidas[W/m2*K]:"))
54         base=float(input("Ingrese base pared [m] "))
55         altura=float(input("Ingrese altura pared [m] "))
56         A = base*altura
57         print("")
58         print("Calor transferido [W] ")
59         print(Transf_calor(U, A, T_ext, T_int))
60
61         Transf_calor(U, A, T_ext, T_int)
62         lie.append(Transf_calor(U, A, T_ext, T_int))
63
64         print("")
65         print(lie)
66
67         cal_2 = sum(lie)
68         cal_2=cal_2/0.86
69
70         print("")
71         print("El calor total transferido por las paredes del cuarto [W]")
72         print(cal_2)

```

Figura 48: Código en python para calcular flujo de calor a través de las paredes.

9.3.2. CALOR RETIRADO DEL PRODUCTO

Este quizás es el corazón del diseño del cuarto frío, pues con base al producto, la cantidad del mismo y la temperatura final que se desea que tenga, la que guiará los parámetros fundamentales de selección de equipo. Se debe conocer la cantidad en [kg] a refrigerar, las temperaturas de entrada y final, como el calor específico del producto.

```

75     # Calculo del calor transferido del producto
76
77     def Calor_pro(m_pro, c, T_ent, T_fin, hrs):
78         return m_pro*c*(T_ent - T_fin)/hrs
79
80     m_pro=float(input("Ingrese masa de producto [kg]: "))
81     c=float(input("Ingrese calor específico [kcal/kg*°C]: "))
82     T_ent=float(input("Ingrese T a la que entra el producto: °[C] "))
83     T_fin=float(input("Ingrese T esperada en la cámara: °[C] "))
84     hrs=int(input("Ingrese tiempo de operación [hrs]: "))
85
86     cal_3 = Calor_pro(m_pro, c, T_ent, T_fin, hrs)
87     cal_3=cal_3/0.86
88
89
90     print("")
91     print("El calor transferido del producto: [W] ")
92     print(cal_3)

```

Figura 49: Código en python para calcular el calor retirado del producto

9.3.3. CALOR GENERADO POR INFILTRACIONES DE AIRE

Para ser más precisos en nuestros cálculos de diseño se debe contemplar cuantas veces se abre la puerta, y con que tiempo se deja abierta frecuentemente.

```

94     #Calculo apertura puerta - filtraciones de aire
95
96     def Calor_filtr(Vol_cam, NRH, dens_aire, cp, T_ent_aire, T_fin_aire):
97         return Vol_cam*NRH*dens_aire*cp*(T_ent_aire-T_fin_aire)
98
99     Vol_cam=float(input("Ingrese volumen de la cámara [m³]: "))
100    NRH=float(input("Ingrese número de renovaciones hora del aire de la"))
101    dens_aire=float(input("Ingrese densidad del aire estándar "))
102    cp=float(input("Ingrese calor específico del aire: [kcal/kg °C] "))
103    T_ent_aire=float(input("Ingrese T a la que entra el aire: °[C] "))
104    T_fin_aire=float(input("Ingrese T esperada en la cámara: °[C] "))
105
106    cal_4 =Calor_filtr(Vol_cam, NRH, dens_aire, cp, T_ent_aire, T_fin_aire)
107    cal_4 = cal_4/0.86
108
109   print("")
110   print("El calor producido por las fluctuaciones de aire [kcal/h]: ")
111   print(cal_4)
112
113

```

Figura 50: Código en python para calcular infiltraciones de aire

9.3.4. CALOR GENERADO POR LA ILUMINACIÓN

En muchos de estos cuartos fríos es necesario tener lámparas de iluminación para el lugar, es necesario conocer cuanta energía en forma de calor le están aportando al recinto para así retirarla.

```
114      # Calcular calor generado por las iluminación
115
116      def Cal_ilum(P, n):
117          return P*n
118
119      P=float(input("Ingrese potencia luminaria [W]: "))
120      n=float(input("Ingrese numero de luminarias: "))
121
122      cal_5 = Cal_ilum(P, n)
123
124      print("")
125      print("El calor producido por la iluminación es [kcal/h]: ")
126      print(cal_5)
```

Figura 51: Código en python para calcular calor generado por iluminación

9.3.5. CALOR GENERADO POR LOS TRABAJADORES

En esta ultima sección se calcula el calor asociado a la respiración de las personas y cuánto tiempo están inmersos en el cuarto frio, finalmente se suman todos los calores consumidos para la cámara de frio y de esta forma seleccionar los equipos térmico que satisfagan los requerimientos de extracción de calor.

```

128     #Ganancia de calor originada por trabajadores
129
130     def Cal_pers(q,num, time):
131         return (q*num*time)
132
133     q=float(input("Ingrese calor por persona en (W) : "))
134     num=float(input("Ingresenúmero de personas en la cámara : "))
135     time=float(input("Ingrese tiempo de permanencia en horas/día: "))
136
137     cal_6 = Cal_pers(q, num, time)
138     cal_6 = cal_6/0.86
139
140     print("")
141     print("El calor liberado por las personas es [W] ")
142     print(cal_6)
143
144     #Carga térmica total de la camara
145
146     Q_T = cal_2 + cal_3 + cal_4 + cal_5 + cal_6
147
148     print("")
149     print("La carga térmica total es [W]: ")
150     print(Q_T)

```

Figura 52: Código en python para calcular calor generado por los trabajadores.

9.4. MODELOS CAD - PROCESO DE FAENADO

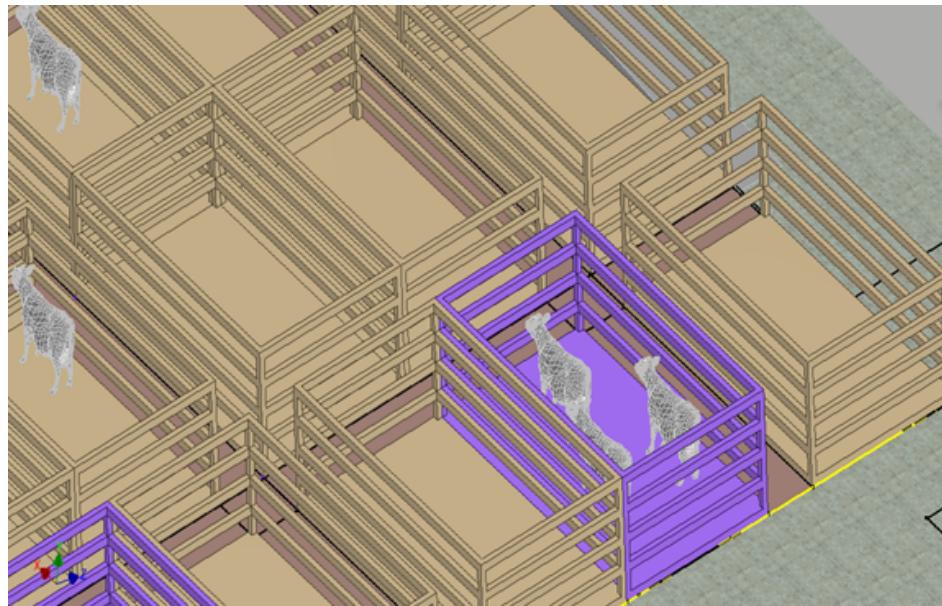


Figura 53: Modelo CAD, corrales del matadero. en morado se representa corrales que tendrán dispuestas basculas que soporten de 6-8 reses.

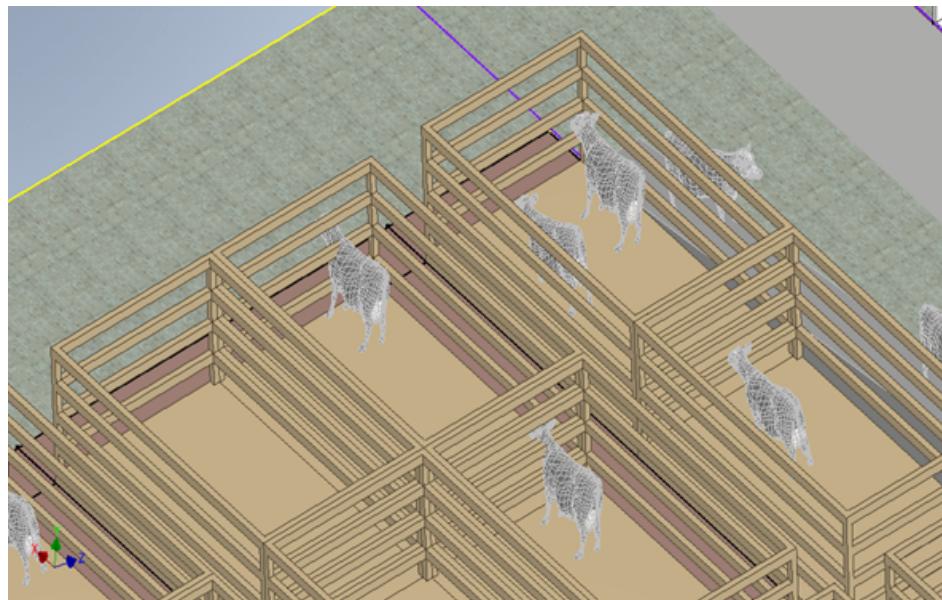


Figura 54: Modelo CAD, corrales del matadero cerca a tomar la rampa de conducción.

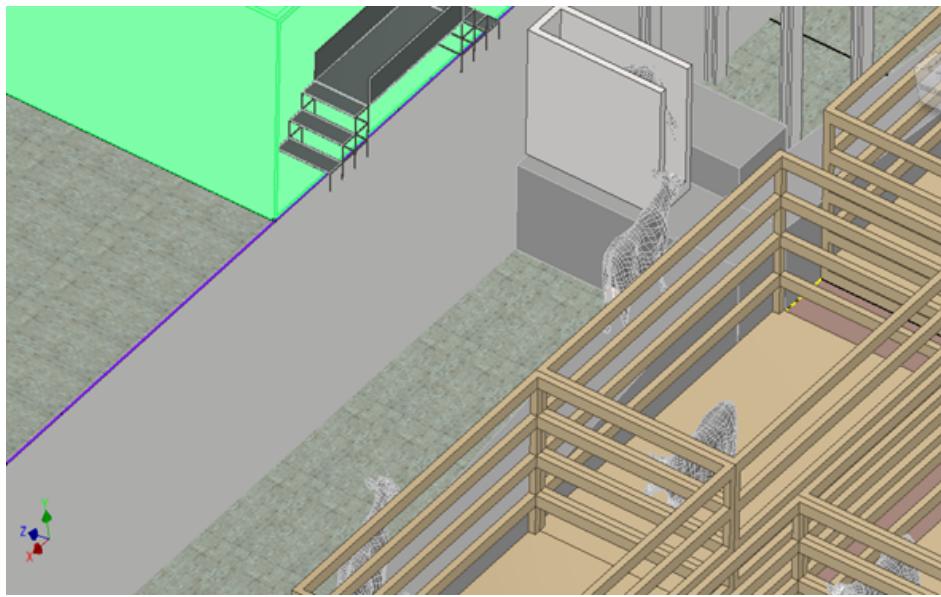


Figura 55: Modelo CAD, res subiendo por el canal de conducción, hacia la insensibilización.

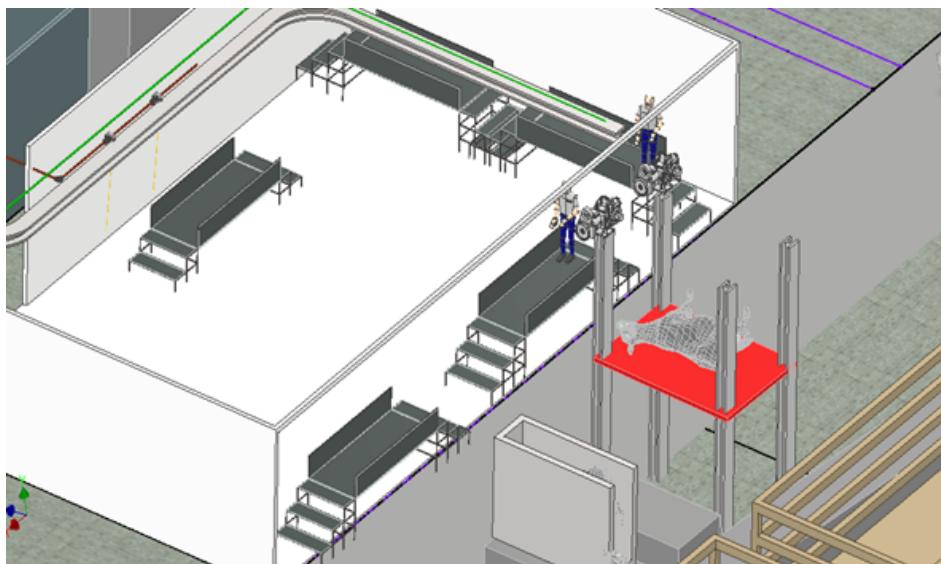


Figura 56: Modelo CAD, Plataforma que subirá la res, a la altura de la riel para comenzar el proceso de faenado. (Izado de la res

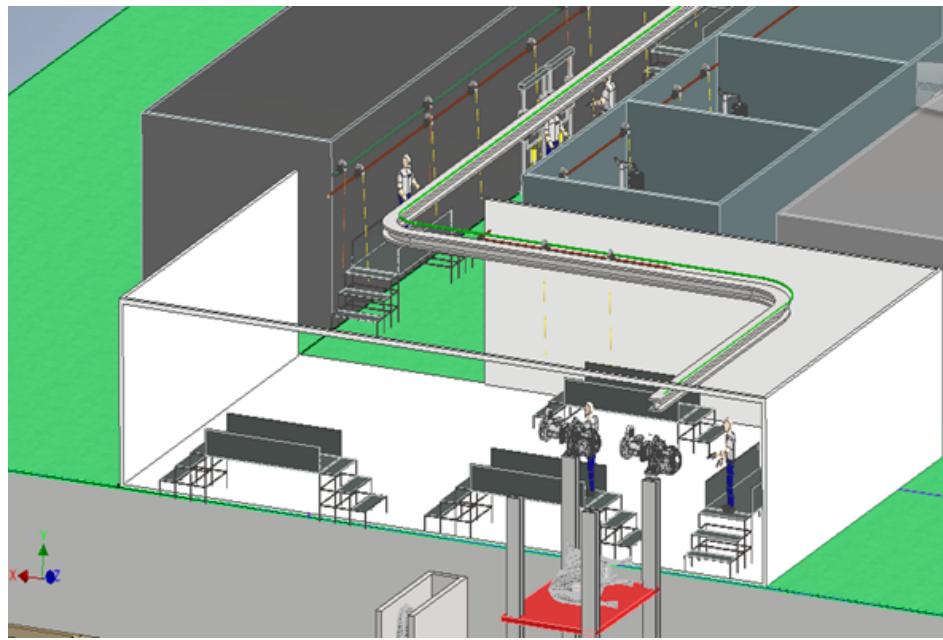


Figura 57: Modelo CAD, Operario ajusta de una pata la res al riel, se observa la linea neumática de la que se dispone para hacer las debidas transferencias.



Figura 58: Modelo CAD, Red de Vapor, Red Neumática, Proceso de Faenado, Desposte cabeza, vísceras y patas.

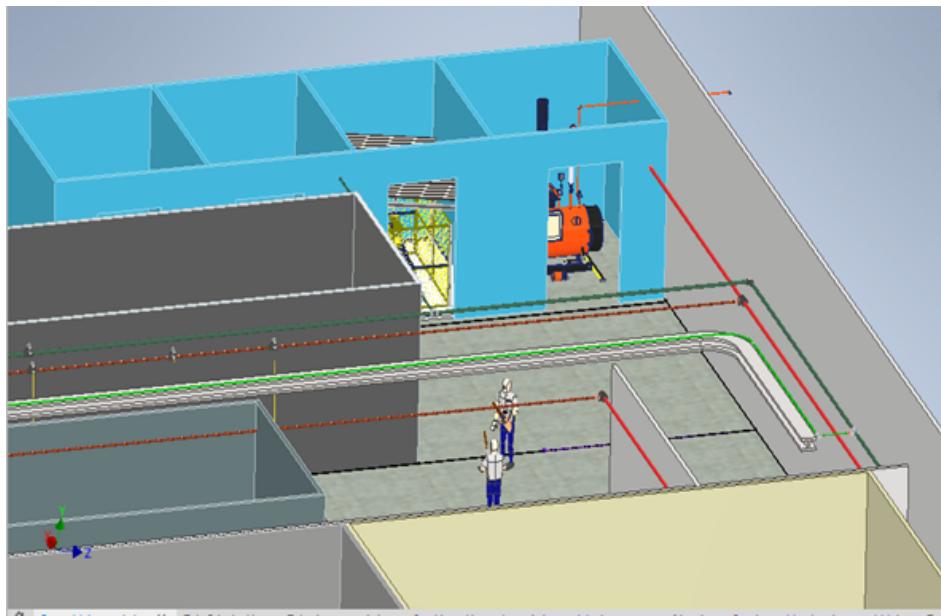


Figura 59: Modelo CAD, Cuarto de Maquinas, Caldera, Compresor, Fin del riel.

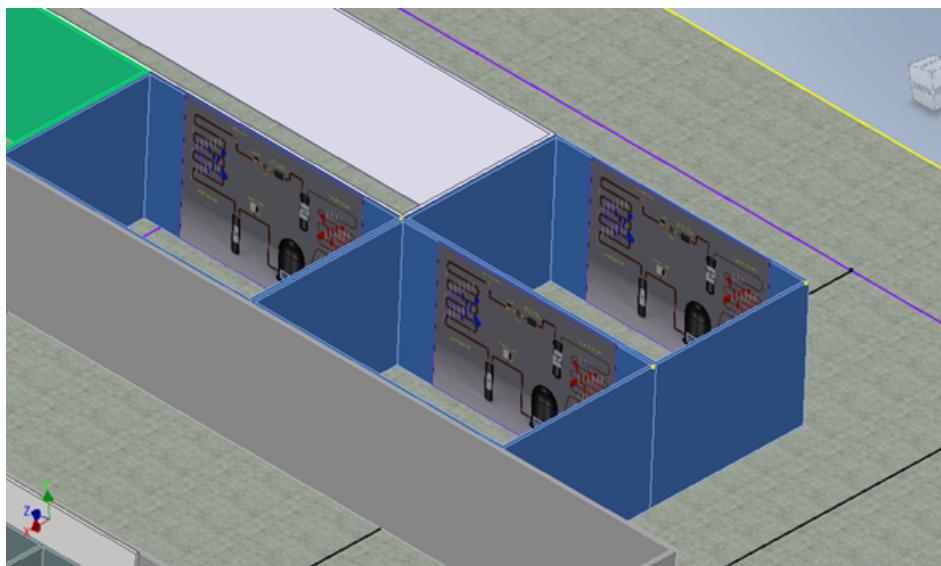


Figura 60: Modelo CAD, Cuartos de Oreo, Cuartos Fríos (7°C), Zona Desposte.

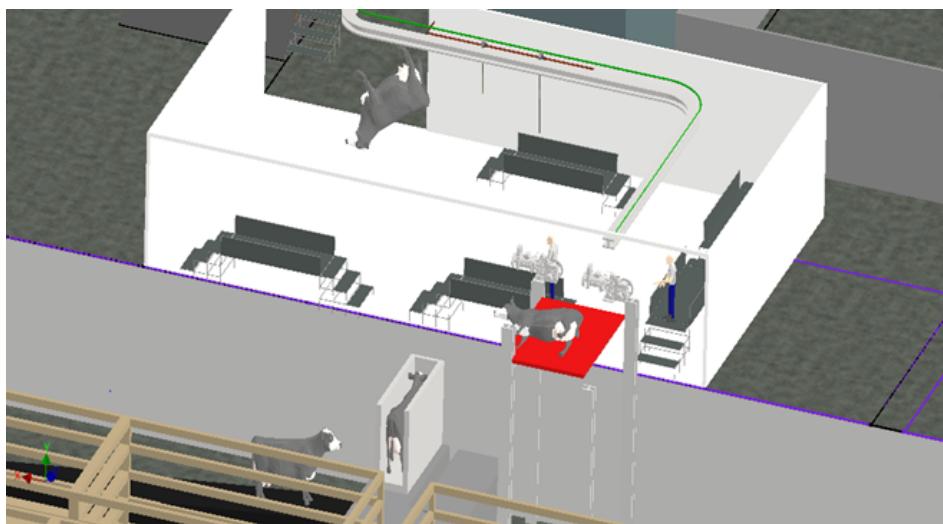


Figura 61: Modelo CAD, Proceso Mortem y Zona de Sangría

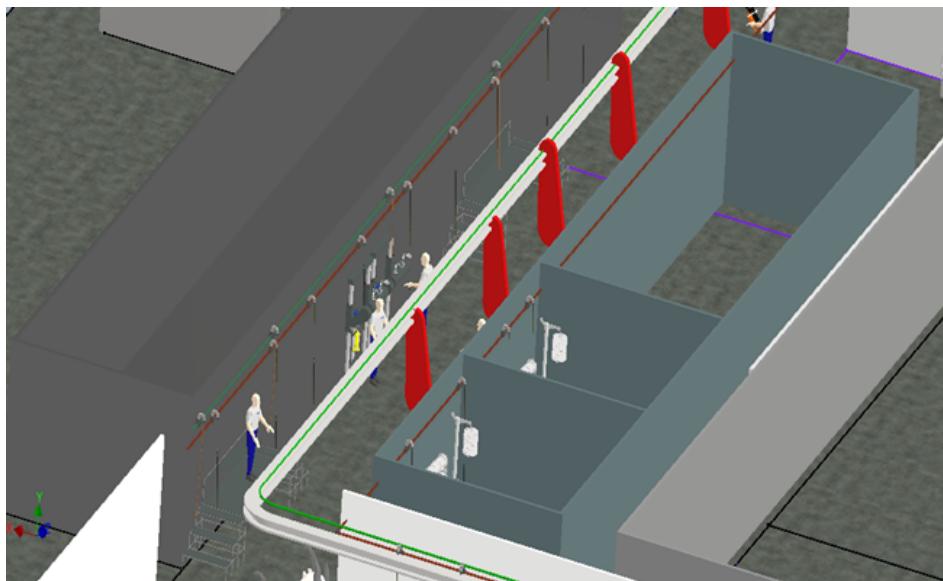


Figura 62: Modelo CAD, Proceso de Faenado, en el que se va llegando a la forma de las media canales dispuestas a refrigerarse



Figura 63: Logo Alcaldía Chipaque, encargada del Proyecto Frigorífico Regional del Oriente.

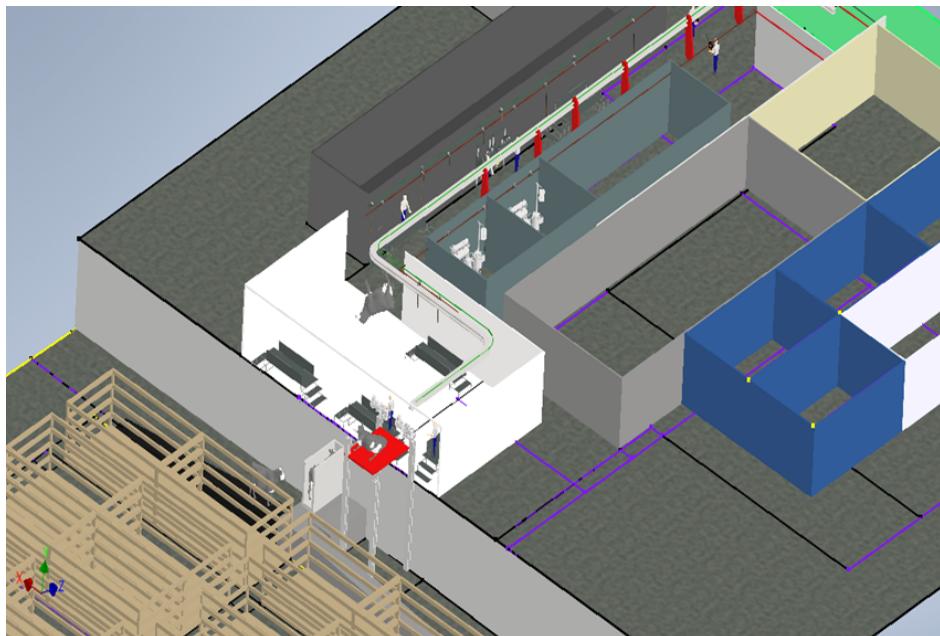


Figura 64: Modelo CAD, Vista isométrica del matadero, incluyendo corrales y planta de faenado



Figura 65: Modelo arquitectónico CAD, Llegada de camiones al matadero (Tomado capítulo arquitectura INGESC.SAS para Frigorífico Regional del Oriente)



Figura 66: Modelo arquitectónico CAD, Zona de corrales (Tomado capítulo arquitectura INGESC.SAS para Frigorífico Regional del Oriente)



Figura 67: Modelo arquitectónico CAD, Zona de corrales, Zona de pasareala, Canal de conducción a la cámara de insensibilización (Tomado capítulo arquitectura INGESC.SAS para Frigorífico Regional del Oriente)



Figura 68: Modelo arquitectónico CAD, Zona de aturdimiento, izado de la vaca (plataforma) Zona de sangría. (Tomado capítulo arquitectura INGESC.SAS para Frigorífico Regional del Oriente)



Figura 69: Modelo arquitectónico CAD, Proceso de faenado y desposte de la res 2 planta (Tomado capitulo arquitectura INGESC.SAS para Frigorífico Regional del Oriente)



Figura 70: Modelo arquitectónico CAD, Zona final, corte de canal, paso a cuartos de oreo (Tomado capitulo arquitectura INGESC.SAS para Frigorífico Regional del Oriente)



Figura 71: Modelo arquitectónico CAD, Oficinas principales, vista desde la carretera Bogotá - Villavicencio (Tomado capítulo arquitectura INGESC.SAS para Frigorífico Regional del Oriente)



Figura 72: Modelo arquitectónico CAD, Vista isométrica del matadero, incluyendo corrales y planta de faenado. (Tomado capítulo arquitectura INGESC.SAS para Frigorífico Regional del Oriente)

10. Análisis de resultados

10.1. VERIFICACIÓN SOFTWARE – INDUSTRIALES

Información sobre la CALDERA POTENCIA Max requerida

