

Escuela Superior Politécnica del Litoral

Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción

Diseño de una planta para el faenamiento de chivos en la comuna Aguas
Piedras

INGE 2656

Proyecto Integrador

Previo la obtención del Título de:

Ingeniero en Alimentos

Presentado por:

John Alfredo Aguilar Santana

Cesia Ivonne Zambrano Ronquillo

Guayaquil - Ecuador

Año: 2024

Dedicatoria

El presente proyecto lo dedico a mis padres John Aguilar y Cecilia Santana, hermanos Diego Aguilar y Nicolas Aguilar, quienes me han brindado su amor y apoyo durante todos estos años de formación profesional.

A mi abuelita, quien con sus anécdotas y enseñanzas me guiaron y me formaron para ser mejor cada día, permitiéndome no desistir por más difícil que sea la situación que se me presente.

John Aguilar

A la hermosa familia que me regaló Dios, Felipe Zambrano, Maribel Ronquillo, Henry Zambrano, Sandy Zambrano, Cinthia Calero y Emma Zambrano, quienes me apoyaron constantemente y siempre creyeron en mí.

A mis amigos y compañeros que me motivaron y acompañaron durante este proceso académico.

Cesia Zambrano

Agradecimientos

A mis compañeras de carrera Cesia Zambrano y Clara Reyes quienes me brindaron su amistad, su ayuda y apoyo, siendo fundamental para mi crecimiento como persona.

Mi más sincero agradecimiento al PhD Sócrates Palacios, quien contribuyo con sus conocimientos para guiarnos de la mejor manera posible en el desarrollo de este proyecto

John Aguilar

Agradezco a Dios por la oportunidad que me ha dado. A mi familia, por su amor incondicional. A mis amigos y compañeros por su ayuda y amistad brindada. A mi compañero de proyecto, John Aguilar, por su dedicación y esfuerzo a lo largo de todo este proceso.

Agradezco profundamente al PhD Sócrates Palacios, por su disposición a ofrecer su ayuda, lo que ha sido fundamental en el desarrollo de este trabajo. A MSc. Denisse Yagual, por su apoyo y orientación durante este proceso académico.

Cesia Zambrano

Declaración Expresa

Nosotros John Alfredo Aguilar Santana y Cesia Ivonne Zambrano Ronquillo acordamos y reconocemos que:

La titularidad de los derechos patrimoniales de autor (derechos de autor) del proyecto de graduación corresponderá al autor o autores, sin perjuicio de lo cual la ESPOL recibe en este acto una licencia gratuita de plazo indefinido para el uso no comercial y comercial de la obra con facultad de sublicenciar, incluyendo la autorización para su divulgación, así como para la creación y uso de obras derivadas. En el caso de usos comerciales se respetará el porcentaje de participación en beneficios que corresponda a favor del autor o autores.

La titularidad total y exclusiva sobre los derechos patrimoniales de patente de invención, modelo de utilidad, diseño industrial, secreto industrial, software o información no divulgada que corresponda o pueda corresponder respecto de cualquier investigación, desarrollo tecnológico o invención realizada por nosotros durante el desarrollo del proyecto de graduación, pertenecerán de forma total, exclusiva e indivisible a la ESPOL, sin perjuicio del porcentaje que nos corresponda de los beneficios económicos que la ESPOL reciba por la explotación de nuestra innovación, de ser el caso.

En los casos donde la Oficina de Transferencia de Resultados de Investigación (OTRI) de la ESPOL comunique a los autores que existe una innovación potencialmente patentable sobre los resultados del proyecto de graduación, no se realizará publicación o divulgación alguna, sin la autorización expresa y previa de la ESPOL.

Guayaquil, 14 de octubre del 2024.



John Alfredo

Aguilar Santana



Cesia Ivonne

Zambrano Ronquillo

Evaluadores

MSc. Andrea Desire Ortega Suasnavas

Profesor de Materia Integradora

MSc. Denisse Yuliana Yagual Ormaza

Tutor de proyecto

Resumen

Los chivos son animales de alta capacidad adaptativa, lo que ha contribuido al aumento de la población mundial de cabezas caprinas. Por otro lado, el consumo de productos cárnicos puede implicar riesgos para la salud, debido a las posibles contaminaciones durante el faenamiento. Por ello, es imprescindible que el diseño de una planta de faenamiento asegure el cumplimiento de normas de higiene y manipulación. Inicialmente, se realizó el diagrama de proceso, diagrama de recorrido sencillo y diagrama de flujo de ingeniería de proceso. La distribución de la planta se obtuvo mediante las relaciones entre las áreas y necesidades de espacio, esta información fue colocada en el CORELAP, y se obtuvo un layout adecuado. Luego, considerando los resultados se desarrolló el plano de la planta. Además, dentro de la distribución se consideró la cámara de refrigeración, la cual fue diseñada considerando el volumen de producción y las cargas térmicas. Por otro lado, se realizó un análisis económico de los costos de la implementación de la propuesta. Finalmente, el diagrama de flujo presenta las 14 etapas del proceso, mostrando puntos críticos de control, rendimientos y residuos. También, el área total de la planta es de 115,86 m² considerando todas las áreas propuestas. Además, el análisis económico nos indica que el proyecto es rentable.

Palabras Clave: Diagrama de flujo, faenamiento, Layout, refrigeración

Abstract

Goats are animals with a high adaptive capacity, which has contributed to the increase in the world population of goats of these animals. On the other hand, the consumption of meat products can involve health risks, due to possible contamination during slaughter. Therefore, it is essential that the design of a slaughterhouse ensures compliance with hygiene and handling standards. Initially, the process diagram, simple path diagram and process engineering flow diagram were made. The plant distribution was obtained through the relationships between areas and space needs, this information was placed in the CORELAP, and an adequate layout was obtained. Then, considering the results, the plant plan was developed. In addition, the refrigeration chamber was considered within the distribution, which was designed considering the production volume and thermal loads. On the other hand, an economic analysis of the costs of implementing the proposal was carried out. Finally, the flow chart presents the 14 stages of the process, showing critical control points, yields and waste. Also, the total area of the plant is 115,86 m² considering all the proposed areas. In addition, the economic analysis indicates that the project is profitable.

Keywords: Flow chart, slaughter, Layout, refrigeration

Índice general

Resumen	i
<i>Abstract</i>	ii
Abreviaturas	vi
Simbología	vii
Capítulo 1	1
1.1 Introducción	2
1.2 Descripción del Problema	3
1.3 Justificación del Problema	4
1.4 Objetivos	5
<i>1.4.1 Objetivo general</i>	5
<i>1.4.2 Objetivos específicos</i>	5
1.5 Marco teórico	5
<i>1.5.1 Ganado Caprino</i>	5
<i>1.5.2 Ganado caprino en Ecuador</i>	6
<i>1.5.3 Faenamiento</i>	7
<i>1.5.4 Bienestar Animal</i>	8
<i>1.5.5 Factores que inciden en la calidad de la canal</i>	9
<i>1.5.6 Instalaciones y Normativas de la planta de faenamiento</i>	9
Capítulo 2	12
2. Metodología	12
2.1 Diseño de la cámara de refrigeración	13
2.1.1 Determinación del tiempo de refrigeración	13
2.1.2 Cálculo de las cargas térmicas asociadas a la cámara de refrigeración	16
2.2 Diagrama de Proceso	20
2.2.1 Diagrama de Recorrido Sencillo	21
2.3 Diagrama de flujo de ingeniería de proceso	23

2.4 Diagrama de Gantt	23
2.5 Propuesta de distribución de la planta	23
2.5.1 Análisis de necesidades y disponibilidad de espacios	23
2.5.2 Evaluación de relaciones entre actividades	24
2.5.3 Estimación del plano de distribución de la planta	26
2.6 Estimación de costos.....	27
Capítulo 3.....	12
3. Resultados y Análisis	29
3.1 Diseño de la cámara de refrigeración de las canales	29
3.1.2 Cálculo del tiempo de refrigeración	30
3.1.3 Cálculo de las cargas térmicas	31
3.2 Diagrama de flujo de proceso	33
3.6 Viabilidad económica	44
Capítulo 4.....	30
4 Conclusiones y recomendaciones	46
4.1 Conclusiones.....	46
4.2 Recomendaciones.....	47
Referencias	46
APÉNDICES.....	52
APÉNDICE A.....	53
APÉNDICE B.....	69
APÉNDICE C.....	70
APÉNDICE D.....	71
APÉNDICE E.....	72
APÉNDICE F.....	73
APÉNDICE G.....	74
APÉNDICE H.....	75

APÉNDICE I.....	76
APÉNDICE J.....	77

Abreviaturas

ASHRAE Sociedad Americana de Aire Acondicionado, Refrigeración y Calefacción

AGROCALIDAD Agencia de Regulación y Control Fito y Zoosanitario de Ecuador

CORELAP Computerized Relationship Layout Planning

ESPOL Escuela Superior Politécnica del Litoral

FAO Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación

INEC Instituto Nacional de Estadística y Censo

INEN Servicio Ecuatoriano de Normalización

NTE Norma Técnica Ecuatoriana

OIE Organización Mundial de Sanidad Animal

PC Punto de Control

PCC Punto Crítico de Control

SLP Planificación Sistemática del Diseño

TRA Tabla Relacional de Actividades

TIR Tasa Interna de Retorno

VAN Valor Actual Neto

Simbología

Q	Calor
T	Temperatura
h	Hora
s	Segundos
ρ	densidad
k	Conductividad térmica
m	Metro
cm	Centímetro
Kg	Kilogramo
Bi	Número de Biot
amps	Amperios
U	Coeficiente de transmisión térmica
W	Watts
kW	Kilowatts
kJ	Kilojoules
Cp	Calor específico

Índice de figuras

Figura 1 Esquema de sólido con geometría cilíndrica de longitud infinita.....	14
Figura 2 Relación de actividad con su simbología.....	22
Figura 3 Simbología para identificación de las actividades del proceso	22
Figura 4 Diagrama de flujo del proceso de faenamiento de chivos	33
Figura 5 Diagrama del recorrido sencillo del proceso de faenamiento.....	38
Figura 6 Diagrama de flujo de ingeniería de proceso de faenamiento de chivos	39
Figura 7 Proximidad de relación entre áreas.....	41
Figura 8 Planteamiento de espacios y las relaciones entre departamentos en CORELAP.	42
Figura 9 Propuesta de distribución para Layout	43
Figura 10 Interpretación de los resultados brindados por CORELAP.....	43
Figura 11 Especificaciones para el cálculo del coeficiente de transmisión térmica	59
Figura 12 Número de cambios de aire por día recomendado para determinados volúmenes.....	60
Figura 13 Especificaciones técnicas de los modelos de evaporadores	63
Figura 14 Condensador seleccionado para el sistema de refrigeración	66
Figura 15 Válvula de expansión seleccionada para el sistema de refrigeración	68
Figura 16 Layout de la cámara de refrigeración	69
Figura 17 Expresiones matemáticas de Okos y Chois	70
Figura 18 Gráfica de Heisler para geometría de cilindro.....	71
Figura 19 Análisis previo al diagrama de recorrido sencillo	72
Figura 20 Diagrama de Gantt.....	73
Figura 21 Necesidades de espacio.....	74
Figura 22 Layout de la planta de faenamiento	75
Figura 23 Carta Psicrométrica.....	76
Figura 24 TIR y VAN	84

Índice de tablas

Tabla 1 Composición química de especies de ganado (%)	7
Tabla 2 Cantidad de relaciones permitidas.....	25
Tabla 3 Valoración de códigos	26
Tabla 4 Valoración por motivos.....	26
Tabla 5 Densidad de almacenamiento de las canales.....	30
Tabla 6 Dimensionamiento recomendado para el diseño de la cámara	30
Tabla 7 Propiedades térmicas de las canales.....	31
Tabla 8 Resultado de las cargas térmicas asociadas a la cámara de refrigeración	31
Tabla 9 Matriz de decisión del refrigerante a utilizar en el sistema.....	32
Tabla 10 TIR y VAN escenario real vs escenario propuesto	44
Tabla 11 Incidencia de la radiación solar sobre las paredes.....	56
Tabla 12 Características específicas del equipo evaporador	65
Tabla 13 Características específicas de la unidad condensadora	66
Tabla 14 Características específicas de la válvula de expansión	67
Tabla 15 Demanda anual de canales de chivo.....	77
Tabla 16 Costos de materia prima.....	78
Tabla 17 Costos de materiales indirectos	78
Tabla 18 Costos de materiales de oficina.....	79
Tabla 19 Costos de maquinaria	80
Tabla 20 Costos de construcción.....	80
Tabla 21 Costos de depreciación.....	81
Tabla 22 Costos fijos anuales.....	82
Tabla 23 Otros costos fijos anuales.....	83

Capítulo 1

1.1 Introducción

Los chivos son animales de granja adaptativos, que pueden vivir en muchas regiones con ambientes templados, húmedos, áridos, cálidos y fríos. Por ello, la población mundial de chivos ha aumentado a mil millones de cabezas. Están distribuidos por todo el mundo, pero los países en desarrollo albergan aproximadamente el 97% de la población mundial. Estos mamíferos son considerados por los propósitos y productos que proveen al ser humano: leche, carne, queso, yogur e incluso su cuero (Devendra y Haenlein, 2011).

Según el último censo presentado por el Instituto Nacional de Estadística y Censo (INEC, 2021), el número de cabezas fue de 57.849, donde, la población de chivos más abundante se alojó en la región Sierra con 54.825 cabezas, seguida por la región Costa con 2.912 y la región Amazónica con 112 chivos. Actualmente, en el país la crianza de chivos se realiza con el objetivo de obtener carne, leche y doble propósito.

El consumo de productos cárnicos puede implicar riesgos en la salud, debido a la posibilidad de contaminación durante el proceso de faenamiento, por ello se requiere de un diseño adecuado para el cumplimiento de las normas de higiene y manipulación. Estos establecimientos son considerados críticos al momento de obtener la carne, ya que la producción comienza con etapas denominadas sucias como el sacrificio, que presenta un alto riesgo de contaminación, posterior, el flujo continúa hacia las áreas más limpias donde se obtiene la canal, la cual debe cumplir con las normas microbiológicas y parámetros de calidad establecidos (Delgado et al., 2015).

En Ecuador, los métodos para realizar el faenado son precarios, debido a que la tecnología, las instalaciones y las prácticas sanitarias son ineficientes. Es así como, el faenamiento en el suelo es una técnica predominante, que provoca la proliferación de microorganismos que generan contaminación en el producto final (Aréchiga et al., 2008).