```
Ingrese únicamente [si] o [no]  
Se utilizará una presión < 100 bares: si  
Se recomienda usar una CALDERA PIROTUBULAR  
Ingrese la presión máxima requerida  
Ingrese el flujo másico de vapor máximo requerido  
Ingrese presión máxima requerida [bar]: 7  
Tsat = 165.0 [°C]  
Ingrese flujo másico de vapor máximo requerido [kg/h]: 4000  
Potencia requerida 255.59105431309902 BHP
```

Figura 73: Resultado del 1er programa desarrollado en python para redes de vapor. Resultado de la Caldera

El programa irá solicitando datos y arrojará los resultados correctos para después indicar los pasos a seguir. En este caso se recomienda una CALDERA PIROTUBULAR, esta configuración de caldera es la mas conveniente para este caso, se calculó la máxima potencia requerida para el punto crítico o máximo de la demanda de vapor, con las especificaciones de $P_{max} = 7[\text{bar}]$ $T_{sat} = 165[\text{C}]$ $P_{max} = 256\text{BHP}$ Es una caldera de gran dimensión, y solo se necesitará tal potencia para el caudal máximo, por lo tanto podría resultar conveniente adecuar 2 calderas de menor capacidad, de tal forma que 1 funcione normal y la otra este de apoyo para cargas mayores, por otro lado si alguna falla, se utilizará la otra y antes de que se detenga la producción, esta solo menguara.

10.1.1. VERIFICACIÓN NUMERO DE REYNOLDS

```
Ingrese volumen específico a la presión especificada: [m³/kg] 0.2729
Caudal requerido 0.3032222222222217 [m³/s]
Ingrese Caudal Q [m³/s]: 0.3032222222222
Ingrese velocidad u [m/s]: 37
El diámetro es, en (m)
0.1021491390044251

Ahora se calcula Reynolds
revise la tabla y obtenga su valor en: [m³/kg]
Ingrese Densidad Rho [kg/m³]: 4.12
Ingrese Viscosidad cinemática Mu [cPa]: 0.1468
El número de Reynolds es:
106073.66995800109

Re > 4000
Se encuentra en régimen de flujo TURBULENTO
```

Figura 74: Resultado del 1er programa desarrollado - Número de Reynolds

El numero de Reynolds calculado por el programa desarrollado, arroja que es un fujo que estará en régimen turbulento totalmente desarrollado, además registra un resultado de $Re = 1'169803.68$. Ahora se simularán los mismos datos en una calculadora virtual de Re.

Número de Reynolds de cálculo

Quiero calcular

Número de Reynolds (Re)

densidad (ρ) = 4.12 kg / m³

Velocidad (v) = 37 m/s

Longitud característica (L) = 0.1021491390044251 M

Viscosidad (μ) = 0.0001468 Ns / m²

Número de Reynolds (Re) = 106073.67

Calculate

Figura 75: Número de Reynolds obtenido por un software virtual

Como se puede observar en el valor calculado de la calculadora virtual, se haya una confiabilidad del 99.99 %

10.1.2. VERIFICACIÓN - RED DE VAPOR DIMENSIONAMIENTO TUBERÍA - TLV

```
Ingrese Rugosidad e [m]: 0.00005
iteracion 1 0.019345400404787882
iteracion 2 0.02015118854277989
iteracion 3 0.020127293844191565
iteracion 4 0.020128746325199263
iteracion 5 0.02012865932280355
iteracion 6 0.020128664538873593
iteracion 7 0.020128664226170493
iteracion 8 0.02012866424491708
iteracion 9 0.020128664243793226
iteracion 10 0.0201286642438606
```

El factor de fricción f es:

0.0201286642438606

Figura 76: Resultado del factor de fricción después de iterar por el método de Newton-Raphson

Se puede observar que después de realizar la iteraciones, el programa converge a un valor del factor de fricción en este caso $h_{fric} = 0,02012$

ALGUNOS PARAMETROS DE TRABAJO SERÁN: PRESIÓN DE VAPOR 7 BAR, FLUJO MASICO 4000 kg/, VEL MAX PERMISIBLE 37 m/s, LONGITUD 10-100 m , RUGOSIDAD 0.00005 m , MATERIAL ANSI SCH 40 - 60.

TLV. Compañía Especialista en Vapor

Español (americano)

Productos ▾ Servicio ▾ Entrenamiento & Recursos ▾ Compañía ▾ Contáctenos ▾

Inicio > Calculador para Ingeniería > Calculadora: Dimensionamiento de Tubería para Vapor por Velocidad

Calculador para Ingeniería

- Vapor
- Diseño de Tubería
- Dimensionamiento de Tubería por Caída de Presión
- Dimensionamiento de Tubería por Velocidad**
- Dimensionamiento de Tubería por Viento de Vapor
- Caída de Presión en la Tubería
- Velocidad del Vapor Dentro de la Tubería
- Rango de Flujo de Vapor en la Tubería
- Grosor del Aislamiento Económico
- Orificios y Válvulas
- Carga de Condensado
- Mejora de la Sequedad del Vapor
- Efecto de la Mezcla de Aire en el Vapor
- Costo Unitario de la Energía y el Vapor
- Eficiencia de la Caldera
- Recuperación de Condensado
- Aqua

Calculadora: Dimensionamiento de Tubería para Vapor por Velocidad

 Inscríbase en la Revista por e-mail!

Introducir Datos

Unidades	
ANSI Sch40	SI(bar)
7	bar abs
4000	kg/h
37	m/s
50	m

[Mostrar Opciones Avanzadas](#)

Resultados

Tamaño de Tubería	NPS4
Diámetro Interno Tubería	102.26 mm
Velocidad del Vapor	36.9011 m/s
Caída de Presión	0.210679 bar
Longitud Equivalente a una Tubería Horizontal	50 m

Figura 77: Resultado diámetro de la tubería - software industrial TLV

El resultado obtenido por este software industrial, para dimensionamiento de tuberías, arroja los siguientes resultados.

Parametros	Programa desarrollado	Software Industrial	Coincidencia %	F.S
Velocidad de vapor	37 [m/s]	36,99 [m/s]	99,97%	1
Diametro	0,10215 [m]	0,10226 [m]	99,98%	1
Caida de Presión	0,32 [bar]	0,21 [bar]	68,90%	1,5

Figura 78: Tabla comparativa con los resultados obtenidos por el 1er programa desarrollado y los softwares industriales utilizados

El diámetro de la tubería y la velocidad del fluido tienen una relación inversamente proporcional. Velocidades aconsejadas para este tipo de montajes están entre 25-40 [m/s]. A mayores velocidades menores perdidas de presión por lo que se tomará como $Vel_{diseño} = Vel_{max} * 0,9$, lo cual se traduce en una velocidad de diseño inicial de 36 [m/s]. Debe tenerse en cuenta que se escogerá un valor de diámetro comercial, que oscila para este caso entre 3in y 4in. Respecto a la caída de presión para esta primera prueba, no se tuvo en cuenta perdidas por accesorios en tuberías, aunque, el programa cuenta con esa opción. Se hizo un primer cálculo donde se observa el software industrial está siendo más conservador, por lo que se propone un factor de corrección de 1.5 para ajustar mejor los cálculos. Sin embargo, los resultados obtenidos muestran tan solo un 0.5% de diferencia respecto a la pérdida total.

A continuación se presentará una comparación entre los resultados obtenidos por los programas desarrollados y los software industrial. Los parámetros fundamentales a tener en cuenta será el valor del diámetro y las perdidas en las tuberías. Finalmente se recogerán estos valores en una tabla que permitirá el análisis de la información obtenida.

10.2. VERIFICACIÓN RED DE VAPOR

```
Ingrese flujo másico de vapor máximo requerido [kg/h]: 4000
Potencia requerida 255.59105431309902 BHP
revise la tabla y obtenga su valor en: [m³/kg]
Ingrese volumen específico a la presión especificada: [m³/kg] 0.2729
Caudal requerido 0.303222222222217 [m³/s]

Ingrese Caudal Q [m³/s]: 0.303222222
Ingrese velocidad u [m/s]: 37
El diámetro es, en (m)
0.10214913896699786
El factor de fricción f es:
0.02018483431187124

Cantidad total de accesorios presente 0
[]
La perdida total por accesorios es
0
Ingrese Longitud [m]: 50
La perdida total en la tubería es [bar]:
0.3282968494916977
```

Figura 79: Resultado, Diámetro Red de Vapor (Tubería Principal)

Introducir Datos		Unidades	SI(bar)															
Grado de Tubería	ANSI Sch40																	
Presión de Vapor	7	bar abs	▼															
Rango de Flujo del Vapor	4000	kg/h	▼															
Velocidad Máxima Permisible [?]	37	m/s	▼															
Longitud de la Tubería [?]	50	m	▼															
Mostrar Opciones Avanzadas																		
Calcular		Limpiar																
<p>Resultados</p> <table border="0"> <tbody> <tr> <td>Tamaño de Tubería</td> <td>NPS4</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Diámetro Interno Tubería</td> <td>102.26</td> <td>mm</td> </tr> <tr> <td>Velocidad del Vapor</td> <td>36.9011</td> <td>m/s</td> </tr> <tr> <td>Caída de Presión</td> <td>0.210679</td> <td>bar</td> </tr> <tr> <td>Longitud Equivalente a una Tubería Horizontal</td> <td>50</td> <td>m</td> </tr> </tbody> </table>				Tamaño de Tubería	NPS4		Diámetro Interno Tubería	102.26	mm	Velocidad del Vapor	36.9011	m/s	Caída de Presión	0.210679	bar	Longitud Equivalente a una Tubería Horizontal	50	m
Tamaño de Tubería	NPS4																	
Diámetro Interno Tubería	102.26	mm																
Velocidad del Vapor	36.9011	m/s																
Caída de Presión	0.210679	bar																
Longitud Equivalente a una Tubería Horizontal	50	m																

Figura 80: Verificación Software TLV de Vapor. (Tubería Principal)

```
Ingrese flujo másico de vapor máximo requerido [kg/h]: 2200
Potencia requerida 140.57507987220447 BHP
revise la tabla y obtenga su valor en: [m3/kg]
Ingrese volumen específico a la presión especificada: [m3/kg] 0.2729
Caudal requerido 0.1667722222222222 [m3/s]
Ingrese Caudal Q [m3/s]: 0.1667722222222222
Ingrese velocidad u [m/s]: 35
El diámetro es, en (m)
0.07789021363370834
El factor de fricción f es:
0.021669268154378377