En este contexto, las comunas de Aguas Piedras y Zapote, ubicadas en la Isla Puná promueven el faenamiento de chivos como una estrategia viable para generar ingresos económicos que

beneficien a los pobladores del sector. Pero, este proceso es realizado de forma artesanal, por lo que, no tienen una infraestructura adecuada, técnicas sanitarias y procedimientos para el sacrificio, que permita asegurar que la canal cumpla con normas de higiene y calidad.

El presente trabajo tiene como objetivo elaborar una propuesta de una planta de faenamiento de chivos mediante el diseño técnico de la distribución de las áreas destinadas a este proceso, para el fomento del desarrollo económico dentro de las comunas de la Isla Puná. La propuesta de diseño se establecerá en una zona de la comuna Aguas Piedras.

1.2 Descripción del Problema

Las comunas de Aguas Piedras y Zapote cuentan con una población de aproximadamente 20.000 ejemplares de ganado caprino. Actualmente, los comuneros practican el pastoreo libre, pero debido a los riesgos que esta actividad representa para la flora autóctona, comenzaron a poner en práctica métodos más controlados e implementaron la venta de la carne de chivo como parte de sus actividades económicas.

La carne de chivo se ha convertido en una de las principales fuentes de ingreso de las comunas, representando el 90% de su economía. Sin embargo, el faenamiento de estos animales sigue realizándose de forma artesanal y bajo pedido, sin procedimientos estandarizados ni preparación técnica previa al sacrificio. Esto se debe a la falta de conocimientos técnicos que permitan asegurar un producto inocuo y conforme a los estándares de calidad.

En respuesta a esta necesidad, una empresa camaronera nacional, con instalaciones aledañas a estas comunidades, ha lanzado un proyecto de ayuda social en colaboración con estudiantes de Ingeniería en Alimentos de la ESPOL, con la finalidad de diseñar una planta de faenamiento semiindustrial de chivos.

1.3 Justificación del Problema

Según Pantoja-Guerra et al. (2024), en Ecuador existen 277 centros de faenamiento bajo la regulación del Ministerio de Agricultura y Ganadería, la mayoría gestionados por empresas públicas municipales. Los mataderos tienen la obligación de desempeñarse bajo parámetros determinados de higiene para cumplir con la inocuidad y seguridad del consumo de las canales producidas (Burgos, 2023).

Una planta de faenamiento debe emplear técnicas higiénicas para el sacrificio de los animales y realizar una preparación tecnificada de las áreas de faenado, mediante una división estricta de operaciones “limpias” y “sucias”, lo que disminuye el riesgo de contaminación microbiológica durante la obtención de las canales (FAO, 1993).

La comercialización de carne de chivo, al ser una importante fuente de ingreso económico para estas comunas, requiere de un proceso más controlado para generar valor al producto final. Rojas, et al. (2020) define la cadena de valor como un conjunto de actividades interrelacionadas que tiene como principal objetivo el obtener una ventaja competitiva. Por ello, es fundamental trabajar en el potenciamiento de las cadenas de valor de las actividades cuyos principales actores son estas comunidades rurales, ya que fomenta su crecimiento económico (Alva, 2023).

Al diseñar una planta de faenamiento bajo estos criterios, se logra intensificar la producción agropecuaria de ganado caprino, incrementando el desarrollo económico y sostenible en la comuna a nivel nacional, inclusive proyectando la incorporación en el mercado internacional por el valor nutricional que presenta la carne de chivo.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Elaborar una propuesta de una planta de faenamiento de chivos en la comuna Aguas Piedras mediante el diseño técnico de la distribución física de las áreas destinadas a este proceso para el fomento del desarrollo económico dentro de las comunas.

1.4.2 Objetivos específicos

1. Realizar un diagrama de flujo detallado que permita la comprensión del proceso de faenamiento de chivos para el aseguramiento de un producto final estandarizado.
2. Establecer una distribución tecnificada que considere las áreas del proceso, personal, equipos y sus capacidades, para el establecimiento de los criterios de operación dentro de la planta.
3. Establecer los costos de operación e implementación de la propuesta de diseño de la planta de faenamiento, analizando la viabilidad económica del proyecto.

1.5 Marco teórico

1.5.1 Ganado Caprino

El ganado caprino es considerado una de las especies más antiguas domesticadas por el ser humano. Según hallazgos arqueológicos recientes, su domesticación tuvo lugar hace más de 10.000 años en la antigua Mesopotamia (Salgado et al., 2022). En la actualidad, existen más de 300 razas distintas de caprino en todo el mundo, que según su producción se pueden distribuir en: producción de leche (30-55%), producción de carne (35-50%) y producción de pelo y piel (10- 20%), aunque hay varias razas que se consideran de doble propósito o multipropósito (carne y leche) (Ka'oje y Bello, 2021; Deschamps, 2023).

De acuerdo con lo publicado en la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación (FAO), el número de cabezas caprinas aumentó de manera

exponencial de 350 millones a más de mil millones durante los últimos 60 años, siendo China el país que posee el rebaño más grande del mundo (Chel-Guerrero et al., 2024).

La cría y el desarrollo sostenible de pequeños rumiantes como los chivos son importantes en la economía de zonas rurales y marginales de varios países latinoamericanos, principalmente en regiones secas y áridas (Colonna et al., 2020). Los chivos presentan características de rusticidad, resistencia y alta capacidad adaptativa a diferentes climas y condiciones de entorno, ajustando sus regímenes de alimentación y supervivencia de acuerdo con la disponibilidad escasa de agua y vegetación que ofrecen las zonas en la que habitan (Sotomayor et al., 2019).

1.5.2 Ganado caprino en Ecuador

En Ecuador en el año 2021 la población caprina fue de 57.849, las cuales se encuentran distribuidas en pequeños productores que realizan la actividad de faenamiento como sustento familiar en zonas de bajos recursos. Los genotipos que existen en el país se distribuyen en 5 razas que son: Criolla, Boer, Saanen, Alpina y Anglo-Nubia (Pesántez y Sánchez, 2020).

La demanda actual de la carne de chivo presenta un crecimiento significativo gracias a sus cualidades organolépticas y nutricionales (Navarro y Álvarez, 2019). En la comuna “Aguas Piedras” se ha evidenciado la presencia de *Capra aegagrus hircus* o criolla que posee aptitud cárnica y Anglo-Nubia que tiene doble propósito (producción de carne y leche). Una característica para destacar en esta especie es la deposición del 50-60% de la grasa corporal en la cavidad abdominal, presentando una carcasa con poca grasa subcutánea, intermuscular e intramuscular, obteniendo un producto cárnico con menor contenido graso en comparación con otras carnes rojas comúnmente consumidas. (Navarro y Álvarez, 2019; Sociedad Brasileña de Ciencia Animal, 2021).

La composición química de la carne de chivo comparado con otros animales de abasto se detalla en la tabla 1.

Tabla 1

Composición química de especies de ganado (%)

Especie	Humedad	Proteína	Grasa	Ceniza
Vacuno	72,72	21,01	4,84	0,91
Ovino	72,24	18,91	6,53	2,16
Porcino	59,18	19,37	20,06	0,79
Caprino	73,80	20,65	4,30	1,25

Nota. Datos tomados de Pilatuña (2016).

Comparando los datos presentados en la tabla 1, la carne de chivo presenta valores de proteína similares al resto de las especies, ubicándose solo por debajo del ganado vacuno que es la especie con mayor producción a nivel mundial. Además, el contenido de grasa es realmente bajo, lo que resulta en un producto prometedor para los consumidores que están en la constante búsqueda de alimentos saludables y con bajo contenido de grasas, especialmente de grasas saturadas, que ha sido relacionada con la incidencia de enfermedades cardiovasculares (Sociedad Brasileña de Ciencia Animal, 2021).

1.5.3 Faenamamiento

El faenamamiento consiste en el conjunto de actividades a la que son sometidos los animales desde la matanza hasta su preparación para ser comercializados (Servicio Ecuatoriano de Normalización [INEN], 1985). Este proceso está regulado por diversas normativas que pretenden asegurar el bienestar animal y seguridad alimentaria.

La NTE INEN 1218:1985-02 establece el proceso de faenado de animales de abasto. Este proceso comienza sometiendo a los animales a un reposo de 14 horas con dieta hídrica antes de ser faenados. Luego, estos pasan por etapas en áreas grises como el pesado, exámenes ante-mortem y cuarentena, lavado, insensibilización, degüello y sangrado. Después se realiza el corte de extremidades, eviscerado, corte de canales, inspección sanitaria y clasificación, las cuales se efectúan áreas blancas (INEN, 1985).

Por otro lado, la Agencia de Regulación y Control Fito y Zoonosanitario (Agrocalidad), establece directrices en el manual “Bienestar animal faenamiento de animales de producción”. En este manual indica que el aturdimiento es el proceso mediante el cual se induce la pérdida de la conciencia en el animal antes de su muerte. Es fundamental que el aturdimiento se realice de forma adecuada para que el sangrado permita una muerte rápida por falta de oxígeno en el cerebro (Agrocalidad, 2024).

1.5.4 Bienestar Animal

El bienestar animal consiste en la calidad de vida que tienen los animales, considerando sus entornos. Las personas y encargados de la producción animal deben evitar el sufrimiento de los animales destinados para la producción de alimentos. En países desarrollados, los consumidores exigen que se apliquen factores que promuevan el bienestar animal en la producción y comercialización (Agrocalidad, 2024).

El incumplimiento de los lineamientos de bienestar animal en el sacrificio provoca estrés en el individuo. Entre los peligros a controlar se tiene, el sometimiento a hambre y sed, la interacción con animales desconocidos, el manejo inadecuado, la interacción con nuevos entornos, espacios reducidos, movilización forzada, aturdimiento y sangrado ineficaces. Estos peligros pueden reducirse a través del diseño adecuado de la infraestructura y la selección apropiada de los equipos (OIE, 2024).

La calidad de la carne está influenciada por el bienestar animal durante el manejo del pre-sacrificio. Los ayunos combinados con transporte largo constituyen un peligro al bienestar animal, lo que puede observarse en las concentraciones sanguíneas que señalan el estrés en animales destinados a ser sacrificados. Por otro lado, alargar el reposo luego del transporte (de 3 a 24h), con el fin de normalizar las concentraciones sanguíneas, solo provoca efectos negativos sobre la canal, ya que disminuye el peso y la calidad de la carne. Además, el estrés provocado

por estas acciones genera cambios medibles en la canal, relacionados con el pH, glucógeno y color de la carne (Ramírez et al., 2022).

1.5.5 Factores que inciden en la calidad de la canal

La obtención de un producto de alta calidad es esencial para aumentar la competitividad dentro del mercado, por lo que existen aspectos a considerar para que las canales producidas adquieran esta característica. En un estudio realizado en 2019 por la universidad estatal de investigación de Samara en Rusia, se determinó que la castración temprana de los chivos, generalmente antes de que cumplan el año, permitió eliminar el olor desagradable característico de estos animales, obteniendo de esta manera carne con mejor perfil organoléptico y con colores más claros (Agrovesti, 2019).

La alimentación de los chivos desde temprana edad tiene incidencia en la calidad de la carne, Ripoll et al. (2019), concluyó que la carne de chivitos de lactancia artificial o mediante suplementos presenta un pH elevado mayor a 5,8 y con un color más oscuro en comparación con los animales de lactancia natural (proveniente de la madre), teniendo mayor valoración visual por los consumidores.

Por tanto, la carne con mejores cualidades se obtiene de animales castrados engordados, de hembras bien alimentadas y de animales jóvenes sacrificados, por lo que, para obtener mayor productividad en las canales, estos animales deben criarse y engordarse de manera intensiva desde temprana edad, permitiendo su faenamiento entre los 7 y 10 meses (Agrovesti, 2019).

1.5.6 Instalaciones y Normativas de la planta de faenamiento

El objetivo de un establecimiento de faenamiento de animales es producir carne de manera higiénica, a través de la operación humana en la manipulación de los animales, donde se aplican técnicas adecuadas para el sacrificio y procesamiento de las canales. Esto requiere una división entre las actividades “limpias y “sucias”. Además, se pretende facilitar la inspección de

la carne y el manejo de los desechos generados, con el fin de evitar que carne contaminada llegue a los consumidores (FAO,1993).

Según la FAO (2007), los mataderos deben cumplir diversas características para garantizar la obtención de carne segura para ser consumida. Los establecimientos, instalaciones y equipos deben estar ubicados, diseñados y contruidos de manera que se minimice la contaminación de la carne, también deben permitir que el personal realice sus tareas con facilidad e higiene. De la misma forma, las instalaciones y equipos en contacto con alimentos deben construirse y diseñarse de forma que puedan ser limpiados adecuadamente y permitan el monitoreo de la higiene. También, el establecimiento debe tener un equipo apropiado para el control de la humedad, temperatura y otros factores implicados en el procesamiento de la carne. Por otro lado, el agua debe ser potable, excepto donde no exista un riesgo de contaminación por utilizar agua diferente.

Por otra parte, los mataderos deben conservar la carne a temperaturas bajas para evitar el crecimiento de microorganismos, aumentar su vida útil y garantizar su calidad. El método utilizado para prevenir el deterioro de la carne es el enfriamiento rápido. Este método no solo reduce la velocidad del crecimiento microbiano, sino que también reduce la alteración del color de la carne causada por la oxidación de la hemoglobina y disminuye la pérdida de peso. Este proceso se realiza en una cámara frigorífica a bajas temperaturas de aire, y alta velocidad de aire, humedad relativa y capacidad de refrigeración (FAO,1991).

Capítulo 2

2. Metodología.

El presente trabajo se llevó a cabo siguiendo la metodología establecida por Murther en 1961, quien desarrolló un procedimiento organizado y sistemático denominado Systematic Layout Planning (SLP) o Planeación Sistemática de la Distribución en Planta (Casp, 2005). En este método se establece un marco operativo de fases con actividades que permiten identificar, evaluar y relacionar los elementos necesarios para una distribución exitosa dentro de una planta industrial.

Con base en la metodología, se realizaron diagramas correspondientes al proceso productivo en relación con el volumen de producción, estableciendo las etapas operativas y no operativas, el flujo de materiales, materia prima, equipos y mano de obra involucrada en estas actividades productivas.

Mediante el diagrama de Gantt se determinó los tiempos de ciclo promedio para la realización de cada uno de los procesos de faenamiento hasta la obtención de las canales. Además, se determinó el tiempo de refrigeración y se estimó el área y las cargas térmicas para el diseño de la cámara frigorífica.

Posteriormente, se elaboró una tabla relacional de actividades y otra tabla de necesidad de espacios considerando las dimensiones de equipos y la circulación de materia prima y personal. Los datos obtenidos se analizaron con el software Computerized Relationship Layout Planning (CORELAP), que generó una distribución óptima para los departamentos propuestos. Por último, se estimaron los costos relacionados al diseño e implementación de la planta.