Cantidad total de accesorios presente 0
[]
La perdida total por accesorios es
0
Ingrese Longitud [m]: 50
La perdida total en la tubería es [bar]:
0.41359018698117145
```

Figura 81: Resultado, Diámetro Red de Vapor (Red Secundaria A – 2200 [kg/h])

Introducir Datos	Unidades SI(bar) ▾										
Grado de Tubería	ANSI Sch40 ▾										
Presión de Vapor	7 bar abs ▾										
Rango de Flujo del Vapor	2200 kg/h ▾										
Velocidad Máxima Permisible [?]	37 m/s ▾										
Longitud de la Tubería [?]	50 m ▾										
Mostrar Opciones Avanzadas											
<input style="margin-right: 20px;" type="button" value="Calcular"/> <input type="button" value="Limpiar"/>											
<p>Resultados</p> <table border="0"> <tr> <td>Tamaño de Tubería</td> <td>NPS3</td> </tr> <tr> <td>Diámetro Interno Tubería</td> <td>77.9272 mm ▾</td> </tr> <tr> <td>Velocidad del Vapor</td> <td>34.9494 m/s ▾</td> </tr> <tr> <td>Caída de Presión</td> <td>0.264323 bar ▾</td> </tr> <tr> <td>Longitud Equivalente a una Tubería Horizontal</td> <td>50 m ▾</td> </tr> </table>		Tamaño de Tubería	NPS3	Diámetro Interno Tubería	77.9272 mm ▾	Velocidad del Vapor	34.9494 m/s ▾	Caída de Presión	0.264323 bar ▾	Longitud Equivalente a una Tubería Horizontal	50 m ▾
Tamaño de Tubería	NPS3										
Diámetro Interno Tubería	77.9272 mm ▾										
Velocidad del Vapor	34.9494 m/s ▾										
Caída de Presión	0.264323 bar ▾										
Longitud Equivalente a una Tubería Horizontal	50 m ▾										

Figura 82: Verificación Software TLV de Vapor. (Red Secundaria A – 2200 [kg/h])

```
Ingrese flujo másico de vapor máximo requerido [kg/h]: 1800
Potencia requerida 115.01597444089457 BHP
revise la tabla y obtenga su valor en: [m³/kg]
Ingrese volumen específico a la presión especificada: [m³/kg] .2729
Caudal requerido 0.13645 [m³/s]

Ingrese Caudal Q [m³/s]: 0.13645
Ingrese velocidad u [m/s]: 30
El diámetro es, en (m)
0.07609939462727085
El factor de fricción f es:
0.02226565792425528
```

```
Cantidad total de accesorios presente 0
[]
La perdida total por accesorios es
0
Ingrese Longitud [m]: 50
La perdida total en la tubería es [bar]:
0.3195726679150157
```

Figura 83: Resultado, Diámetro Red de Vapor (Red Secundaria B – 1800 [kg/h])

Introducir Datos		Unidades	SI(bar) 																				
Grado de Tubería	JIS-STPG Sch60 																						
Presión de Vapor	7	bar abs																					
Rango de Flujo del Vapor	1800	kg/h																					
Velocidad Máxima Permitible [?]	31	m/s																					
Longitud de la Tubería [?]	50	m																					
Mostrar Opciones Avanzadas																							
<input style="background-color: #e0e0e0; border-radius: 10px; padding: 5px; width: 150px; height: 30px; border: none; font-weight: bold; color: black; font-size: 10pt; margin-bottom: 10px;" type="button" value="Calcular"/>		Limpiar																					
<p>Resultados</p> <table border="0"> <tbody> <tr> <td>Tamaño de Tubería</td> <td>80A</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Diámetro Interno Tubería</td> <td>75.9</td> <td>mm</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Velocidad del Vapor</td> <td>30.1428</td> <td>m/s</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Caída de Presión</td> <td>0.204164</td> <td>bar</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Longitud Equivalente a una Tubería Horizontal</td> <td>50</td> <td>m</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>				Tamaño de Tubería	80A			Diámetro Interno Tubería	75.9	mm		Velocidad del Vapor	30.1428	m/s		Caída de Presión	0.204164	bar		Longitud Equivalente a una Tubería Horizontal	50	m	
Tamaño de Tubería	80A																						
Diámetro Interno Tubería	75.9	mm																					
Velocidad del Vapor	30.1428	m/s																					
Caída de Presión	0.204164	bar																					
Longitud Equivalente a una Tubería Horizontal	50	m																					

Figura 84: Verificación Software TLV de Vapor. (Red Secundaria B – 1800 [kg/h])

```
Ingrese flujo másico de vapor máximo requerido [kg/h]: 550
Potencia requerida 35.14376996805112 BHP
revise la tabla y obtenga su valor en: [m³/kg]
Ingrese volumen específico a la presión especificada: [m³/kg] 0.2729
Caudal requerido 0.04169305555555555 [m³/s]
Ingrese Caudal Q [m³/s]: 0.0416930555555555
Ingrese velocidad u [m/s]: 42
El diámetro es, en (m)
0.03555185584671076
El factor de fricción f es:
0.02571222287498965

Cantidad total de accesorios presente 0
[]
La perdida total por accesorios es
0
Ingrese Longitud [m]: 10
La perdida total en la tubería es [bar]:
0.30965543879540786
```

Figura 85: Resultado, Diámetro Red de Vapor (Escaldadoras 550 [kg/h] Cantidad total 2 puntos.)

Introducir Datos

Grado de Tubería Presión de Vapor Rango de Flujo del Vapor Velocidad Máxima Permitible [?] Longitud de la Tubería [?]	Unidades SI(bar) ▾ <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;"> <input type="text" value="JIS-STPG Sch40"/> </div> <div style="width: 45%;"> <input type="text" value="7"/> bar abs ▾ </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;"> <input type="text" value="550"/> </div> <div style="width: 45%;"> <input type="text" value="kg/h"/> kg/h ▾ </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;"> <input type="text" value="50"/> </div> <div style="width: 45%;"> <input type="text" value="m/s"/> m/s ▾ </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;"> <input type="text" value="10"/> </div> <div style="width: 45%;"> <input type="text" value="m"/> m ▾ </div> </div>
---	---

[Mostrar Opciones Avanzadas](#)

Resultados

Tamaño de Tubería	32A	
Diámetro Interno Tubería	35.5	<input type="text" value="mm"/> mm ▾
Velocidad del Vapor	42.1018	<input type="text" value="m/s"/> m/s ▾
Caída de Presión	0.202704	<input type="text" value="bar"/> bar ▾
Longitud Equivalente a una Tubería Horizontal	10	<input type="text" value="m"/> m ▾

Figura 86: Verificación Software TLV de Vapor. (Escaldadoras 550 [kg/h] Cantidad total 2 puntos.)

```
Ingrese flujo másico de vapor máximo requerido [kg/h]: 550
Potencia requerida 35.14376996805112 BHP
revise la tabla y obtenga su valor en: [m3/kg]
Ingrese volumen específico a la presión especificada: [m3/kg] 0.2729
Caudal requerido 0.04169305555555555 [m3/s]
Ingrese Caudal Q [m3/s]: 0.0416930555555555
Ingrese velocidad u [m/s]: 42
El diámetro es, en (m)
0.03555185584671076
El factor de fricción f es:
0.02571222287498965

Cantidad total de accesorios presente 0
[]
La perdida total por accesorios es
0
Ingrese Longitud [m]: 10
La perdida total en la tubería es [bar]:
0.30965543879540786
```

Figura 87: Resultado, Diámetro Red de Vapor (Marmitas 550 [kg/h] Cantidad total 2 puntos.)

Introducir Datos		Unidades	SI(bar)																		
Grado de Tubería	JIS-STPG Sch40																				
Presión de Vapor	7	bar abs	▼																		
Rango de Flujo del Vapor	550	kg/h	▼																		
Velocidad Máxima Permitida [?]	50	m/s	▼																		
Longitud de la Tubería [?]	10	m	▼																		
Mostrar Opciones Avanzadas																					
Calcular		Limpiar																			
Resultados <table border="0"> <tr> <td>Tamaño de Tubería</td> <td>32A</td> </tr> <tr> <td>Diámetro Interno Tubería</td> <td>35.5</td> <td>mm</td> <td>▼</td> </tr> <tr> <td>Velocidad del Vapor</td> <td>42.1018</td> <td>m/s</td> <td>▼</td> </tr> <tr> <td>Caída de Presión</td> <td>0.202704</td> <td>bar</td> <td>▼</td> </tr> <tr> <td>Longitud Equivalente a una Tubería Horizontal</td> <td>10</td> <td>m</td> <td>▼</td> </tr> </table>				Tamaño de Tubería	32A	Diámetro Interno Tubería	35.5	mm	▼	Velocidad del Vapor	42.1018	m/s	▼	Caída de Presión	0.202704	bar	▼	Longitud Equivalente a una Tubería Horizontal	10	m	▼
Tamaño de Tubería	32A																				
Diámetro Interno Tubería	35.5	mm	▼																		
Velocidad del Vapor	42.1018	m/s	▼																		
Caída de Presión	0.202704	bar	▼																		
Longitud Equivalente a una Tubería Horizontal	10	m	▼																		

Figura 88: Verificación Software TLV de Vapor. (Marmitas 550 [kg/h] Cantidad total 2 puntos.)

```
Ingrese flujo másico de vapor máximo requerido [kg/h]: 300
Potencia requerida 19.169329073482427 BHP
revise la tabla y obtenga su valor en: [m3/kg]
Ingrese volumen específico a la presión especificada: [m3/kg] 0.2729
Caudal requerido 0.02274166666666664 [m3/s]

Ingrese Caudal Q [m3/s]: 0.0227416666666666
Ingrese velocidad u [m/s]: 42
El diámetro es, en (m)
0.026256785659540715
El factor de fricción f es:
0.02786654367887842

Cantidad total de accesorios presente 0
[]
La perdida total por accesorios es
0
Ingrese Longitud [m]: 10
La perdida total en la tubería es [bar]:
0.454404801591116
```

Figura 89: Resultado, Diámetro Red de Vapor (Red terciaria – conexiones a los puntos de vapor de limpieza e inocuidad 300 [kg/h] Cantidad total 6 puntos.)

Introducir Datos	Unidades SI(bar) 																	
Grado de Tubería	JIS-STPG Sch60 																	
Presión de Vapor	7 	bar abs 																
Rango de Flujo del Vapor	300 	kg/h 																
Velocidad Máxima Permitible [?]	50 	m/s 																
Longitud de la Tubería [?]	10 	m 																
Mostrar Opciones Avanzadas																		
<input style="width: 150px; height: 30px; border-radius: 15px; border: none; background-color: #e0e0e0; color: black; font-weight: bold; padding: 5px; margin-bottom: 5px;" type="button" value="Calcular"/> <input style="width: 150px; height: 30px; border-radius: 15px; border: none; background-color: #e0e0e0; color: black; font-weight: bold; padding: 5px;" type="button" value="Limpiar"/>																		
<p>Resultados</p> <table border="0"> <tr> <td>Tamaño de Tubería</td> <td>25A</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Diámetro Interno Tubería</td> <td>26.2</td> <td>mm </td> </tr> <tr> <td>Velocidad del Vapor</td> <td>42.1612</td> <td>m/s </td> </tr> <tr> <td>Caída de Presión</td> <td>0.298084</td> <td>bar </td> </tr> <tr> <td>Longitud Equivalente a una Tubería Horizontal</td> <td>10</td> <td>m </td> </tr> </table>				Tamaño de Tubería	25A		Diámetro Interno Tubería	26.2	mm 	Velocidad del Vapor	42.1612	m/s 	Caída de Presión	0.298084	bar 	Longitud Equivalente a una Tubería Horizontal	10	m 
Tamaño de Tubería	25A																	
Diámetro Interno Tubería	26.2	mm 																
Velocidad del Vapor	42.1612	m/s 																
Caída de Presión	0.298084	bar 																
Longitud Equivalente a una Tubería Horizontal	10	m 																

Figura 90: Verificación Software TLV de Vapor. (Red terciaria – conexiones a los puntos de vapor de limpieza e inocuidad 300 [kg/h] Cantidad total 6 puntos.)

10.3. VERIFICACIÓN RED NEUMÁTICA

```
Rango de Flujo de Aire (Real) [m³/min] 0.1
```

```
Ingrese velocidad u [m/s]: 8
```

```
El diametro es, en (m)
```

```
0.016286750396764
```

```
Ahora se calcula Reynolds
```

```
Dene ingresar la Temperatura de Trabajo:
```

```
Revise la tabla y obtenga (Densidad) y (Viscosidad dinamica):
```

```
Ingrese Densidad Rho [kg/m³]: 1.2
```

```
Ingrese Viscosidad cinematica Mu [cPa]: 0.15
```

```
El número de Reynolds es:
```

```
1042.352025392896
```

```
Re < 2300 Se encuentra en régimen de flujo LAMINAR
```

```
Cantidad total de accesorios presente 0
```

```
[]
```

```
La perdida total por accesorios es
```

```
0
```

```
Ingrese Longitud [m]: 100
```

```
La perdida total en la tuberia es [bar]:
```

```
1.0402434493994737
```

Figura 91: Resultado, Diámetro Red de Vapor (Tubería Principal)

Introducir Datos		Unidades SI(bar) 															
Grado de Tubería	JIS-STPG Sch40 																
Presión del Aire	12 	bar abs 															
Temperatura del Aire	25 	°C 															
Rango de Flujo de Aire (Real)	6 	m³/h 															
Rango de Flujo de Aire (Normal)	(1.085) 	Nm³/min 															
Longitud de la Tubería [?]	100 	m 															
Velocidad Máxima Permisible [?]	10 	m/s 															
Mostrar Opciones Avanzadas																	
<input style="background-color: #cccccc; border-radius: 10px; padding: 5px; margin-right: 20px;" type="button" value="Calcular"/> <input style="background-color: #cccccc; border-radius: 10px; padding: 5px;" type="button" value="Limpiar"/>																	
<p>Resultados</p> <table border="0"> <tbody> <tr> <td>Tamaño de Tubería</td> <td>15A</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Diámetro Interno Tubería</td> <td>16.1 </td> <td>mm </td> </tr> <tr> <td>Velocidad del Aire</td> <td>8.18667 </td> <td>m/s </td> </tr> <tr> <td>Caída de Presión</td> <td>0.816285 </td> <td>bar </td> </tr> <tr> <td>Longitud Equivalente a una Tubería Horizontal</td> <td>100 </td> <td>m </td> </tr> </tbody> </table>			Tamaño de Tubería	15A		Diámetro Interno Tubería	16.1 	mm 	Velocidad del Aire	8.18667 	m/s 	Caída de Presión	0.816285 	bar 	Longitud Equivalente a una Tubería Horizontal	100 	m 
Tamaño de Tubería	15A																
Diámetro Interno Tubería	16.1 	mm 															
Velocidad del Aire	8.18667 	m/s 															
Caída de Presión	0.816285 	bar 															
Longitud Equivalente a una Tubería Horizontal	100 	m 															

Figura 92: Verificación Software TLV de Vapor. (Tubería Principal)

```
Rango de Flujo de Aire (Real) [m³/min] 0.05
```

```
Ingrese velocidad u [m/s]: 6.6
```

```
El diametro es, en (m)
```

```
0.012679217987703037
```

```
Ahora se calcula Reynolds
```

```
Dene ingresar la Temperatura de Trabajo:
```

```
Revise la tabla y obtenga (Densidad) y (Viscosidad dinamica):
```

```
Ingrese Densidad Rho [kg/m³]: 1.2
```

```
Ingrese Viscosidad cinematica Mu [cPa]: 0.15
```

```
El número de Reynolds es:
```

```
669.4627097507204
```

```
Re < 2300 Se encuentra en régimen de flujo LAMINAR
```

```
Cantidad total de accesorios presente 0
```

```
[]
```

```
La perdida total por accesorios es
```

```
0
```

```
Ingrese Longitud [m]: 50
```

```
La perdida total en la tuberia es [bar]:
```

```
0.5342671374841778
```

Figura 93: Resultado, Diámetro Red de Vapor (Red Secundaria EQUIPOS – 3 [m³/h] [kg/h])

Introducir Datos		Unidades SI(bar) ▾														
Grado de Tubería	JIS-STPG Sch40															
Presión del Aire	12	bar abs ▾														
Temperatura del Aire	25	°C ▾														
Rango de Flujo de Aire (Real)	3	m³/h ▾														
Rango de Flujo de Aire (Normal)	(0.542502)	Nm³/min ▾														
Longitud de la Tubería [?]	50	m ▾														
Velocidad Máxima Permisible [?]	12	m/s ▾														
Mostrar Opciones Avanzadas																
<input style="width: 150px; height: 30px; border-radius: 15px; background-color: #e0e0e0; border: none; color: black; font-weight: bold; padding: 5px; margin-right: 10px;" type="button" value="Calcular"/> <input style="width: 150px; height: 30px; border-radius: 15px; background-color: #e0e0e0; border: none; color: black; font-weight: bold; padding: 5px;" type="button" value="Limpiar"/>																
<p>Resultados</p> <table border="0"> <tbody> <tr> <td>Tamaño de Tubería</td> <td>10A</td> </tr> <tr> <td>Diámetro Interno Tubería</td> <td>12.7</td> <td>mm ▾</td> </tr> <tr> <td>Velocidad del Aire</td> <td>6.57842</td> <td>m/s ▾</td> </tr> <tr> <td>Caída de Presión</td> <td>0.361921</td> <td>bar ▾</td> </tr> <tr> <td>Longitud Equivalente a una Tubería Horizontal</td> <td>50</td> <td>m ▾</td> </tr> </tbody> </table>			Tamaño de Tubería	10A	Diámetro Interno Tubería	12.7	mm ▾	Velocidad del Aire	6.57842	m/s ▾	Caída de Presión	0.361921	bar ▾	Longitud Equivalente a una Tubería Horizontal	50	m ▾
Tamaño de Tubería	10A															
Diámetro Interno Tubería	12.7	mm ▾														
Velocidad del Aire	6.57842	m/s ▾														
Caída de Presión	0.361921	bar ▾														
Longitud Equivalente a una Tubería Horizontal	50	m ▾														

Figura 94: Verificación Software TLV de Vapor. (Red Secundaria EQUIPOS – 3 [m³/h] [kg/h])

```
Rango de Flujo de Aire (Real) [m³/min] 0.05  
Ingrese velocidad u [m/s]: 6.6  
El diametro es, en (m)  
0.012679217987703037
```