2.1 Diseño de la cámara de refrigeración

2.1.1 Determinación del tiempo de refrigeración

Para determinar el tiempo de refrigeración de las canales, se partió de la expresión matemática correspondiente a la segunda ley de transmisión de calor de Fourier que se visualiza en la ecuación 2.1

$$\frac{\delta^2 T}{\delta x^2} + \frac{\delta^2 T}{\delta y^2} + \frac{\delta^2 T}{\delta z^2} = \frac{1}{\alpha} \frac{\delta T}{\delta t} \quad (2.1)$$

Donde:

T : Temperatura en un punto determinado de coordenadas (x, y, z).

t : Tiempo que tomará en llegar el punto de coordenadas a la temperatura indicada.

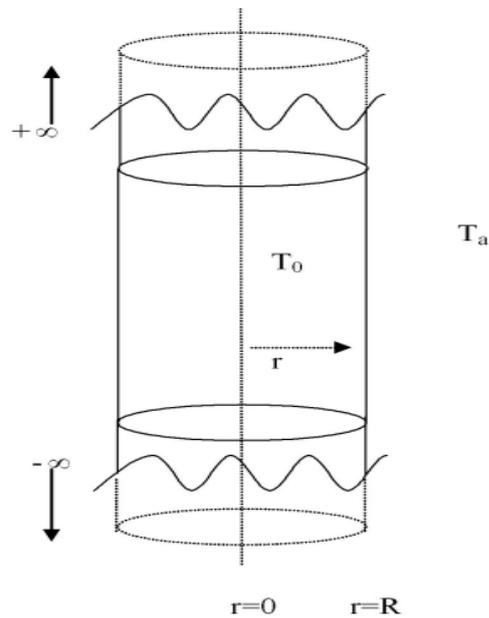
α : Difusividad térmica del cuerpo de estudio.

Posteriormente, con la composición química obtenida por datos bibliográficos de las canales, se calculó sus propiedades termo-físicas como la densidad (ρ), conductividad térmica (k) y calor específico (C_p) por medio de los modelos matemáticos establecidos por Okos y Choi.

Debido a que, la integración de la ecuación 2.1 no es aplicable para formas irregulares, sino para figuras regulares simples como placas, cilindros y esferas, se definió las características geométricas de la canal como un cuerpo cilíndrico infinito con las características mostradas en la figura 1.

Figura 1

Esquema de sólido con geometría cilíndrica de longitud infinita



Nota. Figura tomada de Núñez-Esquer et al., (2004).

Donde:

R : Diámetro del cilindro.

r : Distancia desde el centro de la canal hasta el punto a analizar.

T_0 : Temperatura en el centro geométrico de la canal.

T_a : Temperatura del medio circundante a la canal.

Una vez definida la geometría, se determinó el punto más caliente, que significa la zona donde conlleva más tiempo en alcanzar la temperatura de refrigeración. En el caso de la canal de chivo, este se ubica en el muslo.

Con la ecuación 2.2 se determinó el coeficiente de transferencia de calor h , el cual se encuentra relacionado directamente con la velocidad del aire de enfriamiento, siendo que en la industria de alimentos el máximo valor permitido a utilizar es de $2 \frac{m}{s}$.

$$h = 9 - 0,862v + 8,62v^{1/2} \quad (2.2)$$

Donde:

v : Velocidad del aire de enfriamiento.

Posteriormente, con las ecuaciones 2.3 y 2.4 se planteó el cálculo de los parámetros θ_o y $\frac{1}{Bi}$ respectivamente, los cuales corresponden a las gráficas de Heisler que se encuentran en el apéndice D, con esto se determinó el valor del parámetro τ .

$$\theta_o = \frac{T_o - T_\infty}{T_i - T_\infty} \quad (2.3)$$

Donde:

T_o : Temperatura final que se desea alcanzar en la canal.

T_i : Temperatura inicial de la canal.

T_∞ : Temperatura del medio refrigerante.

$$\frac{1}{Bi} = \frac{k}{h * r_o} \quad (2.4)$$

Donde:

k : Conductividad térmica asociada a la canal.

h : Coeficiente de transferencia de calor.

r_o : Radio de la canal.

Las temperaturas que se usaron en la ecuación 2.3 son, la temperatura a la que se encuentran inicialmente el chivo se definió con un valor de 40,3 °C, la cual corresponde a la temperatura corporal del chivo (Animal Science Facts,2004). La temperatura del medio es de

2 °C, cuyo valor se definió a fin de evitar la congelación del agua superficial. Por último, la temperatura final que alcanzarán las canales será de 4 °C, para evitar el desarrollo microbiano.

Finalmente, según el diagrama del cilindro y con la ecuación 2.5 se calculó el tiempo en el que el centro geométrico o punto más caliente de la canal, alcanzará la temperatura de refrigeración deseada para evitar la contaminación microbiana.

$$t = \frac{\tau * r_o^2}{\alpha} \quad (2.5)$$

Donde:

r_o^2 : Radio de la canal elevada a la potencia cuadrada.

τ : Parámetro obtenido de las gráficas de Heisler.

α : Difusividad térmica asociada a la canal.

2.1.2 Cálculo de las cargas térmicas asociadas a la cámara de refrigeración

Para mantener la cámara y su contenido en la temperatura deseada, es necesario eliminar tanto la carga térmica inicial de la canal como las cargas térmicas adicionales que se genera debido a condiciones normales de ganancia de calor durante el periodo de refrigeración.

En primer lugar, se extrae el calor de refrigeración del producto, con la ecuación 2.6 se calculó la carga calórica que genera las canales almacenadas.

$$Q_r = \frac{m C_p \Delta T}{t} \quad (2.6)$$

Donde:

m : Masa total de las canales introducidas a la cámara de refrigeración.

C_p : Calor específico másico asociada a la canal.

ΔT : Diferencia de temperatura asociada a la canal.

t : Tiempo que demora la canal en alcanzar la temperatura de refrigeración.

Por otro lado, con la ecuación 2.7 se calculó la transmisión de calor generado por paredes, techos y pisos, los cuales están constituidos por materiales aislantes de pequeño espesor.

$$Q_t = A U \Delta T \quad (2.7)$$

Donde:

U : Coeficiente de transmisión térmica de pared, techo o piso.

A : Superficie de cada cerramiento de la cámara.

ΔT : Diferencia de temperatura exterior e interior de la cámara.

Con la ecuación 2.8 se determinó el calor por infiltración de aire exterior que ingresa al abrir la puerta de la cámara con los recambios de flujo de aire recomendado por día.

$$Q_i = \frac{V_c \Delta h n_R}{t_{total}} \quad (2.8)$$

Donde:

V_c : Volumen de la cámara.

Δh : Calor del aire obtenida de la carta psicométrica.

n_R : Número de renovaciones por día.

t_{total} : Tiempo total medido en días o 24 horas.

Por otra parte, con la ecuación 2.9 se determinó el calor liberado por iluminación, ocasionado por los focos o lámparas encendidas presentes dentro de la cámara.

$$Q_l = \frac{P t}{t_{total}} \quad (2.9)$$

Donde:

P : Potencia total de todas las fuentes de iluminación.

t : Tiempo de funcionamiento de las iluminarias.

t_{total} : Tiempo total medido en días o 24 horas.

Luego, con la ecuación 2.10 se determinó el calor liberado por personas, ocasionado cuando los operarios ingresan a la cámara.

$$Q_p = \frac{q n t}{t_{total}} \quad (2.10)$$

Donde:

q : Calor liberado por las personas.

n : Número de personas en la cámara.

t : Tiempo de permanencia de los operarios.

t_{total} : Tiempo total medido en días o 24 horas.

Con la ecuación 2.11 se calculó el calor liberado por ventiladores pertenecientes al equipo evaporador del sistema de refrigeración.

$$Q_v = \frac{P t}{t_{total}} \quad (2.11)$$

Donde:

P : Potencia global de todos los ventiladores.

t : Tiempo de funcionamiento de los ventiladores.

t_{total} : Tiempo total medido en días o 24 horas.

Por último, se calculó la carga total del sistema con la ecuación 2.12, el cual consiste en la suma de todas las cargas que se mencionan en los apartados anteriores. Además, se agregó el factor de seguridad del 10% para asegurar que la potencia de los equipos pueda suplir una carga extra inesperada.

$$Q_T = Q_r + Q_t + Q_i + Q_l + Q_p + Q_v \quad (2.12)$$

2.1.3 Selección del refrigerante

Para determinar el refrigerante se consideraron diferentes criterios, cada uno con una ponderación acorde a la aplicación. Los refrigerantes considerados fueron R-404, R-134a y R-507, por ser los más usados en el mercado local para instalaciones pequeñas.

Clasificación ASHRAE (Ponderación 30%): La ASHRAE asigna una clasificación por grupos a los refrigerantes dependiendo de su toxicidad e inflamabilidad en forma conjunta (ASHRAE, 2022). A continuación, se presentan los grupos de seguridad a los que pertenece cada refrigerante:

R404: A1 Grupo L1

R134a: A1 Grupo A1

R507: A1 Grupo L1

Tendencia a las fugas (Ponderación 30%): La tasa de fuga de los gases es inversamente proporcional a su masa molar (Rotländer et al., 2016). Por tanto, el gas con menor peso molecular es aquel con mayor tendencia a fugarse. Los pesos moleculares de los refrigerantes se indican a continuación.

R404: 97.6 g/mol

R134a: 102,0 g/mol

R 507: 98,9 g/mol

Entalpía de vaporización (Ponderación 20%): Una mayor entalpía de vaporización determina mayor absorción de calor.

R404: 200 kJ/kg

R134a: 217 kJ/kg

R 507: 200 kJ/kg

Volumen específico (Ponderación 20%): El volumen específico determina el espacio ocupado por un kg de refrigerante, y por ende el tamaño de los equipos.

R404: 54.95 L/kg

R134a: 190.48 L/kg

R 507: 51.02 L/kg

Se asignó a cada refrigerante un valor en una escala de cumplimiento del 1 al 5, siendo 1 “muy malo” y 5 “muy bueno”.

2.2.3. Características técnicas del sistema de refrigeración

Se utilizó el software CoolSelector2 versión 5.5.0 para ingresar los datos de la cámara y determinar las características de diseño del sistema y los equipos pertinentes.

2.2 Diagrama de Proceso

El diagrama de flujo tiene como objetivo presentar de forma gráfica y secuencial las etapas productivas del proceso de faenamiento, facilitando el análisis de problemas existentes en la planta, así como para el diseño de nuevas instalaciones (Casp, 2005). Los diagramas se desarrollaron con la herramienta online llamada Lucidchart.

Al diagrama de proceso básico se agregaron los Puntos Críticos de Control (PCC) y los Puntos de Control (PC), para identificar la fase donde se debe aplicar un control, con el fin de evitar o eliminar un peligro que afecte la inocuidad de los alimentos (FAO, 2005). Además, se incluyeron los desperdicios de las etapas del proceso, lo que permite determinar las herramientas necesarias para la recolección de los desechos.

Por otro lado, se realizó la identificación de las zonas sensibles, ultrasensibles e inertes, lo que facilita la revisión detallada de los posibles peligros dependiendo de la sensibilidad de cada zona. Esto implica clasificar todas las etapas del proceso y agruparlas según el tipo de riesgo al que estén expuestas (Casp, 2005).

2.2.1 Diagrama de Recorrido Sencillo

Para esta etapa se realizó un diagrama de análisis de procesos, que permitió conocer todas las etapas del proceso productivo y determinar la simbología adecuada para diagrama de recorrido. La figura 2 muestra un ejemplo de este proceso.

El diagrama de recorrido sencillo presentó la circulación de los materiales a lo largo de las diversas actividades del proceso, la figura 3 presenta la simbología que fue aplicada en este diagrama, la cual permitió identificar 5 tipos de acciones: operación, inspección, almacenamiento, espera y transporte (Casp, 2005).

Figura 2
Relación de actividad con su simbología

DIAGRAMA DE PROCESO		 Operación  Transporte  Inspección  Espera  Almacenamiento
SÍMBOLOS	DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD	
    	Recepción	
    	Preselección	
    	Almacenamiento	
    		

Nota. Figura tomada de Casp, (2005).

Figura 3
Simbología para identificación de las actividades del proceso

Símbolos y acción en los diagramas de flujo*		Símbolos para identificar actividades y áreas		Blanco y negro	Identificación por color
	Operación		Proceso o fabricación		Verde**
			Montaje		Rojo**
	Almacenamiento		Actividades/áreas de almacén		Naranja Amarillo**
	Transporte		Actividades/áreas de transporte		Naranja Amarillo**
	Inspección		Áreas de control/inspección		Azul**
	Espera		Áreas de espera		Naranja Amarillo**
			Áreas/actividades de servicios		Azul**
			Oficinas, administración		Marrón** (Gris)

* ASME standard ** IMMS standard

Nota. Figura tomada de Casp, (2005).

2.3 Diagrama de flujo de ingeniería de proceso

Una vez determinado el producto final, desechos y materia prima, se analizó la tecnología e ingeniería mediante un diagrama de flujo de la ingeniería de proceso, donde se identifican cada uno los equipos y materiales que intervendrán en el sistema productivo.

2.4 Diagrama de Gantt

El diagrama de Gantt es una herramienta utilizada en la gestión de proyectos, donde se establece una planificación detallada de los tiempos que demandará cada actividad respecto a la duración total de un sistema productivo, el gráfico está representado por barras horizontales que indican la duración estimada para cada actividad. (Bautista, 2023). Mediante este método, se determinó los tiempos necesarios en cada una de las etapas y el tiempo de ciclo promedio de los procesos productivos considerando la mano de obra disponible.

2.5 Propuesta de distribución de la planta

La estimación de las áreas o departamentos del proceso y la tabla relacional de actividades, brindaron información que fue ingresada y analizada por el software CORELAP. De esta forma, se obtuvo una distribución de actividades estimada para la planta.

2.5.1 Análisis de necesidades y disponibilidad de espacios

Para determinar los espacios necesarios para cada área, se fraccionó cada actividad en subactividades y componentes de la superficie total (Casp, 2005).

Para ello se utilizaron las dimensiones que necesita cada equipo o material, y la demanda de producción en un tiempo estimado. Con estos datos, se desarrolló la estimación de los espacios necesarios tomando en cuenta tres variables presentes en las ecuaciones 2.11. y 2.12: superficie estática (S_s), superficie gravitación (S_g) y superficie de evolución (S_e).

$$S_g = S_s * N \quad (2.11)$$

Donde:

S_g : Espacio usado por lugares de trabajo del operario y material utilizado en el proceso.