```
Ahora se calcula Reynolds  
Dene ingresar la Temperatura de Trabajo:  
Revise la tabla y obtenga (Densidad) y (Viscosidad dinamica):  
Ingrese Densidad Rho [kg/m³]: 1.2  
Ingrese Viscosidad cinematica Mu [cPa]: 0.15  
El número de Reynolds es:  
669.4627097507204  
Re < 2300 Se encuentra en régimen de flujo LAMINAR  
Cantidad total de accesorios presente 0  
[]
```

```
La perdida total por accesorios es  
0  
Ingrese Longitud [m]: 50  
La perdida total en la tuberia es [bar]:  
0.5342671374841778
```

Figura 95: Resultado, Diámetro Red de Vapor (Red Secundaria RIEL – 3 [m³/h] [kg/h])

Introducir Datos		Unidades SI(bar) ▾														
Grado de Tubería	JIS-STPG Sch40															
Presión del Aire	12	bar abs ▾														
Temperatura del Aire	25	°C ▾														
Rango de Flujo de Aire (Real)	3	m³/h ▾														
Rango de Flujo de Aire (Normal)	(0.542502)	Nm³/min ▾														
Longitud de la Tubería [?]	50	m ▾														
Velocidad Máxima Permisible [?]	12	m/s ▾														
Mostrar Opciones Avanzadas																
<input style="background-color: #e0e0e0; border-radius: 10px; padding: 5px; margin-right: 10px;" type="button" value="Calcular"/> <input style="background-color: #e0e0e0; border-radius: 10px; padding: 5px;" type="button" value="Limpiar"/>																
<p>Resultados</p> <table border="0"> <tbody> <tr> <td>Tamaño de Tubería</td> <td>10A</td> </tr> <tr> <td>Diámetro Interno Tubería</td> <td>12.7</td> <td>mm ▾</td> </tr> <tr> <td>Velocidad del Aire</td> <td>6.57842</td> <td>m/s ▾</td> </tr> <tr> <td>Caída de Presión</td> <td>0.361921</td> <td>bar ▾</td> </tr> <tr> <td>Longitud Equivalente a una Tubería Horizontal</td> <td>50</td> <td>m ▾</td> </tr> </tbody> </table>			Tamaño de Tubería	10A	Diámetro Interno Tubería	12.7	mm ▾	Velocidad del Aire	6.57842	m/s ▾	Caída de Presión	0.361921	bar ▾	Longitud Equivalente a una Tubería Horizontal	50	m ▾
Tamaño de Tubería	10A															
Diámetro Interno Tubería	12.7	mm ▾														
Velocidad del Aire	6.57842	m/s ▾														
Caída de Presión	0.361921	bar ▾														
Longitud Equivalente a una Tubería Horizontal	50	m ▾														

Figura 96: Verificación Software TLV de Vapor. (Red Secundaria RIEL – 3 [m³/h] [kg/h])

```
Rango de Flujo de Aire (Real) [m3/min] 0.01666666666666666  
Ingrrese velocidad u [m/s]: 7.1  
El diametro es, en (m)  
0.007057885923304622
```

Ahora se calcula Reynolds
Dene ingresar la Temperatura de Trabajo:

Revise la tabla y obtenga (Densidad) y (Viscosidad dinamica):

Ingrese Densidad Rho [kg/m³]: 1.2

Ingrese Viscosidad cinematica Mu [cPa]: 0.15

El número de Reynolds es:
400.8879204437025

Re < 2300 Se encuentra en régimen de flujo LAMINAR

Cantidad total de accesorios presente 0

[]

```
La perdida total por accesorios es  
0
```

Ingrese Longitud [m]: 20

```
La perdida total en la tuberia es [bar]:  
0.5485090336347757
```

Figura 97: Resultado, Diámetro Red de Vapor (Red Secundaria MAQUINA INDIVIDUAL – 1 [m³/h])

Introducir Datos		Unidades SI(bar) ▾														
Grado de Tubería	JIS-STPG Sch40															
Presión del Aire	12	bar abs ▾														
Temperatura del Aire	25	°C ▾														
Rango de Flujo de Aire (Real)	1	m³/h ▾														
Rango de Flujo de Aire (Normal)	(0.180834)	Nm³/min ▾														
Longitud de la Tubería [?]	20	m ▾														
Velocidad Máxima Permisible [?]	12	m/s ▾														
Mostrar Opciones Avanzadas																
<input style="width: 150px; border-radius: 10px; padding: 5px; margin-right: 10px;" type="button" value="Calcular"/> <input style="width: 150px; border-radius: 10px; padding: 5px;" type="button" value="Limpiar"/>																
Resultados <table border="0" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>Tamaño de Tubería</td> <td style="text-align: right;">6A</td> </tr> <tr> <td>Diámetro Interno Tubería</td> <td style="text-align: right;">7.1</td> <td style="text-align: right;">mm ▾</td> </tr> <tr> <td>Velocidad del Aire</td> <td style="text-align: right;">7.01602</td> <td style="text-align: right;">m/s ▾</td> </tr> <tr> <td>Caída de Presión</td> <td style="text-align: right;">0.351398</td> <td style="text-align: right;">bar ▾</td> </tr> <tr> <td>Longitud Equivalente a una Tubería Horizontal</td> <td style="text-align: right;">20</td> <td style="text-align: right;">m ▾</td> </tr> </table>			Tamaño de Tubería	6A	Diámetro Interno Tubería	7.1	mm ▾	Velocidad del Aire	7.01602	m/s ▾	Caída de Presión	0.351398	bar ▾	Longitud Equivalente a una Tubería Horizontal	20	m ▾
Tamaño de Tubería	6A															
Diámetro Interno Tubería	7.1	mm ▾														
Velocidad del Aire	7.01602	m/s ▾														
Caída de Presión	0.351398	bar ▾														
Longitud Equivalente a una Tubería Horizontal	20	m ▾														

Figura 98: Verificación Software TLV de Vapor. (Salidas - MAQUINA INDIVIDUAL – 1 [m³/h])

TABLA COMPARATIVA RESULTADOS TUBERÍA DE VAPOR Y TUBERÍA NEUMÁTICA

Componentes de la redes de distribución		Diametro [m]		Coincidencia	Perdidas tuberías [bar]		F.S
		Python	TLV		Python	TLV	
RED DE VAPOR	Tuberia Principal	0,1022	0,1022	99,99%	0,3283	0,2106	1,56
	Tuberia Secundaria A	0,0779	0,0779	99,99%	0,4136	0,264323	1,56
	Tuberia Secundaria B	0,0761	0,0761	99,99%	0,3195	0,2041	1,57
	Salida Marmitas	0,0355	0,355	99,99%	0,3096	0,2027	1,53
	Salida Escaldadoras	0,0355	0,0355	99,99%	0,3096	0,2027	1,53
	Salida Puntos de Vapor	0,0263	0,263	99,99%	0,4544	0,2981	1,52
RED DE AIRE	Tuberia Principal	0,0163	0,0163	99,99%	1,141	0,8162	1,40
	Tuberia Secundaria Equipos	0,0127	0,0127	99,99%	0,5342	0,3619	1,48
	Tuberia Secundaria Riel	0,0127	0,0127	99,99%	0,5342	0,3619	1,48
	Salida Maquinas	0,0071	0,0071	99,99%	0,5485	0,352	1,56

Figura 99: Tabla comparativa resultados tubería de vapor y tubería neumática

El resultado de esta tabla arroja valores realmente confiables, ya que el valor del diámetro es practicante exacto de los programas desarrollados en python a los valores del software mas utilizado para este tipo de selecciones y montajes. Por otro lado se logro crear un programa que es conservador y puede guardar factores de seguridad que oscilan entre 1,48 y 1,56 en las perdidas de las tuberías, Lo que puede significar un mayor certeza en las presiones que se manejaran en la planta y un rango preciso de trabajo.

10.4. VERIFICACIÓN CUARTOS FRÍOS - CARGA TÉRMICA - COOLSELECTOR

```
Ingrese Tmax del lugar [°C]: 20
Ingrese Tprom del lugar [°C] : 13
La temperatura del proyecto T ext prom sera [K]:
288.95
Ingrese coeficiente de convección de la superficie interior [W/m²*K]: 8.333
Ingrese coeficiente de convección de la superficie exterior [W/m²*K]: 13.8
Ingrese espesor de aislamiento: 0.15
Ingrese resistencia de la materia [W/m*K]: 0.025
El coeficiente global de perdidas U [W/m²*K]:
0.16148648781486563
Ingrese T ext prom [K] 288.95
Ingrese T int [K] 280

Ahora se calcula el calor transferido Q es [W]
Ingrese Coeficiente global de perdidas[W/m²*K]: 0.161486
Ingrese base pared [m] 4
Ingrese altura pared [m] 4
```

Figura 100: Resultado Temperatura del proyecto

Se asignan condiciones ambientales, material de aislamiento y grosor, para proceder al cálculo de transferencia de calor, de los alrededores hacia el cuarto frío. Teniendo en cuenta cada superficie plana implicada y los materiales de sus construcciones.

```
Calor transferido [W]
23.12479519999997

Ingrese Coeficiente global de perdidas[W/m2*K]: 0.16148648781486563

Ingrese base pared [m] 4

Ingrese altura pared [m] 4

Calor transferido [W]
23.12486505508873

Ingrese Coeficiente global de perdidas[W/m2*K]: 0.16148648781486563

Ingrese base pared [m] 4

Ingrese altura pared [m] 6

Calor transferido [W]
34.68729758263309

Ingrese Coeficiente global de perdidas[W/m2*K]: 0.16148648781486563

Ingrese base pared [m] 4

Ingrese altura pared [m] 6

Calor transferido [W]
34.68729758263309
```

Figura 101: Resultado 1er programa python - Transferencia de calor.

En esta sección se calcula la transferencia de calor por convección y conducción, a través de las paredes de los cuartos frigoríficos hacia los alrededores

```

Ingrese Coeficiente global de perdidas[W/m2*K]: 0.16148648781486563
Ingrese base pared [m] 6
Ingrese altura pared [m] 4
Calor transferido [W]
34.68729758263309

Ingrese Coeficiente global de perdidas[W/m2*K]: 0.27
Ingrese base pared [m] 6
Ingrese altura pared [m] 4
Calor transferido [W]
57.99599999999993

[23.1247951999997, 23.12486505508873, 34.68729758263309, 34.68729758263309,
34.68729758263309, 57.99599999999993]

El calor total transferido por las paredes del cuarto [W]
242.21808488719523

Ingrese masa de producto [kg]: 7920
Ingrese calor específico [kcal/kg*°C]: 0.41
Ingrese T a la que entra el producto: °[C] 13
Ingrese T esperada en la cámara: °fC] 7

```

Figura 102: Resultado del calor retirado por el producto (Canales de res)

```

Ingresar densidad del aire estándar 1.2381
Ingrese calor específico del aire: °[kcal/kg °C] 0.25
Ingrese T a la que entra el aire: °[C] 13
Ingrese T esperada en la cámara: °[C] 7
El calor producido por las fluctuaciones de aire [kcal/h]:
51.827441860465115

Ingrese potencia luminaria [W]: 400
Ingrese número de luminarias: 4
El calor producido por la iluminación es [kcal/h]:
1600.0

Ingrese calor por persona en (W) : 200
Ingresenúmero de personas en la cámara : 2
Ingrese tiempo de permanencia en horas/día: 2
El calor liberado por las personas es [W]
930.232558139535

La carga térmica total es [W]:
4082.882736049986

```

Figura 103: Resultado del calor retirado de iluminación, aire y otros.

Cámara Frigorífica - Paso 2 de 5: Revisión de la carga de la Cámara Frigorífica

Los datos siguientes son necesarios para calcular la capacidad de refrigeración requerida en la Cámara Frigorífica:

Longitud: 6,00 m	Condiciones de Cámara:	Temperatura: 7,0 °C	Producto:
Anchura: 4,00 m	Humedad relativa: 80 %	Productos varios	
Altura: 4,00 m	Hora de trabajo: 18 h	Cantidad diaria: 7920 kg	Carga térmica de respiración:
<input checked="" type="radio"/> Dimensiones interiores		Temperatura de entrada: 13,0 °C	Carga total de la cámara: 20000 kg
<input type="radio"/> Dimensiones exteriores			

Renovaciones de aire (infiltraciones):

Temperatura: 15,0 °C
Humedad relativa: 90 %
<input type="radio"/> Aperturas de puerta: Regulares
<input checked="" type="radio"/> Tasa de renovaciones de a 1,099 (tantas veces el volumen de la cámara cada 24 horas)

Transferencia de calor:

<input checked="" type="radio"/> Paneles estándar	<input type="radio"/> Paneles personalizados
Tipo: Poliuretano	
Espesor: 150,0 mm	
Temperatura ambiente: 15,0 °C	
Temperatura del suelo: 10,0 °C	
<input checked="" type="checkbox"/> Suelo aislado	

Carga adicional

<input type="checkbox"/> Desescarche	<input type="radio"/> Eléctrico
Luces: 1600 W	<input type="radio"/> Natural
Ventiladores: 0 W	Potencia: 0 W
Personas: 4 h/día	Desescarches al día: 0
Otros: 0 W	Tiempo de desescarche: 0 min

A 3D cutaway diagram of a rectangular refrigerator chamber. Inside, there are shelves with various boxes and a compressor unit at the top right. A green arrow originates from the 'Panel type' and 'Thickness' input fields and points towards the chamber's exterior wall. A red arrow originates from the 'Floor insulation' checkbox and points towards the chamber's floor.

Ayuda **< Anterior** **Siguiente >**

Figura 104: Software Industrial COOLSELECTOR para diseñar cámaras frigoríficas.

En este modulo el software COOLSELECTOR, permite al usuario ingresar sus requerimientos de diseño para la cámara frigorífica, para posteriormente hacer los cálculos de carga térmica requerida a extraer y sugerir un equipo que cumpla con la demanda energética. Se debe conocer con precisión todos los datos que requiere el programa, como las condiciones locales geográficas y otras características geométricas como la dimensión del cuarto. Es importante conocer el material del que se hará el aislamiento, para los cálculos y la planeación estructural.

Cámara Frigorífica - Paso 5 de 5: Condiciones de funcionamiento

Por favor, revise cuidadosamente la capacidad de refrigeración y las condiciones de trabajo antes de presionar "Seleccionar":

Condiciones de funcionamiento	Evaporación:	Condensación:
Capacidad requerida:	Temperatura de punto de rocío:	-1,1 °C Temperatura ambiente: 32,0 °C
Capacidad de refrigeración: 3,081 kW	Recalentamiento útil:	5,3 K Subenfriamiento: 3,0 K
	Recalentamiento adicional:	0 K Subenfriamiento adicional: 0 K
	<input type="checkbox"/> Temperatura del gas de retorno:	-2,0 °C

Cámara de refrigeración:	Distancia de unidad condensadora a evaporador:
Temperatura: 7,0 °C	1,00 m
Humedad relativa: 80,0 %	
Hora de trabajo: 18,0 h	

No se seleccionará el evaporador. Por favor, contacte con su proveedor habitual de intercambiadores de calor

Detalles de carga:

Transmisión:	0,179 kW
Infiltración:	0,180 kW
Hielo en el evaporador:	0 kW
Productos total:	2,493 kW
Productos, enfriamiento:	2,493 kW
Productos, respiración:	0 kW
Luz:	0,178 kW
Personas:	0,051 kW
Ventiladores:	0 kW
Otros:	0 kW
Desescarche:	0 kW
Total:	3,081 kW

Figura 105: Resultado Coolselector

Interfaz del CoolSelector - Selección comercial de equipos para cámaras frigoríficas.

Se presento la forma como el programa desarrollado en python presentará los resultados, también se mostró como el software mas usado para este tipo de diseño y selecciones trabaja, se visualizo como correrá el código, como también los parámetros que usara.

A continuación se presentan los resultados fundamentales del programada en python, como también se simula junto con el software coolselector las mismas condiciones, esperando recoger los datos y almacenarlo en una tabla para interpretarlos y poder analizarlos.

10.4.1. CUARTOS FRÍOS (PLANTA 1ER PISO)

CUARTO FRIÓ (REFRIGERACIÓN) 55 CANALES

```
Ingrese calor específico del aire: °[kcal/kg °C] 0.25
Ingrese T a la que entra el aire: °[C] 13
Ingrese T esperada en la cámara: °[C] 7
El calor producido por las fluctuaciones de aire [kcal/h]: 412.37367906976743
Ingrese potencia luminaria [W]: 100
Ingrese numero de luminarias: 1
El calor producido por la iluminación es [kcal/h]: 100.0
Ingrese calor por persona en (W) : 50
Ingresenúmero de personas en la cámara : 2
Ingrese tiempo de permanencia en horas/día: 1
El calor liberado por las personas es [W] 116.27906976744187
La carga térmica total es [W]: 8072.184175581395
```

Figura 106: Resultado del 1er cuarto para refrigeración - 55 canales de carne - python

Para el diseño de los cuartos fríos, se debe tener en cuenta con precisión algunas características importantes.

- Aislamiento de Poliestireno 100 mm con $h_{conv} = 0.025$ / •Calor específico de la carne $ce = 0,77$
- Coeficientes de convección externo e interno $he = 15.8$ y $hi=8.333$ / •Peso media canal carne = 140 kg aprox.
- Tambprom = 13 °C / •Renovaciones de aire hora = 0.5 aprox / •Cantidad de carne almacenar en cada cámara •Gastos energéticos extras



Figura 107: Resultado del 1er cuarto para refrigeración - 55 canales de carne - Coolselector

En la primera planta de cuartos fríos, ubicada sobre el nivel de 5.7m, hay 3 cuartos fríos que albergan de a 55 canales de carne c/u, cada canal pesa aprox 140 kg. También hay 3 cuartos fríos más destinados a patas, cabezas y eviscerado, estos cuartos de la primera planta serán de refrigeración los 3 de canales se mantendrán a 7 °C y los 3 de otras partes se mantendrán a 5 °C. Se calcularon también los cuartos fríos de la segunda planta (3) como decisión de diseño de piensa que pueden servir para congelar. Se requiere extraer mayor cantidad de carga térmica, se debe evaluar conveniencia. El software diseñado mostro factores de seguridad entre 1.05 y 1.22 respecto al software industrial, por lo que el resultado de la selección de equipos es bastante confiable. Para los cuartos que podrían funcionar para congelar el programa diseñado si difiere considerablemente, posiblemente porque se debe tener el cambio de fase (Sublimación).

CUARTO DE EVISCERADO – 2340 Kg