S_s : Superficie destinada para instalaciones, equipos, entre otros.

N : Número de lados que debe ser manipulado el equipo.

$$S_e = S_s + S_g * K \quad (2.12)$$

Donde:

S_e : Superficie separada para el desplazo del personal y mantenimiento

S_s : Superficie destinada para instalaciones, equipos.

S_g : Espacio usado por lugares de trabajo del operario y material utilizado en el proceso.

K : Coeficiente entre 0.05 y 3.

K es una constante que puede variar entre 0,05 y 3; el valor seleccionado dependerá de la industria que será diseñada, para una industria dedicada al procesamiento de alimentos el valor será 0,15.

2.5.2 Evaluación de relaciones entre actividades

La Tabla Relacional de Actividades (TRA) permite conocer las relaciones o necesidad de proximidad entre todas las actividades pertenecientes al proceso, sean estas productivas o auxiliares. Para este proyecto se utilizó la tabla diagonal en forma de cuadro (Casp, 2005).

La ecuación 2.13 da como resultado el número total de relaciones, lo cual depende de la cantidad de áreas o departamentos determinados. Por otro lado, la tabla 2 brinda el total de

relaciones permitidas por código, dependiendo del código seleccionado y su porcentaje de clasificación correspondiente.

$$N = \frac{n(n-1)}{2} \quad (2.13)$$

Donde:

N : Total de códigos relacionales

n : Número de áreas o departamentos

Tabla 2
Cantidad de relaciones permitidas

Código	Porcentaje de clasificación	Total de relaciones permitidas
A	2 – 5%	$N \times \%A$
E	3 – 10%	$N \times \%E$
I	5 – 15%	$N \times \%I$
O	10 – 25%	$N \times \%O$
U	Sin importancia	Los restantes
X	Rechazable	Los restantes

Nota. Información tomada de Casp, (2005).

La tabla 3 y 4 muestran la escala de valoración por códigos y motivos, correspondiente.

Estas permiten determinar la proximidad de las actividades.

Tabla 3
Valoración de códigos

Código	Proximidad	Color Asociado
A	Absolutamente necesaria	Rojo
E	Especialmente importante	Amarillo
I	Importante	Verde
O	Ordinaria	Azul
U	Sin importancia	-
X	Rechazable	Marrón

Nota. Información tomada de Casp, (2005).

Tabla 4
Valoración por motivos

Nº	Proximidad
1	Proximidad en el proceso
2	Higiene
3	Control
4	Frío
5	Malos olores, ruidos
6	Seguridad del Producto
7	Utilización material común
8	Accesibilidad

Nota. Información tomada de Casp, (2005).

2.5.3 Estimación del plano de distribución de la planta

La tabla relacional de actividades y estimación de espacios brindó datos que fueron colocados en el software CORELAP. Este software permite convertir datos cualitativos en cuantitativos, se colocaron las relaciones de las actividades obtenidas en el TRA y los metros cuadrados destinados para cada área o departamento. Así, se obtuvo la estimación del Layout de la planta.

2.6 Estimación de costos

Para la estimación de costos de equipos, insumos, mano de obra directa e indirecta, mantenimientos, depreciaciones y el consumo de servicios básicos relacionados directamente al volumen de producción, se realizó un análisis económico con la finalidad de obtener el costo unitario de producción y el precio de venta.

Finalmente, se calculó el Valor Actual Neto (VAN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR) para analizar la rentabilidad y viabilidad del proyecto.

Capítulo 3

3. Resultados y Análisis

3.1 Diseño de la cámara de refrigeración de las canales

El objetivo de una cámara de refrigeración es preservar la calidad e inocuidad de las canales producidas. Para ello, se reduce la temperatura hasta un rango óptimo entre 0 y 4 °C inmediatamente después de su preparación, logrando así retrasar el desarrollo de microorganismos.

La capacidad, dimensionamiento y equipos para mantener el producto refrigerado van a depender de la forma, tamaño y composición química de las canales. Por otro lado, la selección del sistema de refrigeración se relaciona con las cargas térmicas adicionales que se generan durante el periodo de refrigeración.

Por tanto, el siguiente apartado presenta las características que debe tener la cámara para cumplir con las normativas sanitarias y optimizar el consumo energético.

Características de la cámara de refrigeración:

- Sistema de rieles con ganchos para el izado de las canales.
- Pisos con resistencia a bajas temperaturas y con alta facilidad de limpieza.
- Paredes y techo con recubrimiento de materiales aislantes al calor.
- Circulación adecuada del aire frío alrededor de las canales.

3.1.2 Cálculo de las dimensiones de la cámara

Para calcular el espacio necesario para el almacenamiento de las canales, hay que tener en consideración diversos parámetros, los cuales se detallan en la tabla 7.

Tabla 5
Densidad de almacenamiento de las canales

Parámetro	Dimensiones
Separación entre los rieles con ganchos	1,00 m
Separación entre media canales	0,13 m
Separación riel-pared	0,75 m
Altura del piso al techo	3,00 m
Altura del piso al riel	2,40 m
Canales en cada riel	3 media canales/metro de riel
Número de canales por almacenar	40 unidades
Peso por canal	16,50 kg
Densidad de carga	49,50 kg/metro de riel

Nota. Elaboración propia

Con los datos de la tabla 5, se obtuvo el dimensionamiento necesario para la cámara, cuyos valores fueron calculados en el apéndice A y se detallan en la tabla 6.

Tabla 6
Dimensionamiento recomendado para el diseño de la cámara

Parámetro	Dimensiones
Altura	3,00 m
Área	24,79 m ²
Volumen	74,37 m ³

Con los datos de la tabla 6, se realizó un plano de la cámara de refrigeración, el cual se visualiza en el apéndice B.

3.1.2 Cálculo del tiempo de refrigeración

Para calcular el tiempo de refrigeración, en primer lugar, se determinó las propiedades termo-físicas de las canales que dependen de la composición química, estructura y temperatura corporal al finalizar el faenamamiento. En el apéndice C se encuentran las expresiones matemáticas

establecidas por Okos y Choi que se utilizaron en este apartado. La tabla 7 resume los valores calculados de las propiedades.

Tabla 7
Propiedades térmicas de las canales

Parámetro	Valor y unidades
Densidad	$\rho = 1343,0955 \frac{kg}{m^3}$
Conductividad térmica	$k = 0,5196 \frac{W}{m \text{ } ^\circ C}$
Calor específico	$Cp = 3,5992 \frac{kJ}{kg \text{ } ^\circ C}$

Con todos los datos calculados en el apéndice A se obtiene que el tiempo que tomará al punto más caliente de la canal llegar a la temperatura de refrigeración es de 21,96 h.

3.1.3 Cálculo de las cargas térmicas

La tabla 8 resume los valores obtenidos de las cargas que se removieron para mantener la cámara y su contenido refrigerado a la temperatura deseada. El apéndice A se encuentra de forma detallada cada uno de los cálculos realizados.