```
Ingrese calor específico del aire: °[kcal/kg °C] 0.25
Ingrese T a la que entra el aire: °[C] 13
Ingrese T esperada en la cámara: °[C] 7
El calor producido por las fluctuaciones de aire [kcal/h]:
323.5967441860465
Ingrese potencia luminaria [W]: 100
Ingrese numero de luminarias: 2
El calor producido por la iluminación es [kcal/h]:
200.0
Ingrese calor por persona en (W) : 50
Ingresenúmero de personas en la cámara : 2
Ingrese tiempo de permanencia en horas/día: 1
El calor liberado por las personas es [W]
116.27906976744187
La carga térmica total es [W]:
2237.3113081395345
```

Figura 108: Resultado del cuarto de eviscerado para refrigeración - python

Condiciones de funcionamiento		
Capacidad requerida:	Evaporación:	Condensación:
Capacidad de refrigeración: 2,204 kW	Temperatura de punto de rocío: <input type="text" value="-1,0 °C"/>	Temperatura ambiente: <input type="text" value="32,0 °C"/>
	Recalentamiento útil: <input type="text" value="5,2 K"/>	Subenfriamiento: <input type="text" value="3,0 K"/>
	Recalentamiento adicional: <input type="text" value="0 K"/>	Subenfriamiento adicional: <input type="text" value="0 K"/>
	<input type="checkbox"/> Temperatura del gas de retorno: <input type="text" value="-2,0 °C"/>	
Cámara de refrigeración:	Distancia de unidad condensadora a evaporador:	
Temperatura: 7,0 °C	<input type="text" value="1,00 m"/>	
Humedad relativa: 85,0 %	No se seleccionará el evaporador. Por favor, contacte con su proveedor habitual de intercambiadores de calor	
Hora de trabajo: 12,0 h		
Detalles de carga:		
Transmisión: 0,511 kW		
Infiltración: 0,284 kW		
Hielo en el evaporador: 0 kW		
Productos total: 1,056 kW		
Productos, enfriamiento: 1,056 kW		
Productos, respiración: 0 kW		
Luz: 0,059 kW		
Personas: 0,038 kW		
Ventiladores: 0,133 kW		
Otros: 0 kW		
Desescarche: 0,123 kW		
Total: 2,204 kW		

Figura 109: Resultado del cuarto de eviscerado para refrigeración - Coolselector

CUARTO DE CABEZAS – 2000Kg

```
Ingrese calor específico del aire: °[kcal/kg °C] 0.25
Ingrese T a la que entra el aire: °[C] 13
Ingrese T esperada en la camara: °[C] 7
El calor producido por las fluctuaciones de aire [kcal/h]:
399.6837209302326
Ingrese potencia luminaria [W]: 200
Ingrese numero de luminarias: 3
El calor producido por la iluminación es [kcal/h]:
600.0
Ingrese calor por persona en (W) : 100
Ingresenúmero de personas en la cámara : 1
Ingrese tiempo de permanencia en horas/dia: 1
El calor liberado por las personas es [W]
116.27906976744187
La carga térmica total es [W]:
2695.7339811046504
```

Figura 110: Resultado del cuarto de cabezas para refrigeración - python

Condiciones de funcionamiento		Evaporación:		Condensación:		
Capacidad requerida:	2,319 kW	Temperatura de punto de rocío:	-1,1 °C	Temperatura ambiente:	32,0 °C	
Capacidad de refrigeración:		Recalentamiento útil:	5,3 K	Subenfriamiento:	3,0 K	
		Recalentamiento adicional:	0 K	Subenfriamiento adicional:	0 K	
		<input type="checkbox"/> Temperatura del gas de retorno:	-2,0 °C			
Cámara de refrigeración:	Distancia de unidad condensadora a evaporador:					
Temperatura:	7,0 °C	1,00 m				
Humedad relativa:	80,0 %	No se seleccionará el evaporador. Por favor, contacte con su proveedor habitual de intercambiadores de calor				
Hora de trabajo:	12,0 h					
Detalles de carga:						
Transmisión:	0,380 kW					
Infiltración:	0,128 kW					
Hielo en el evaporador:	0 kW					
Productos total:	1,056 kW					
Productos, enfriamiento:	1,056 kW					
Productos, respiración:	0 kW					
Luz:	0,533 kW					
Personas:	0,077 kW					
Ventiladores:	0 kW					
Otros:	0 kW					
Desescarche:	0,145 kW					
Total:	2,319 kW					

Figura 111: Resultado del cuarto de cabezas para refrigeración - Coolselector

CUARTO DE PATAS – 5000 Kg

```
Ingrese calor específico del aire: °[kcal/kg °C] 0.25
Ingrese T a la que entra el aire: °[C] 13
Ingrese T esperada en la camara: °[C] 7
El calor producido por las fluctuaciones de aire [kcal/h]:
956.0616279069768
Ingrese potencia luminaria [W]: 300
Ingrese numero de luminarias: 2
El calor producido por la iluminación es [kcal/h]:
600.0
Ingrese calor por persona en (W) : 100
Ingresenúmero de personas en la cámara : 1
Ingrese tiempo de permanencia en horas/día: 1
El calor liberado por las personas es [W]
116.27906976744187
La carga térmica total es [W]:
4727.279532848836
```

Figura 112: Resultado del cuarto de patas para refrigeración - python

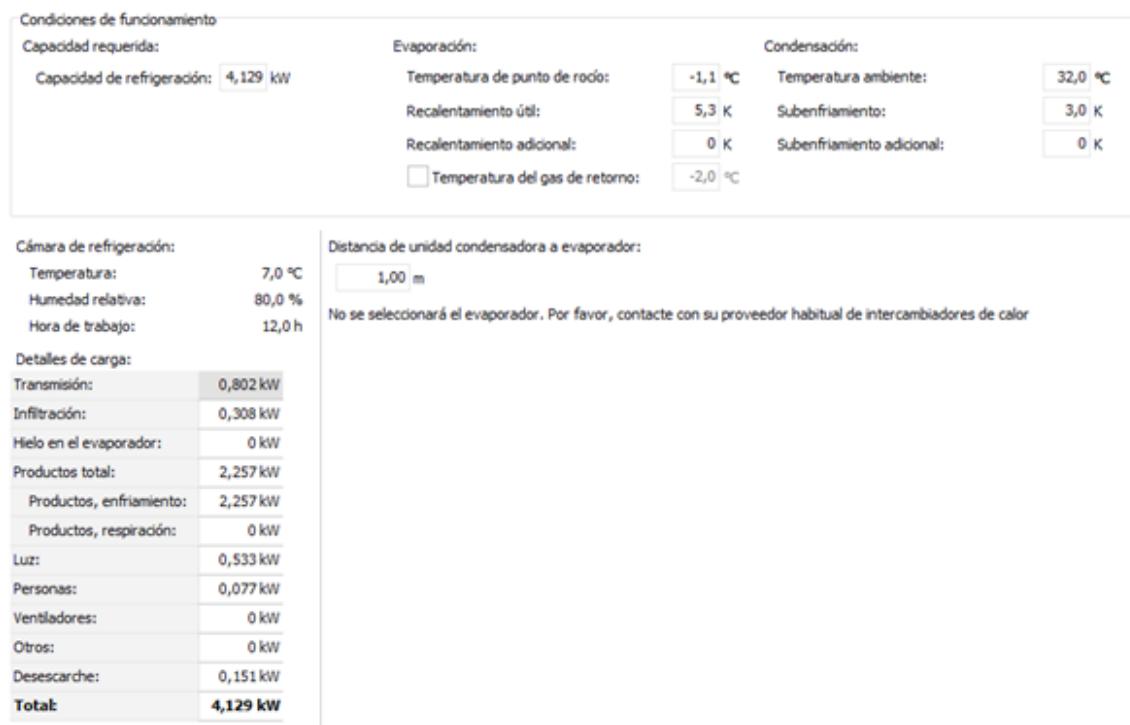


Figura 113: Resultado del cuarto de patas para refrigeración - Coolselector

CUARTO FRIO (REFRIGERACIÓN) 74 CANALES

```
Ingrese calor específico del aire: °[kcal/kg °C] 0.25
Ingrese T a la que entra el aire: °[C] 13
Ingrese T esperada en la camara: °[C] 7
El calor producido por las fluctuaciones de aire [kcal/h]:
563.1906976744185
Ingrese potencia luminaria [W]: 200
Ingrese numero de luminarias: 1
El calor producido por la iluminación es [kcal/h]:
200.0
Ingrese calor por persona en (W) : 50
Ingresenúmero de personas en la cámara : 1
Ingrese tiempo de permanencia en horas/día: 1
El calor liberado por las personas es [W]
58.139534883720934
La carga térmica total es [W]:
10807.080040697674
```

Figura 114: Resultado del cuarto para refrigeración - 74 canales de carne - python

Condiciones de funcionamiento	
Capacidad requerida:	
Capacidad de refrigeración:	<input type="text" value="10,50 kW"/>
Evaporación:	
Temperatura de punto de rocío:	<input type="text" value="-1,1 °C"/>
Recalentamiento útil:	<input type="text" value="5,3 K"/>
Recalentamiento adicional:	<input type="text" value="0 K"/>
<input type="checkbox"/> Temperatura del gas de retorno:	<input type="text" value="-2,0 °C"/>
Condensación:	
Temperatura ambiente:	<input type="text" value="32,0 °C"/>
Subenfriamiento:	<input type="text" value="3,0 K"/>
Subenfriamiento adicional:	<input type="text" value="0 K"/>
Cámara de refrigeración:	
Temperatura:	<input type="text" value="7,0 °C"/>
Humedad relativa:	<input type="text" value="80,0 %"/>
Hora de trabajo:	<input type="text" value="12,0 h"/>
Detalles de carga:	
Transmisión:	<input type="text" value="0,562 kW"/>
Infiltración:	<input type="text" value="0,282 kW"/>
Hielo en el evaporador:	<input type="text" value="0 kW"/>
Productos total:	<input type="text" value="9,353 kW"/>
Productos, enfriamiento:	<input type="text" value="9,353 kW"/>
Productos, respiración:	<input type="text" value="0 kW"/>
Luz:	<input type="text" value="0,267 kW"/>
Personas:	<input type="text" value="0,038 kW"/>
Ventiladores:	<input type="text" value="0 kW"/>
Otros:	<input type="text" value="0 kW"/>
Desescarche:	<input type="text" value="0 kW"/>
Total:	<input type="text" value="10,50 kW"/>
Distancia de unidad condensadora a evaporador:	<input type="text" value="1,00 m"/>
No se seleccionará el evaporador. Por favor, contacte con su proveedor habitual de intercambiadores de calor	

Figura 115: Resultado del cuarto para refrigeración - 74 canales de carne - Coolselector

10.4.2. CUARTOS FRÍOS (PLANTA 2DO PISO)

CUARTO DE 90 CANALES – REFRIGERACIÓN - 25200 kg

```
Ingrese calor específico del aire: °[kcal/kg °C] 0.25
Ingrese T a la que entra el aire: °[C] 13
Ingrese T esperada en la cámara: °[C] 7
El calor producido por las fluctuaciones de aire [kcal/h]:
675.8720930232558
Ingrese potencia luminaria [W]: 200
Ingrese numero de luminarias: 1
El calor producido por la iluminación es [kcal/h]:
200.0
Ingrese calor por persona en (W) : 100
Ingresenúmero de personas en la cámara : 1
Ingrese tiempo de permanencia en horas/día: 1
El calor liberado por las personas es [W]
116.27906976744187
La carga térmica total es [W]:
12974.713655813954
```

Figura 116: Resultado del cuarto para refrigeración - 90 canales de carne - python

Condiciones de funcionamiento		Evaporación:		Condensación:		
Capacidad requerida:	<input type="text" value="12,58 kW"/>	Temperatura de punto de rocío:	<input type="text" value="-1,1 °C"/>	Temperatura ambiente:	<input type="text" value="32,0 °C"/>	
Capacidad de refrigeración:	<input type="text" value="12,58 kW"/>	Recalentamiento útil:	<input type="text" value="5,3 K"/>	Subenfriamiento:	<input type="text" value="3,0 K"/>	
		Recalentamiento adicional:	<input type="text" value="0 K"/>	Subenfriamiento adicional:	<input type="text" value="0 K"/>	
		<input type="checkbox"/> Temperatura del gas de retorno:	<input type="text" value="-2,0 °C"/>			
Cámara de refrigeración:	Distancia de unidad condensadora a evaporador:					
Temperatura:	<input type="text" value="7,0 °C"/>	1,00 m				
Humedad relativa:	<input type="text" value="80,0 %"/>	No se seleccionará el evaporador. Por favor, contacte con su proveedor habitual de intercambiadores de calor				
Hora de trabajo:	<input type="text" value="12,0 h"/>					
Detalles de carga:						
Transmisión:	<input type="text" value="0,604 kW"/>					
Infiltración:	<input type="text" value="0,313 kW"/>					
Hielo en el evaporador:	<input type="text" value="0 kW"/>					
Productos total:	<input type="text" value="11,38 kW"/>					
Productos, enfriamiento:	<input type="text" value="11,38 kW"/>					
Productos, respiración:	<input type="text" value="0 kW"/>					
Luz:	<input type="text" value="0,020 kW"/>					
Personas:	<input type="text" value="0,019 kW"/>					
Ventiladores:	<input type="text" value="0,210 kW"/>					
Otros:	<input type="text" value="0 kW"/>					
Desescarche:	<input type="text" value="0,035 kW"/>					
Total:	<input type="text" value="12,58 kW"/>					

Figura 117: Resultado del cuarto para refrigeración - 90 canales de carne - Coolselector

CUARTO DE 162 CANALES - REFRIGERACIÓN – 45360 kg

```
Ingrese calor específico del aire: °[kcal/kg °C] 0.25
Ingrese T a la que entra el aire: °[C] 13
Ingrese T esperada en la camara: °[C] 7
El calor producido por las fluctuaciones de aire [kcal/h]: 1043.546511627907
Ingrese potencia luminaria [W]: 50
Ingrese numero de luminarias: 1
El calor producido por la iluminación es [kcal/h]: 50.0
Ingrese calor por persona en (W) : 50
Ingresenúmero de personas en la cámara : 1
Ingrese tiempo de permanencia en horas/día: 1
El calor liberado por las personas es [W] 58.139534883720934
La carga térmica total es [W]: 22357.386292279076
```

Figura 118: Resultado del cuarto para refrigeración - 162 canales de carne - python

Condiciones de funcionamiento		Evaporación:		Condensación:	
Capacidad requerida:		Temperatura de punto de rocío:	-1,1 °C	Temperatura ambiente:	32,0 °C
Capacidad de refrigeración:	21,51 kW	Recalentamiento útil:	5,3 K	Subenfriamiento:	3,0 K
		Recalentamiento adicional:	0 K	Subenfriamiento adicional:	0 K
		<input type="checkbox"/> Temperatura del gas de retorno:	-2,0 °C		
Cámara de refrigeración:		Distancia de unidad condensadora a evaporador:			
Temperatura:	7,0 °C	<input type="text" value="1,00 m"/>			
Humedad relativa:	80,0 %	No se seleccionará el evaporador. Por favor, contacte con su proveedor habitual de intercambiadores de calor			
Hora de trabajo:	12,0 h				
Detalles de carga:					
Transmisión:	0,581 kW				
Infiltración:	0,168 kW				
Hielo en el evaporador:	0 kW				
Productos total:	20,48 kW				
Productos, enfriamiento:	20,48 kW				
Productos, respiración:	0 kW				
Luz:	0,020 kW				
Personas:	0,019 kW				
Ventiladores:	0,210 kW				
Otros:	0 kW				
Desescarche:	0,035 kW				
Total:	21,51 kW				

Figura 119: Resultado del cuarto para refrigeración - 162 canales de carne - Coolselector

CUARTO DE 180 CANALES - REFRIGERACIÓN – 50400 kg

```
Ingrese calor específico del aire: °[kcal/kg °C] 0.25
Ingrese T a la que entra el aire: °[C] 13
Ingrese T esperada en la camara: °[C] 7
El calor producido por las fluctuaciones de aire [kcal/h]:
1196.0232558139535
Ingrese potencia luminaria [W]: 50
Ingrese numero de luminarias: 1
El calor producido por la iluminación es [kcal/h]:
50.0
Ingrese calor por persona en (W) : 1
Ingresenúmero de personas en la cámara : 1
Ingrese tiempo de permanencia en horas/día: 5
El calor liberado por las personas es [W]
5.813953488372093
La carga térmica total es [W]:
24818.660241279067
```

Figura 120: Resultado del cuarto para refrigeración - 180 canales de carne - python

Condiciones de funcionamiento		Evaporación:		Condensación:		
Capacidad requerida:	23,87 kW	Temperatura de punto de rocío:	-1,1 °C	Temperatura ambiente:	32,0 °C	
Capacidad de refrigeración:		Recalentamiento útil:	5,3 K	Subenfriamiento:	3,0 K	
		Recalentamiento adicional:	0 K	Subenfriamiento adicional:	0 K	
		<input type="checkbox"/> Temperatura del gas de retorno:	-2,0 °C			
Cámara de refrigeración:	Distancia de unidad condensadora a evaporador:					
Temperatura:	7,0 °C	1,00 m				
Humedad relativa:	80,0 %	No se seleccionará el evaporador. Por favor, contacte con su proveedor habitual de intercambiadores de calor				
Hora de trabajo:	12,0 h					
Detalles de carga:						
Transmisión:	0,642 kW					
Infiltración:	0,193 kW					
Hielo en el evaporador:	0 kW					
Productos total:	22,75 kW					
Productos, enfriamiento:	22,75 kW					
Productos, respiración:	0 kW					
Luz:	0,020 kW					
Personas:	0,019 kW					
Ventiladores:	0,210 kW					
Otros:	0 kW					
Desescarche:	0,035 kW					
Total:	23,87 kW					

Figura 121: Resultado del cuarto para refrigeración - 180 canales de carne - Coolselector

La carga térmica total para retirar obtenida por el programa COOLSELECTOR con los mismos parámetros ingresados al programa desarrollado, que son los requeridos por el proyecto arroja los siguientes resultados.

				[m]			[m] ³	[W]	[W]		[Btu/hr]
CAMARA	cdad	canales	Ctdad [Kg]	Longitud	Ancho	Altura	Volumen	Python	CoolSelector	F.S.	Carga térmica
1	x3	55	15400	8,8	6,2	3,5	190,96	8072,5	7586,5	1,06	27527,23
2	x1	74	20720	12	6,2	3,5	260,40	2237,31	2200	1,02	7629,23
3	x1	-	2340	5	8,55	3,5	149,63	2695,85	2366	1,14	9192,85
4	x1	-	2340	6	8,55	3,5	179,55	4727,87	4129,5	1,14	16122,04
5	x1	-	5000	10	12,63	3,5	442,05	10807,88	10499,5	1,03	36854,87
6	x1	90	25200	12	7,44	3,5	312,48	12974,68	12575,5	1,03	44243,66
7	x1	162	45360	13,51	10,2	3,5	482,31	22357,77	21510,55	1,04	76240,00
8	x1	180	50400	13,51	11,7	3,5	553,23	24818,68	23870,5	1,04	84631,70

Figura 122: Tabla comparativa entre los resultados obtenidos por el 2do programa de python y el software Coolselector

Lo que significa que el programa desarrollado esta siendo conservador, guardando un F.S respecto al software industrial que varia entre 1.02 y 1.14 De tal forma que satisfaga la demanda requerida y pueda responder a posibles variaciones o escenarios críticos que podrían presentarse. Sin tampoco excederse en una sobre dimensión innecesaria. Sin embargo también arroja bastante confiabilidad en el software desarrollado respecto a los resultados obtenidos.

11. Conclusiones

1. Es fundamental conocer con certeza el comportamiento de los fluidos, debido a que son frecuentemente usados en ingeniería, para este caso en específico en el diseño de una planta de beneficio animal cumplieron un rol muy importante y fue vital su caracterización. Esto repercute a la hora del diseño de las redes de vapor y redes neumáticas, ya que se pueden escoger varias opciones de diseño, sin embargo resulta pertinente diseñar por caídas de presión, cuando la tubería es bastante larga > 100 m, mientras para tuberías que no superen esa distancia, se recomienda hacerlo por velocidad límite. Siempre teniendo en cuenta los rangos sugeridos debidamente para (Vapor saturado y el Aire comprimido).
2. Para cualquier diseño es vital conocer los requerimientos de usuario, pues será en función de estos que se podrá medir la eficiencia del diseño. Para poder determinar las especificaciones técnicas de la caldera se deben conocer las condiciones de operación, tanto en la entrada como en la salida de la caldera. Es esencial conocer el consumo de caudal, como la presión necesaria utilizada para cada uno de los procesos.
3. El plan académico de Ingeniería Mecánica en la Universidad Nacional, resulta bastante satisfactorio ya que provee los fundamentos de ciencia e ingeniería suficientes para hacer un diseño eficiente. Para los desarrollos realizados se utilizaron conceptos de Termodinámica, Mecánica de Fluidos, Transferencia de Calor, Turbo maquinaria y Plantas, todo esto respecto a la linea térmica. También se utilizó conceptos importantes de Diseño de Maquinas, Materiales de Ingeniería y Procesos de Manufactura, finalmente las herramientas computacionales proporcionadas en asignaturas como Métodos Numéricos y Modelación Matemática fueron esenciales para los programas creados en Python utilizados en los cálculos y diseños.
4. Los documentos investigados acerca de la construcción de Plantas de beneficio animal para municipios, son bastantes, por lo que la información recopilada y analizada fue amplia. Fue posible conocer con cierto grado detalle, el proceso de faenado, los equipos y maquinas involucradas. Lo que permite tener un marco grande de conocimiento, lo que permitió realizar diseños óptimos.
5. El cronograma y la metodología propuestos sirvieron de forma precisa para poder revisar, analizar y cumplir los objetivos postulados. Fue posible recopilar, conceptualizar e interpretar la información recogida para implementar una serie de diseños mecánicos óptimos. Se desarrollaron 3 programas en Python; el primero fue para calcular la carga térmica a retirar en las cámaras frigoríficas, el cual fue bastante acertado ya que al compáralo con un Software industrial muy utilizado como el Coolselector, se encontró que el programa desarrollado arrojo Factores de Seguridad de (1.05-1.15). Los otros 2 programas desarrollados respondieron a la necesidad de diseñar, una red de vapor y una red neumática que satisficiera los requerimientos de la planta, los resultados obtenidos se verificaron con el software industrial TLV enormemente utilizado en la industria también, se pudo observar un 99.5 por ciento de similitud con los programas desarrollados.

12. Recomendaciones

1. El uso de la herramienta Python, fue realmente funcional para el proceso, es un software que puede resolver problemas realmente complejos, sin embargo su manejo y funcionamiento es sencillo. Una gran ventaja que ofrece frente a otros programas es ser un software libre y es bastante versátil para interactuar con los programas construidos.
2. Se debe realizar un mantenimiento periódico a la caldera y a toda la red de distribución de vapor, por su parte también deberá hacerse al compresor y a toda la red neumática, puesto que un servicio programado a todos estos equipos ayuda a tener una prolongada vida útil. Además, ayudará a mantener una eficiencia en el transcurso de los años, que haga que la caldera y la red de vapor cumplan con las condiciones de diseño sin ningún problema.
3. Es importante hacer las adecuaciones mecánicas precisas para los requerimientos de la Planta de Chipaque en particular. Respecto a la Bascula usualmente se encuentran basculas individuales en los mataderos, para este se sugiere que se implementen basculas que puedan pesar de 6 -8 reses. En cuanto al izado de la vaca, debido a la pendiente ten inclinada del terreno, será una subida de 8mts poco convencional, por lo que se sugiere utilizar una plataforma de ascenso para la vaca, en lugar de colgarla de una sola pata, para aumentar la seguridad del proceso.
4. Se recomienda tener especial cuidado con la implementación de los aislante térmicos en la red de vapor y en la construcción de todos los cuartos fríos. Primero se debe calcular teóricamente cual debe ser el espesor óptima de dichos aislante, también deberá contemplarse con especial cuidado los materias a usar en el momento de la implementación. De hacerse rigurosamente este proceso, seguramente se verá reflejado en ahorro en costos de producción.
5. Se propone el diseño e implementación de una red de condensados, que aunque no esta presente en la mayoría de mataderos. Se sabe que esta genera un ahorro térmico lo que también se verá reflejado en un ahorro de costos.
6. Una gran recomendación final es tener en cuenta que aunque los cálculos obtenidos fueron detallados, precisos y verificados. Es posible que a la hora de implementarse aumenten, pueden existir escenarios en los que las diferentes empresas encargadas de la implementación directa de los diseños obtenidos, consideren algún otro factor empírico o que la experiencia en ese campo ha demostrado cierta necesidad a tener en cuenta que escape a lo consultado. Se podrán ajustar los cálculos, sin embargo estos son un excelente punto de partida para cualquier implementación mecánica.

13. Bibliografía

Referencias

- [1] LasEmpresas - 2020 - "INGENIERÍA SOLUCIONES Y CONSTRUCCIONES INGESC SAS" Disponible en: <https://www.lasempresas.com.co/bogota/ingenieria-soluciones-y-construcciones-ingesc-sas/>
- [2] DEPARTAMENTO NACIONAL DE PLANEACIÓN SUBDIRECCIÓN TERRITORIAL Y DE INVERSIONES PÚBLICAS - 2016 - Construcción de planta de beneficio animal categoría auto consumo Departamento. Disponible en: <https://proyectosdnp.dnp.gov.co>
- [3] MECÁNICA DE FLUIDOS, FUNDAMENTOS Y APLICACIONES, 4ed - 2018 - YUNUS CENGEL, JOHN CIMBALA
- [4] GUÍA DE REFERENCIA TÉCNICA DE LA DISTRIBUCIÓN DE VAPOR - 2014 - Spirax Sarco Disponible en :<https://www.fmnt.es/documents/10179/10666378/Distribucion+del+vapor.pdf/fca09a6d-70ab-da86-5d9d-f19321638315: :text=El>
- [5] DISEÑO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN DE VAPOR PARA UNA LAVANDERÍA INDUSTRIAL - 2011 - Pedro José Fonseca Maldonado
- [6] Repaso "FUNDAMENTOS DE MECÁNICA DE FLUIDOS 2020 - Aldo Germán Benavides Morán
- [7] Flores Jose Saul (2012) "DISEÑO, CÁLCULO Y EVALUACIÓN ECONÓMICA DE CÁMARA FRIGORÍFICA Universidad del Bío - Bío
- [8] Pinto Jose (2007) .^{EL} CANAL BOVINO, RENDIMIENTO Y CORTES Soberania.org
- [9] Distribuidora de equipos para mataderos industriales KENTMASTER, disponible en: <https://www.kentmaster.com/product.asp?CatID=1CtgID=12PrdID=RB-2>
- [10] ESTUDIO FAO PRODUCCIÓN Y SANIDAD ANIMAL- .Estructura y funcionamiento de mataderos medianos en países en desarrollo "disponible en : <http://www.fao.org/3/T0566S/T0566S00.htmTOC>
- [11] TRANSFERENCIA DE CALOR Y MASA. Fundamentos y aplicaciones 4ed - 2011 - YUNUS CENGEL, AFSHIN J. GHAJARA
- [12] PLANTA DE SACRIFICIO DE GANADO - MATADERO MUNICIPAL, 1992, Guillermo Quiroga Tapias - Vladimir Ortiz Peña (SENA - UNAL)
- [13] Instalaciones de redes neumáticas, disponible en: <https://ingemecanica.com/tutorialesemanal/tutorialln201.html>
- [14] Manual de aire comprimido. Edición 2011. Atlas Copco.
- [15] Curso sobre diseño de instalaciones de transporte neumático. Cátedra de Mecánica de Fluidos, ETSII de Barcelona, Universidad Politécnica de Barcelona, Febrero 1980

14. Anexos

894
TABLAS Y GRÁFICAS

TABLA A-9

Propiedades del aire a 1 atm de presión

Temp. <i>T</i> , °C	Densidad <i>ρ</i> , kg/m ³	Calor específico <i>c_p</i> , J/kg · K	Conductividad térmica <i>k</i> , W/m · K	Difusividad térmica <i>α</i> , m ² /s	Viscosidad dinámica <i>μ</i> , kg/m · s	Viscosidad cinemática <i>ν</i> , m ² /s	Número de Prandtl <i>Pr</i>
-150	2.866	983	0.01171	4.158×10^{-6}	8.636×10^{-6}	3.013×10^{-6}	0.7246
-100	2.038	966	0.01582	8.036×10^{-6}	1.189×10^{-6}	5.837×10^{-6}	0.7263
-50	1.582	999	0.01979	1.252×10^{-5}	1.474×10^{-5}	9.319×10^{-6}	0.7440
-40	1.514	1002	0.02057	1.356×10^{-5}	1.527×10^{-5}	1.008×10^{-5}	0.7436
-30	1.451	1004	0.02134	1.465×10^{-5}	1.579×10^{-5}	1.087×10^{-5}	0.7425
-20	1.394	1005	0.02211	1.578×10^{-5}	1.630×10^{-5}	1.169×10^{-5}	0.7408
-10	1.341	1006	0.02288	1.696×10^{-5}	1.680×10^{-5}	1.252×10^{-5}	0.7387
0	1.292	1006	0.02364	1.818×10^{-5}	1.729×10^{-5}	1.338×10^{-5}	0.7362
5	1.269	1006	0.02401	1.880×10^{-5}	1.754×10^{-5}	1.382×10^{-5}	0.7350
10	1.246	1006	0.02439	1.944×10^{-5}	1.778×10^{-5}	1.426×10^{-5}	0.7336
15	1.225	1007	0.02476	2.009×10^{-5}	1.802×10^{-5}	1.470×10^{-5}	0.7323
20	1.204	1007	0.02514	2.074×10^{-5}	1.825×10^{-5}	1.516×10^{-5}	0.7309
25	1.184	1007	0.02551	2.141×10^{-5}	1.849×10^{-5}	1.562×10^{-5}	0.7296
30	1.164	1007	0.02588	2.208×10^{-5}	1.872×10^{-5}	1.608×10^{-5}	0.7282
35	1.145	1007	0.02625	2.277×10^{-5}	1.895×10^{-5}	1.655×10^{-5}	0.7268
40	1.127	1007	0.02662	2.346×10^{-5}	1.918×10^{-5}	1.702×10^{-5}	0.7255
45	1.109	1007	0.02699	2.416×10^{-5}	1.941×10^{-5}	1.750×10^{-5}	0.7241
50	1.092	1007	0.02735	2.487×10^{-5}	1.963×10^{-5}	1.798×10^{-5}	0.7228
60	1.059	1007	0.02808	2.632×10^{-5}	2.008×10^{-5}	1.896×10^{-5}	0.7202
70	1.028	1007	0.02881	2.780×10^{-5}	2.052×10^{-5}	1.995×10^{-5}	0.7177
80	0.9994	1008	0.02953	2.931×10^{-5}	2.096×10^{-5}	2.097×10^{-5}	0.7154
90	0.9718	1008	0.03024	3.086×10^{-5}	2.139×10^{-5}	2.201×10^{-5}	0.7132
100	0.9458	1009	0.03095	3.243×10^{-5}	2.181×10^{-5}	2.306×10^{-5}	0.7111
120	0.8977	1011	0.03235	3.565×10^{-5}	2.264×10^{-5}	2.522×10^{-5}	0.7073
140	0.8542	1013	0.03374	3.898×10^{-5}	2.345×10^{-5}	2.745×10^{-5}	0.7041
160	0.8148	1016	0.03511	4.241×10^{-5}	2.420×10^{-5}	2.975×10^{-5}	0.7014
180	0.7788	1019	0.03646	4.593×10^{-5}	2.504×10^{-5}	3.212×10^{-5}	0.6992
200	0.7459	1023	0.03779	4.954×10^{-5}	2.577×10^{-5}	3.455×10^{-5}	0.6974
250	0.6746	1033	0.04104	5.890×10^{-5}	2.760×10^{-5}	4.091×10^{-5}	0.6946
300	0.6158	1044	0.04418	6.871×10^{-5}	2.934×10^{-5}	4.765×10^{-5}	0.6935
350	0.5664	1056	0.04721	7.892×10^{-5}	3.101×10^{-5}	5.475×10^{-5}	0.6937
400	0.5243	1069	0.05015	8.951×10^{-5}	3.261×10^{-5}	6.219×10^{-5}	0.6948
450	0.4880	1081	0.05298	1.004×10^{-4}	3.415×10^{-5}	6.997×10^{-5}	0.6965
500	0.4565	1093	0.05572	1.117×10^{-4}	3.563×10^{-5}	7.806×10^{-5}	0.6986
600	0.4042	1115	0.06093	1.352×10^{-4}	3.846×10^{-5}	9.515×10^{-5}	0.7037
700	0.3627	1135	0.06581	1.598×10^{-4}	4.111×10^{-5}	1.133×10^{-4}	0.7092
800	0.3289	1153	0.07037	1.855×10^{-4}	4.362×10^{-5}	1.326×10^{-4}	0.7149
900	0.3008	1169	0.07465	2.122×10^{-4}	4.600×10^{-5}	1.529×10^{-4}	0.7206
1000	0.2772	1184	0.07868	2.398×10^{-4}	4.826×10^{-5}	1.741×10^{-4}	0.7260
1500	0.1990	1234	0.09599	3.908×10^{-4}	5.817×10^{-5}	2.922×10^{-4}	0.7478
2000	0.1553	1264	0.11113	5.664×10^{-4}	6.630×10^{-5}	4.270×10^{-4}	0.7539

Nota: Para gases ideales, c_p , k , μ y Pr son independientes de la presión. Las propiedades ρ , ν y α a una presión P distinta a 1 atm se determinan cuando se multiplican los valores de ρ a la temperatura dada por P (en atm) y cuando se dividen ν y α entre P (en atm).

Fuente: Datos generados a partir del Software EES desarrollado por S. A. Klein y F. L. Alvarado. Fuentes originales: Keenan, Chao, Keyes, Gas Tables, Wiley, 198; and Thermophysical Properties of Matter, Vol. 3; Thermal Conductivity, Y. S. Touloukian, P. E. Liley, S. C. Saxena, Vol. 11; Viscosity, Y. S. Touloukian, S. C. Saxena, y P. Hestermann, IFI/Plenum, NY, 1970, ISBN 0-306067020-8.

Propiedades del agua saturada (líquido-vapor): Tabla de presiones

Presión bar	Temp., °C	Volumen específico m^3 / kg		Energía interna kJ / kg		Entalpía kJ / kg			Entropía kJ / kg K		
		Líquido	Vapor	Líquido	Vapor	Líquido	Vaporiz.	Vapor	Líquido	Vapor	
		sat,	$v_l \times 10^3$	sat,	v_g	sat,	u_l	sat,	h_r	h_g	sat,
0,04	28,96	1,0040	34,800	121,45	2415,2	121,46	2432,9	2554,4	0,4226	8,4746	
0,06	36,16	1,0064	23,739	151,53	2425,0	151,53	2415,9	2567,4	0,5210	8,3304	
0,08	41,51	1,0084	18,103	173,87	2432,2	173,88	2403,1	2577,0	0,5926	8,2287	
0,10	45,81	1,0102	14,674	191,82	2437,9	191,83	2392,8	2584,7	0,6493	8,1502	
0,20	60,06	1,0172	7,649	251,38	2456,7	251,40	2358,3	2609,7	0,8320	7,9085	
0,30	69,10	1,0223	5,229	289,20	2468,4	289,23	2336,1	2625,3	0,9439	7,7686	
0,40	75,87	1,0265	3,993	317,53	2477,0	317,58	2319,2	2636,8	1,0259	7,6700	
0,50	81,33	1,0300	3,240	340,44	2483,9	340,49	2305,4	2645,9	1,0910	7,5939	
0,60	85,94	1,0331	2,732	359,79	2489,6	359,86	2293,6	2653,5	1,1453	7,5320	
0,70	89,95	1,0360	2,365	376,63	2494,5	376,70	2283,3	2660,0	1,1919	7,4797	
0,80	93,50	1,0380	2,087	391,58	2498,8	391,66	2274,1	2665,8	1,2329	7,4346	
0,90	96,71	1,0410	1,869	405,06	2502,6	405,15	2265,7	2670,9	1,2695	7,3949	
1,00	99,63	1,0432	1,694	417,36	2506,1	417,46	2258,0	2675,5	1,3026	7,3594	
1,50	111,4	1,0528	1,159	466,94	2519,7	467,11	2226,5	2693,6	1,4336	7,2233	
2,00	120,2	1,0605	0,8857	504,49	2529,5	504,70	2201,9	2706,7	1,5301	7,1271	
2,50	127,4	1,0672	0,7187	535,10	2537,2	535,37	2181,5	2716,9	1,6072	7,0527	
3,00	133,6	1,0732	0,6058	561,15	2543,6	561,47	2163,8	2725,3	1,6718	6,9919	
3,50	138,9	1,0786	0,5243	583,95	2546,9	584,33	2148,1	2732,4	1,7275	6,9405	
4,00	143,6	1,0836	0,4625	604,31	2553,6	604,74	2133,8	2738,6	1,7766	6,8959	
4,50	147,9	1,0882	0,4140	622,25	2557,6	623,25	2120,7	2743,9	1,8207	6,8565	
5,00	151,9	1,0926	0,3749	639,68	2561,2	640,23	2108,5	2748,7	1,8607	6,8212	
6,00	158,9	1,1006	0,3157	669,90	2567,4	670,56	2086,3	2756,8	1,9312	6,7600	
7,00	165,0	1,1080	0,2729	696,44	2572,5	697,22	2066,3	2763,5	1,9922	6,7080	
8,00	170,4	1,1148	0,2404	720,22	2576,8	721,11	2048,0	2769,1	2,0462	6,6628	
9,00	175,4	1,1212	0,2150	741,83	2580,5	742,83	2031,1	2773,9	2,0946	6,6226	
10,0	179,9	1,1273	0,1944	761,68	2583,6	762,81	2015,3	2778,1	2,1387	6,5863	
15,0	198,3	1,1539	0,1318	843,16	2594,5	844,84	1947,3	2792,2	2,3150	6,4448	
20,0	212,4	1,1767	0,09963	906,44	2600,3	908,79	1890,7	2799,5	2,4474	6,3409	
25,0	224,0	1,1973	0,07998	959,11	2603,1	962,11	1841,0	2803,1	2,5547	6,2575	
30,0	233,9	1,2165	0,066668	1004,8	2604,1	1008,4	1795,7	2804,2	2,6457	6,1869	
35,0	242,6	1,2347	0,05707	1045,4	2603,7	1049,8	1753,7	2803,4	2,7253	6,1253	
40,0	250,4	1,2522	0,04978	1082,3	2602,3	1087,3	1714,1	2801,4	2,7964	6,0701	
45,0	257,5	1,2692	0,04406	1116,0	2600,1	1121,9	1676,4	2798,3	2,8610	6,0199	
50,0	264,0	1,2859	0,03944	1147,8	2597,1	1154,2	1640,1	2794,3	2,9202	5,9734	
60,0	275,6	1,3187	0,03244	1205,4	2589,7	1213,4	1571,0	2784,3	3,0267	5,8892	
70,0	285,9	1,3513	0,02737	1257,6	2580,5	1267,0	1505,1	2772,1	3,1211	5,8133	
80,0	295,1	1,3842	0,02352	1305,6	2569,8	1316,6	1441,3	2758,0	3,2068	5,7432	
90,0	303,4	1,4178	0,02048	1350,5	2557,8	1363,3	1378,9	2742,1	3,2858	5,6772	
100	311,1	1,4524	0,01803	1393,0	2544,4	1407,6	1317,1	2724,7	3,3596	5,6141	
110	318,2	1,4886	0,01599	1433,7	2529,8	1450,1	1255,5	2705,6	3,4295	5,5527	
120	324,8	1,5267	0,01426	1473,0	2513,7	1491,3	1193,6	2684,9	3,4962	5,4924	
130	330,9	1,5671	0,01278	1511,1	2496,1	1531,5	1130,7	2662,2	3,5606	5,4323	
140	336,8	1,6107	0,01149	1548,6	2476,8	1571,1	1066,5	2637,6	3,6232	5,3717	
150	342,2	1,6581	0,01034	1585,6	2455,5	1610,5	1000,0	2610,5	3,6848	5,3098	
160	347,4	1,7107	0,009306	1622,7	2431,7	1650,1	930,6	2580,6	3,7461	5,2455	
170	352,4	1,7702	0,008364	1660,2	2405,0	1690,3	856,9	2547,2	3,8079	5,1777	
180	357,1	1,8397	0,007489	1698,9	2374,3	1732,0	777,1	2509,1	3,8715	5,1044	
190	361,5	1,9243	0,006657	1739,9	2338,1	1776,5	688,0	2464,5	3,9388	5,0228	
200	365,8	2,036	0,005834	1785,6	2293,0	1826,3	583,4	2409,7	4,0139	4,9269	
220,9	374,1	3,155	0,003155	2029,6	2029,6	2099,3	0	2099,3	4,4298	4,4298	

Figura 124: Propiedades del agua saturada (Líquido-Vapor) - Presiones

TABLA A-9

Propiedades del agua saturada

Temp., °C	P_{sat} , kPa	Presión de saturación, ρ kg/m ³		Densidad, vaporizació- n, h_{fg} kJ/kg		Entalpía de vaporiza- ción, c_p , J/kg · K		Calor específico, c_p , J/kg · K		Conductividad térmica, k W/m · K		Viscosidad dinámica, μ kg/m · s		Número de Prandtl, Pr		Coeficiente de expansión volumétrica, β 1/K	
		Líquido	Vapor	Líquido	Vapor	Líquido	Vapor	Líquido	Vapor	Líquido	Vapor	Líquido	Vapor	Líquido	Vapor	Líquido	Vapor
0.01	0.6113	999.8	0.0048	2 501	4 217	1 854	0.561	0.0171	1.792×10^{-3}	0.922×10^{-5}	13.5	1.00	-0.068×10^{-3}				
5	0.8721	999.9	0.0068	2 490	4 205	1 857	0.571	0.0173	1.519×10^{-3}	0.934×10^{-5}	11.2	1.00	0.015×10^{-3}				
10	1.2276	999.7	0.0094	2 478	4 194	1 862	0.580	0.0176	1.307×10^{-3}	0.946×10^{-5}	9.45	1.00	0.733×10^{-3}				
15	1.7051	999.1	0.0128	2 466	4 185	1 863	0.589	0.0179	1.138×10^{-3}	0.959×10^{-5}	8.09	1.00	0.138×10^{-3}				
20	2.339	998.0	0.0173	2 454	4 182	1 867	0.598	0.0182	1.002×10^{-3}	0.973×10^{-5}	7.01	1.00	0.195×10^{-3}				
25	3.169	997.0	0.0231	2 442	4 180	1 870	0.607	0.0186	0.891×10^{-3}	0.987×10^{-5}	6.14	1.00	0.247×10^{-3}				
30	4.246	996.0	0.0304	2 431	4 178	1 875	0.615	0.0189	0.798×10^{-3}	1.001×10^{-5}	5.42	1.00	0.294×10^{-3}				
35	5.628	994.0	0.0397	2 419	4 178	1 880	0.623	0.0192	0.720×10^{-3}	1.016×10^{-5}	4.83	1.00	0.337×10^{-3}				
40	7.384	992.1	0.0512	2 407	4 179	1 885	0.631	0.0196	0.653×10^{-3}	1.031×10^{-5}	4.32	1.00	0.377×10^{-3}				
45	9.593	990.1	0.0655	2 395	4 180	1 892	0.637	0.0200	0.596×10^{-3}	1.046×10^{-5}	3.91	1.00	0.415×10^{-3}				
50	12.35	988.1	0.0831	2 383	4 181	1 900	0.644	0.0204	0.547×10^{-3}	1.062×10^{-5}	3.55	1.00	0.451×10^{-3}				
55	15.76	985.2	0.1045	2 371	4 183	1 908	0.649	0.0208	0.504×10^{-3}	1.077×10^{-5}	3.25	1.00	0.484×10^{-3}				
60	19.94	983.3	0.1304	2 359	4 185	1 916	0.654	0.0212	0.467×10^{-3}	1.093×10^{-5}	2.99	1.00	0.517×10^{-3}				
65	25.03	980.4	0.1614	2 346	4 187	1 926	0.659	0.0216	0.433×10^{-3}	1.110×10^{-5}	2.75	1.00	0.548×10^{-3}				
70	31.19	977.5	0.1983	2 334	4 190	1 936	0.663	0.0221	0.404×10^{-3}	1.126×10^{-5}	2.55	1.00	0.578×10^{-3}				
75	38.58	974.7	0.2421	2 321	4 193	1 948	0.667	0.0225	0.378×10^{-3}	1.142×10^{-5}	2.38	1.00	0.607×10^{-3}				
80	47.39	971.8	0.2935	2 309	4 197	1 962	0.670	0.0230	0.355×10^{-3}	1.159×10^{-5}	2.22	1.00	0.653×10^{-3}				
85	57.83	968.1	0.3536	2 296	4 201	1 977	0.673	0.0235	0.333×10^{-3}	1.176×10^{-5}	2.08	1.00	0.670×10^{-3}				
90	70.14	965.3	0.4235	2 283	4 206	1 993	0.675	0.0240	0.315×10^{-3}	1.193×10^{-5}	1.96	1.00	0.702×10^{-3}				
95	84.55	961.5	0.5045	2 270	4 212	2 010	0.677	0.0246	0.297×10^{-3}	1.210×10^{-5}	1.85	1.00	0.716×10^{-3}				
100	101.33	957.9	0.5978	2 257	4 217	2 029	0.679	0.0251	0.282×10^{-3}	1.227×10^{-5}	1.75	1.00	0.750×10^{-3}				
110	143.27	950.6	0.8263	2 230	4 229	2 071	0.682	0.0262	0.255×10^{-3}	1.261×10^{-5}	1.58	1.00	0.798×10^{-3}				
120	198.53	943.4	1.121	2 203	4 244	2 120	0.683	0.0275	0.232×10^{-3}	1.296×10^{-5}	1.44	1.00	0.858×10^{-3}				
130	270.1	934.6	1.496	2 174	4 263	2 177	0.684	0.0288	0.213×10^{-3}	1.330×10^{-5}	1.33	1.01	0.913×10^{-3}				
140	361.3	921.7	1.965	2 145	4 286	2 244	0.683	0.0301	0.197×10^{-3}	1.365×10^{-5}	1.24	1.02	0.970×10^{-3}				
150	475.8	916.6	2.546	2 114	4 311	2 314	0.682	0.0316	0.183×10^{-3}	1.399×10^{-5}	1.16	1.02	1.025×10^{-3}				
160	617.8	907.4	3.256	2 083	4 340	2 420	0.680	0.0331	0.170×10^{-3}	1.434×10^{-5}	1.09	1.05	1.145×10^{-3}				
170	791.7	897.7	4.119	2 050	4 370	2 490	0.677	0.0347	0.160×10^{-3}	1.468×10^{-5}	1.03	1.05	1.178×10^{-3}				
180	1 002.1	887.3	5.153	2 015	4 410	2 590	0.673	0.0364	0.150×10^{-3}	1.502×10^{-5}	0.983	1.07	1.210×10^{-3}				
190	1 254.4	876.4	6.388	1 979	4 460	2 710	0.669	0.0382	0.142×10^{-3}	1.537×10^{-5}	0.947	1.09	1.280×10^{-3}				
200	1 553.8	864.3	7.852	1 941	4 500	2 840	0.663	0.0401	0.134×10^{-3}	1.571×10^{-5}	0.910	1.11	1.350×10^{-3}				
220	2 318	840.3	11.60	1 859	4 610	3 110	0.650	0.0442	0.122×10^{-3}	1.641×10^{-5}	0.865	1.15	1.520×10^{-3}				
240	3 344	813.7	16.73	1 767	4 760	3 520	0.632	0.0487	0.111×10^{-3}	1.712×10^{-5}	0.836	1.24	1.720×10^{-3}				
260	4 688	783.7	23.69	1 663	4 970	4 070	0.609	0.0540	0.102×10^{-3}	1.788×10^{-5}	0.832	1.35	2.000×10^{-3}				
280	6 412	750.8	33.15	1 544	5 280	4 835	0.581	0.0605	0.094×10^{-3}	1.870×10^{-5}	0.854	1.49	2.380×10^{-3}				
300	8 581	713.8	46.15	1 405	5 750	5 980	0.548	0.0695	0.086×10^{-3}	1.965×10^{-5}	0.902	1.69	2.950×10^{-3}				
320	11 274	667.1	64.57	1 239	6 540	7 900	0.509	0.0836	0.078×10^{-3}	2.084×10^{-5}	1.00	1.97	—				
340	14 586	610.5	92.62	1 028	8 240	11 870	0.469	0.110	0.070×10^{-3}	2.255×10^{-5}	1.23	2.43	—				
360	18 651	528.3	144.0	720	14 690	25 800	0.427	0.178	0.060×10^{-3}	2.571×10^{-5}	2.06	3.73	—				
374.14	22 090	317.0	317.0	0	—	—	—	—	0.043×10^{-3}	4.313×10^{-5}	—	—	—				

Nota 1: La viscosidad cinemática ν y la difusividad térmica α se pueden calcular a partir de sus definiciones, $\nu = \mu/\rho$ y $\alpha = k/\rho c_p = v/\Pr$. Las temperaturas de 0.01°C, 100°C y 374.14°C son las temperaturas de los puntos triple, de ebullición y crítico del agua, respectivamente. Las propiedades cuya lista se da arriba (excepto la densidad del vapor) se pueden usar a cualquier presión con error despreciable, excepto a temperaturas cercanas al valor del punto crítico.

Nota 2: La unidad $\text{kJ/kg} \cdot ^\circ\text{C}$, para el calor específico, es equivalente a $\text{kJ/kg} \cdot \text{K}$ y la unidad $\text{W/m} \cdot ^\circ\text{C}$, para la conductividad térmica es equivalente a $\text{W/m} \cdot \text{K}$.

Fuente: Los datos de la viscosidad y la conductividad térmica se tomaron de J. V. Sengers y J. T. R. Watson, *Journal of Physical and Chemical Reference Data* 15 (1986), pp. 1291-1322. Los otros datos se obtuvieron de diversas fuentes o se calcularon.

CANTIDAD EQUIVALENTE DE PIES DE TUBERÍA RECTA PARA ACCESORIOS DIFERENTES

Tamaño de los accesorios, pulgadas	$\frac{1}{2}''$	$\frac{3}{4}''$	1"	$1\frac{1}{4}''$	$1\frac{1}{2}''$	2"	$2\frac{1}{2}''$	3"	4"	5"	6"	8"	10"
Codo en L de 90°	1.5	2.0	2.7	3.5	4.3	5.5	6.5	8.0	10.0	14.0	15	20	25
Codo en L de 45°	0.8	1.0	1.3	1.7	2.0	2.5	3.0	3.8	5.0	6.3	7.1	9.4	12
Codo en L abierto	1.0	1.4	1.7	2.3	2.7	3.5	4.2	5.2	7.0	9.0	11.0	14.0	
Curva en U estrecha	3.6	5.0	6.0	8.3	10.0	13.0	15.0	18.0	24.0	31.0	37.0	39.0	
Perfil T de paso recto	1	2	2	3	3	4	5						
Perfil T - entrada o salida lateral o adaptador sin depresión	3.3	4.5	5.7	7.6	9.0	12.0	14.0	17.0	22.0	27.0	31.0	40.0	
Válvula de bola o de globo abierta	17.0	22.0	27.0	36.0	43.0	55.0	67.0	82.0	110.0	140.0	160.0	220.0	
Válvula angular abierta	8.4	12.0	15.0	18.0	22.0	28.0	33.0	42.0	58.0	70.0	83.0	110.0	
Válvula de compuerta - completamente abierta	0.4	0.5	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4	1.7	2.3	2.9	3.5	4.5	
Válvula de retención (a bisagra)	4	5	7	9	11	13	16	20	26	33	39	52	65
Válvula de retención en línea (a resorte) o válvula de aspiración	4	6	8	12	14	19	23	32	43	58			

Ejemplo:

(A) 100 pies de tubería de plástico de 2 pulg. con un (1) codo de 90° y una (1) válvula de retención a bisagra.

Codo de 90° - equivalente a 5.5 pies de tubería recta

Válvula de retención a bisagra - equivalente a 13.0 pies de tubería recta

100 pies de tubería - equivalente a 100 pies de tubería recta

$$118.5 \text{ pies} = \text{Tubería equivalente total}$$

Calcule la pérdida por fricción para 118.5 pies de tubería.

(B) Asuma que el flujo es de 80 GPM a través de una tubería de plástico de 2 pulg.

1. La tabla de pérdida por fricción indica una pérdida de 11.43 pies por cada 100 pies de tubería.

2. En el paso (A) anterior determinamos que el total de pies de tubería era de 118.5 pies.

3. Convierta los 118.5 pies a porcentaje $118.5 + 100 = 1.185$

4. Multiplique 11.43

$$\times 1.185$$

13.54455 ó 13.5 pies = Pérdida total por fricción en este sistema.

Figura 126: Perdidas de presión en tuberías por accesorios.

Material	Coeficiente de Manning n	Coef. Hazen-Williams C _H	Coef. Rugosidad Absoluta ε (mm)
Asbesto cemento	0.011	140	0.0015
Latón	0.011	135	0.0015
Tabique	0.015	100	0.6
Fierro fundido (nuevo)	0.012	130	0.26
Concreto (cimbra metálica)	0.011	140	0.18
Concreto (cimbra madera)	0.015	120	0.6
Concreto simple	0.013	135	0.36
Cobre	0.011	135	0.0015
Acero corrugado	0.022	--	45
Acero galvanizado	0.016	120	0.15
Acero (esmaltado)	0.010	148	0.0048
Acero (nuevo, sin recubrim.)	0.011	145	0.045
Acero (remachado)	0.019	110	0.9
Plomo	0.011	135	0.0015
Plástico (PVC)	0.009	150	0.0015
Madera (duelas)	0.012	120	0.18
Vidrio (laboratorio)	0.011	140	0.0015

(Fuente: Computer Applications in Hydraulic Engineering, 5th Edition, Haestad Methods)

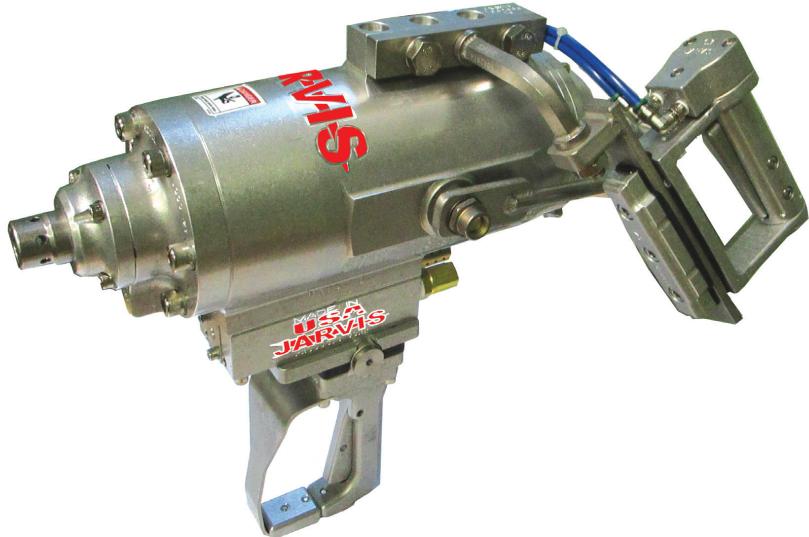
Valores Típicos de Coeficientes de Rugosidad

Tipo de tubería	Rugosidad absoluta k (mm)	Tipo de tubería	Rugosidad absoluta k (mm)
Vidrio, plástico	0.00	Hierro fundido	0.26
Concreto	0.9	Hierro forjado	0.46
Duela de madera	0.5	Hierro galvanizado	0.15
Caucho aislado	0.01	Acero inoxidable	0.002
Tubo de cobre o latón	0.0015	Acero comercial	0.045

Figura 127: Coeficiente de fricción de varios materiales de tuberías.

PNEUMATIC STUNNER

Model USSS-21



The Jarvis Model USSS-21 - pneumatically operated high speed captive bolt stunner for cattle.

- Renders stunned animal insensible to pain with one shot humane, more consistent stunning procedure, due to improved and faster pressurization.
- Newly designed, lighter weight oblong shaped stunning rod for easier skull penetration, and 15 to 20 % faster bolt speed.
- More efficient, uses 25% less air with no performance loss.
- Improved ergonomic handle design for less operator fatigue, and controlling possible injuries.
- Redesigned auxiliary handle that rotates to operator's preference.
- Easy to handle, repair, maintain and clean.
- Two different firing sequences - less chance of activating stunner accidentally.

U.S. Patent Nos. 6,135,871; 9,661,859; 9,743,678; 9,687,003; 9,854,815, 9,854,816; 9,750,263

JARVIS®

HUMANE - SAFE - EFFICIENT

Figura 128: PNEUMATIC STUNNER Model USSS-21

PNEUMATIC STUNNER

Model USSS-21

Specifications

Drive	Pneumatic	
Model USSS-21		
Operating Pressure (normal)	175 - 240 psi	12.1 - 16.6 bar
maximum Operating Pressure	250 psi	17.2 bar
Air Consumption (per cycle) @ 175 psi (12.1 bar)	0.63 - 0.83 ft ³	17.8 -23.5 L
Shaft Diameter	0.75 x 0.52 in	19 x 13.2 mm
Shaft Velocity @ 175 psi (12.1 bar)	130 ft / sec	39.6 m/sec
Control Handles		
Dual Triggers		Pneumatic
Overall Dimensions (l x w x h)	19 x 9.0 x 17.5 in	482 x 229 x 445 mm
Weight (knocker box side handles)	36.5 lbs	16.6 kg
Weight (knocker box rear handles)	38.5 lbs	17.5 kg
Weight (restrainer rear handles)	37 lbs	16.8 kg

Equipment Selection and Accessories	Order Number	
Model USSS-21		
Rear handle for "V" or center track restrainer		4044132
Rear handle for use in knocker box		4044133
Side handle for use in knocker box		4044134
Air Compressor	5 hp	10 hp
	460 V / 60 Hz	4061361
	380 V / 50 Hz	4061362
	575 V / 60 Hz	4061363
	380 V / 60 Hz	4061364
	415 V / 50 Hz	4061378
	230 V / 60 Hz	4061376
	220 V / 50 Hz	4061377
Model AST-107 Pneumatic Stunner Tester (includes test stand and control box)		
	115 V, 60 Hz	4016015
	230 V, 50 / 60 Hz	4016016
Air Filter-Regulator-Lubricator (64 oz / 1.9 L Capacity)		
Model MSPR-1 Three-Way Pressure Setting Air Regulator, with Filter and Lubricator		
	115 V	3063703
	230 V	3063704
Air Hose Assembly (coiled, 25 ft/ 7.6 m)		
Balancer		3059045
		4042035

JARVIS®

Products for the meat and poultry industry

134

Jarvis Products Corporation · 33 Anderson Road · Middletown, CT 06457-4926 · United States of America
Telephone (860) 347-7271 · Fax (860) 347-9905 · president4@hotmail.com · www.jarvisproducts.com

28/5/2021

Kentmaster - Carcass Cutting Tools

English | Español |

INICIO (Index.asp) **PRODUCTOS** (Locations.asp) **UBICACIONES** (Locations.asp) **INFORMACION** (Literature.asp) **EMPRESA** (Company.asp) **LOCALIZE** (Search.asp)

KENTMASTER

TELÉFONO: 1 (626) 359-8888
FAX: 1 (626) 303-5151

 Corte de Patas Traseras

AL  R  D 
NO. DE PARTE: 6002000



 Active el Video

Videos

Corta Patas Pneumática para Res

 Reloj
(<http://www.youtube.com/embed/HEj0hJGimcg>)

<https://www.kentmaster.com/product.asp?CatID=1&CtgID=90&PrdID=AL>

1/3

Corta Patas Pneumática para Res

- Diseñada especialmente para plantas de mediana producción.
- La hoja de corte de 10" (254 mm) corta las patas más duras con facilidad.
- La apertura de la hoja de corte permite centrar la hoja y observar el corte.
- La protección de la hoja de corte también protege al operador.
- Diseño compacto para mayor movilidad y fácil esterilización.
- 2 gatillos para protección del operador.

 RESES

-  Pasillo de Acceso
-  Restricción Caja
-  Aturdido
-  Desangrado
-  Estimulación
-  Limpieza
-  Sellado de Esófago
-  Corte de Cuerno
-  Corte de Patas Delanteras

 Corte de Patas Traseras

- Corta Patas Hidráulica **HC-III**
(product.asp?
CatID=1&CtgID=90&PrdID=HC-III)
- Corta patas y Cuernos Hidráulica **HC-7**
(product.asp?
CatID=1&CtgID=90&PrdID=HC-7)
- Corta Patas Pneumática para Res **AL**
(product.asp?
CatID=1&CtgID=90&PrdID=AL)

 Descuerado

 Lavado de Carcasa

[English](#) |
 [Español](#) |
 [\(Index.asp\)](#)
[INICIO](#)
[PRODUCTOS](#)
[UBICACIONES](#)
[INFORMACION](#)
[EMPRESA](#)
[LOCALIZE](#)
[\(Locations.asp\)](#)
[\(Literature.asp\)](#)
[\(Company.asp\)](#)
[\(Search.asp\)](#)

TELÉFONO: 1 (626) 359-8888
FAX: 1 (626) 303-5151

KENTMASTER

Corte de Cuerno

HC-7

NO. DE PARTE: 6640000

RESES

- Pasillo de Acceso**
- Restricción Caja**
- Aturdido**
- Desangrado**
- Estimulación**
- Limpieza**
- Sellado de Esófago**

Corte de Cuerno

Descornadora, Pneumática AD
(product.asp?)
CatID=1&CtgID=75&PrdID=AD)
Corta patas y Cuernos Hidráulica HC-7
(product.asp?)
CatID=1&CtgID=75&PrdID=HC-7)
Corta Cuernos Hidráulica HCC-II
(product.asp?)
CatID=1&CtgID=75&PrdID=HCC-II)
Corta Cuernos Hidráulica HC-I
(product.asp?)
CatID=1&CtgID=75&PrdID=HC-I)
Corta Cuernos Hidráulica HC-II
(product.asp?)
CatID=1&CtgID=75&PrdID=HC-II)

Especificaciones Técnicas

Activación:	Hidráulica
Duración del Ciclo de Corte:	2.5 segundos
Peso:	24.5 kg (54 Lbs)
Apertura de la Hoja:	5" (127 mm)
Presión del Aire:	90 psi (6 bar)
Gatillo(s) de Control - Tipo:	Dos Gatillos / Pneu Anti-Amarre Opcional

<https://www.kentmaster.com/product.asp?CatID=1&CtgID=75&PrdID=HC-7>

1/3

Figura 131: Carcass Cutting Tools *Cuero2*

28/5/2021

Kentmaster - Carcass Cutting Tools

English | Español |

INICIO (Index.asp) **PRODUCTOS** (Locations.asp) **UBICACIONES** (Locations.asp) **INFORMACION** (Literature.asp) **EMPRESA** (Company.asp) **LOCALIZE** (Search.asp)

KENTMASTER

TELÉFONO: 1 (626) 359-8888
FAX: 1 (626) 303-5151

 **Soltar el Lomo - Cuartear**

BM-V-LD 

NO. DE PARTE: 1708070



Active el Video

Sierra de Cinta Horizontal Para Soltar el Lomo, Eléctrica

- Potente y rápida. Diseñada para soltar el lomo en plantas de alta producción.
 - Incluye sistema de esterilización interconstruido para operar higiénicamente y eliminar acumulación de partículas de carne y hueso.
 - Con 2 arrancadores para protección del operador.
 - Requiere balanceador para facilidad de manejo y precisión durante el corte.
-
- Diámetro rueda delantera: 8.5" (216 mm)
 - Diámetro rueda trasera: 12" (305 mm)
 - De la Barra a la Hoja: 10" (255 mm)

Videos

Sierra de Cinta Horizontal Para Soltar el Lomo, Eléctrica

Reloj

(<http://www.youtube.com/embed/gZJLkw1m0co>)

Especificaciones Técnicas

Activación:

Eléctrica

<https://www.kentmaster.com/product.asp?CatID=1&CtgID=190&PrdID=BM-V-LD>

1/3

 **RESES**

-  **Pasillo de Acceso**
-  **Restricción Caja**
-  **Aturdido**
-  **Desangrado**
-  **Estimulación**
-  **Limpieza**
-  **Sellado de Esófago**
-  **Corte de Cuerno**
-  **Corte de Patas Delanteras**
-  **Corte de Patas Traseras**
-  **Descuerado**
-  **Lavado de Carcasa**
-  **Corte de Pecho**
-  **Rajado de Carcasa**
-  **Corte de Cabeza**
-  **Remover la Lengua**
-  **Proceso de Cabeza**
-  **Eliminación de Columna Dorsal**

Figura 132: Carcass Cutting Tools *Lomo*

28/5/2021

Kentmaster - Carcass Cutting Tools

English | Español |

INICIO (Index.asp) **PRODUCTOS** (Locations.asp) **UBICACIONES** (Locations.asp) **INFORMACION** (Literature.asp) **EMPRESA** (Company.asp) **LOCALIZE** (Search.asp)

KENTMASTER

TELÉFONO: 1 (626) 359-8888
FAX: 1 (626) 303-5151

Rajado de Carcasa

BM-V-SDB   

NO. DE PARTE: 1730000



Sierra de Cinta para Rajar Res y Cerdo - Eléctrica

- La rueda delantera pequeña permite insertarla entre patas traseras cortas. Potente y rápida. Diseñada para rajar hasta 600 carcasas de cerdo por hora.
 - Motor de 2 H.P. (de 3 H.P. Opcional) Con potencia para aguantar en plantas de proceso continuo.
 - Cumple perfectamente los requerimientos mas estrictos de seguridad e higiene.
 - Incluye sistema de esterilización interconstruido con agua caliente para operar higiénicamente.
-
- Diámetro rueda delantera: 7" (178 mm)
 - Diámetro rueda trasera: 12" (305 mm)
 - De la Barra a la Hoja: 9" (229 mm)

Videos

Instalacion de Sierra de Cinta

Reloj
(<http://www.youtube.com/embed/Pz1ffP571V8>)

Especificaciones Técnicas

<https://www.kentmaster.com/product.asp?CatID=1&CtgID=130&PrdID=BM-V-SDB>

1/3

RESES

 Pasillo de Acceso

 Restricción Caja

 Aturdido

 Desangrado

 Estimulación

 Limpieza

 Sellado de Esófago

 Corte de Cuerno

 Corte de Patas Delanteras

 Corte de Patas Traseras

 Descuerado

 Lavado de Carcasa

 Corte de Pecho

 Rajado de Carcasa

Sierra de Cinta para Rajar Res y Cerdo -

Eléctrica **BM-V-SDB** (product.asp?

CatID=1&CtgID=130&PrdID=BM-V-SDB)

Sierra de Cinta para Rajar Res y Cerdo -

Eléctrica **BM-V-SD** (product.asp?

CatID=1&CtgID=130&PrdID=BM-V-SD)

Figura 133: Carcass Cutting Tools *Rajado de Carcasa*

[English](#) | [Español](#) |
 [INICIO](#) 
[PRODUCTOS](#) 
[UBICACIONES](#) 
[INFORMACION](#) 
[EMPRESA](#) 
[LOCALIZE](#) 

KENTMASTER

TELÉFONO: 1 (626) 359-8888
 FAX: 1 (626) 303-5151

Remover la Lengua

M-2   

NO. DE PARTE: 6602000



Tijera Hidráulica Para Hueso de Lengua

- Construcción recia para alta producción.
- Compacta. Facilita las actividades del operador.
- Corta los huesitos de la lengua sin dejar astillas.
- Construcción de acero inox. y materiales no corrosivos para facilitar su esterilización y limpieza.

Especificaciones Técnicas

Activación:	Hidráulica
Peso:	3.6 kg (8 Lbs)
Apertura de la Hoja:	1.5" (38 mm)
Presión del Aire:	90 psi (6 bar)

RESES

-  Pasillo de Acceso
-  Restricción Caja
-  Aturdido
-  Desangrado
-  Estimulación
-  Limpieza
-  Sellado de Esófago
-  Corte de Cuerno
-  Corte de Patas Delanteras
-  Corte de Patas Traseras
-  Descuerado
-  Lavado de Carcasa
-  Corte de Pecho
-  Rajado de Carcasa
-  Corte de Cabeza
-  Remover la Lengua

Tijera Hidráulica Para Hueso de Lengua
M-2 (product.asp?
 CatID=1&CtgID=155&PrdID=M-2)

<https://www.kentmaster.com/product.asp?CatID=1&CtgID=155&PrdID=M-2>

1/3

Figura 134: Carcass Cutting Tools *removerLengua*.

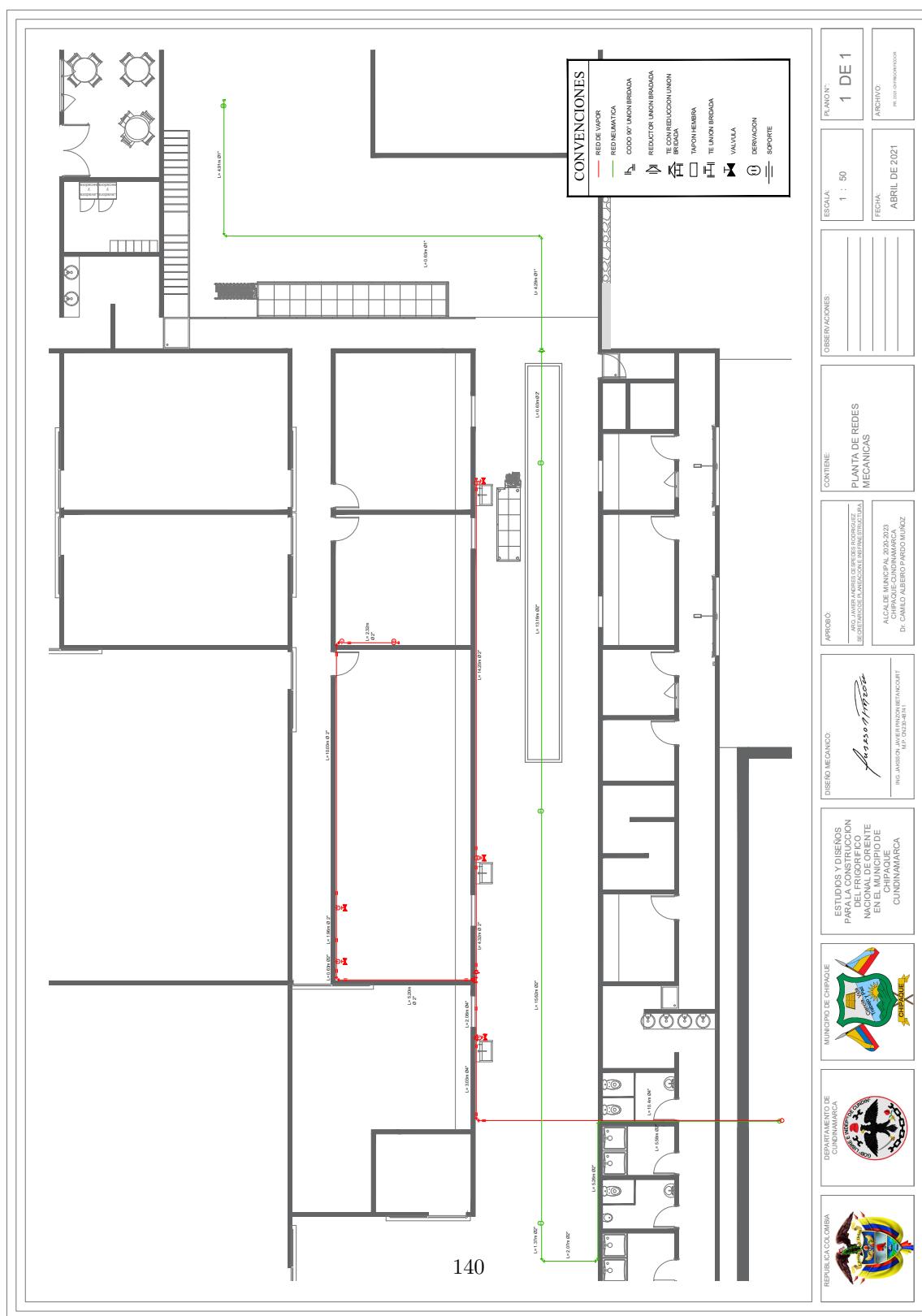


Figura 135: Planos arquitectónicos PROYECTO FRIGORÍFICO REGIONAL DE CHIPAQUE - REDES VAPOR Y NEUMÁTICAS