Tabla 8
Resultado de las cargas térmicas asociadas a la cámara de refrigeración

Carga térmica	Valores
Calor del producto	$Q_r = 0,2726 kW$
Calor por transmisión en paredes, techo y piso	$Q_t = 1,1921 kW$
Calor por infiltración	$Q_i = 0,6536 kW$
Calor por iluminación	$Q_l = 0,0064 kW$
Calor liberado por personas	$Q_p = 0,0027 kw$
Calor liberado por ventiladores	$Q_v = 0,1153 kW$

Por último, se determinó el valor total de calor que debe retirar el sistema de refrigeración mediante la suma los calores expuestos en la tabla anterior, obteniendo como resultado $Q_T = 2242,66 W$. Seguido, se agregó el factor seguridad del 10% que asegura el cubrimiento de cualquier carga extra que se presente en la cámara obteniendo lo siguiente $Q_T = 2466,92 W$.

3.1.4 Selección del refrigerante

A continuación, se presenta la tabla 9 de la matriz de decisión utilizada para la selección del refrigerante, de acuerdo con los criterios especificados.

Tabla 9
Matriz de decisión del refrigerante a utilizar en el sistema

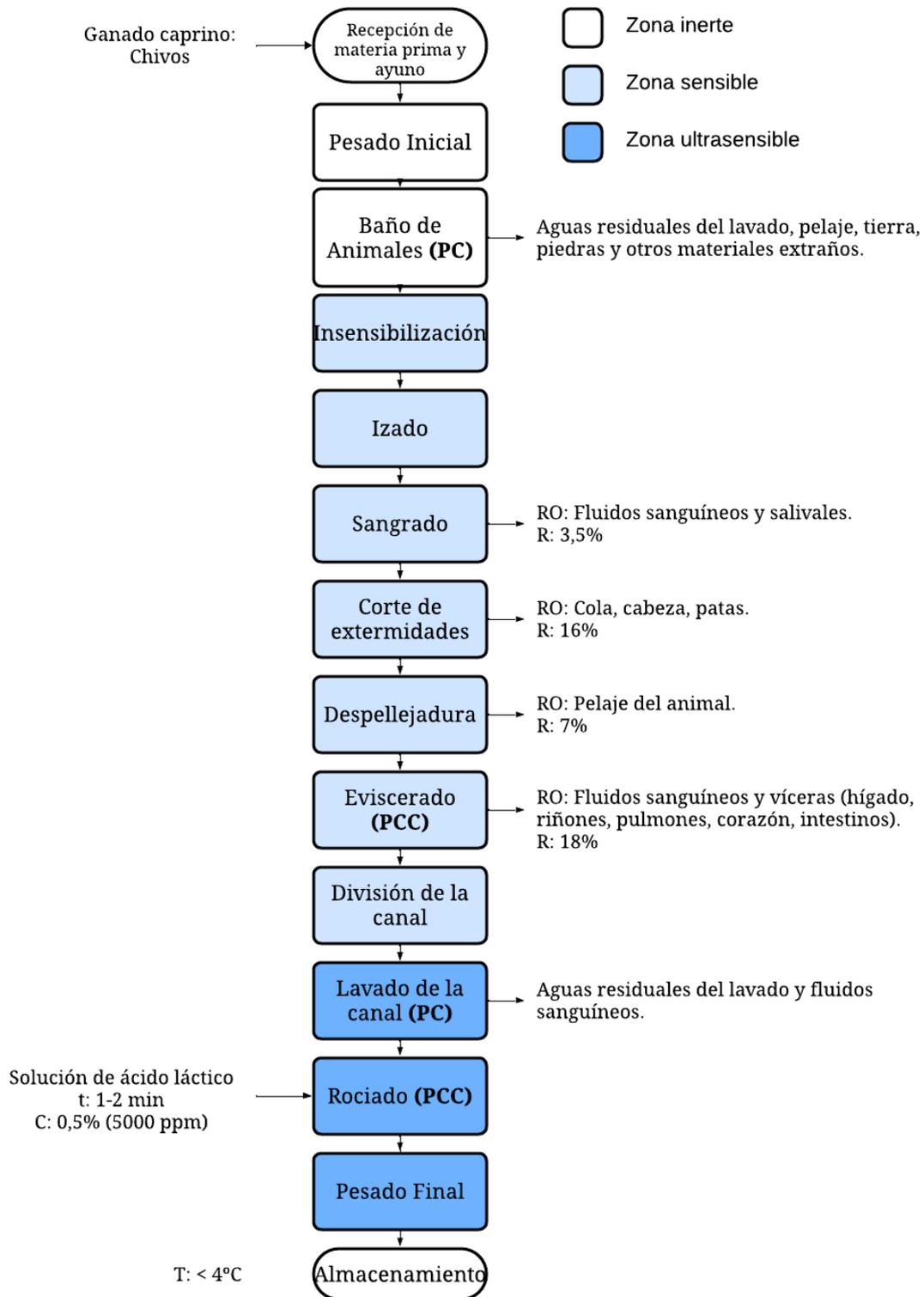
	Ponderación	R 4040A		R 134a		R 507	
		Calificación	Valor	Calificación	Valor	Calificación	Valor
Clasificación							
AHSRAE	0.3	5	1.5	5	1.5	5	1.5
Fugas	0.3	4	1.2	5	1.5	4	1.2
Entalpía	0.2	4	0.8	5	1	4	0.8
Volumen específico	0.2	5	1	3	0.6	5	1
Total	1		4.5		4.6		4.5

Por tanto, el refrigerante R-134a fue seleccionado por tener las características necesarias para ser utilizado en el sistema de enfriamiento de la cámara de refrigeración.

3.2 Diagrama de flujo de proceso

Figura 4

Diagrama de flujo del proceso de faenamiento de chivos



Nota. Elaboración propia.

La figura 4 muestra el diagrama del proceso del faenamiento, este presenta los residuos generados en diversas etapas, materia prima, puntos de control y puntos críticos de control.

También, proyecta la separación de las etapas por zonas, donde la zona inerte está constituida desde la etapa de recepción de materia prima y ayuno, hasta el baño de animales, donde también se incluye el almacenamiento porque es una zona con bajas temperaturas. De la misma forma, las etapas de insensibilización hasta división de la canal pertenecen a la zona sensible porque en estas sucede la transformación de la materia prima. Por último, las etapas de lavado de la canal hasta pesado final pertenecen a la zona ultrasensible, debido a que en esta zona el producto es sometido a un tratamiento de desinfección.

A continuación, la descripción de las etapas del proceso de faenado:

Recepción de materia prima y ayuno

Esta etapa tiene como finalidad revisar que el ganado se encuentre sano y sin daños físicos antes de ser procesado. Una vez que lleguen los chivos a los corrales, estos son sometidos a un ayuno de 14 horas de dieta hídrica, con el fin de facilitar el posterior eviscerado y reducir los riesgos de contaminación. Además, se debe tener en consideración que los chivos deben estar vacunados y desparasitados al menos un mes antes del faenamiento, para evitar la presencia de residuos de antibióticos en las canales, proceso que se realiza bajo un control veterinario.

Pesado inicial

Se realiza este paso para conocer el peso del animal antes de comenzar con el faenado y obtener los rendimientos del producto. El chivo ingresa al sistema productivo con un peso vivo de aproximadamente 30 kg.

Baño de animales

Se considera el baño de los animales como un Punto de Control, debido a que, en esta se etapa se realiza el retiro de pelos, piedras u otros materiales extraños que estén presentes en el animal, lo que disminuye al riesgo de contaminación en procesos posteriores.

Insensibilización

El animal se coloca en el cajón de aturdimiento para evitar que realice movimientos bruscos y tenga el menor estrés posible. Posteriormente, es insensibilizado con un equipo de aturdimiento eléctrico, donde la zona de contacto que es debajo de cada oreja del animal debe estar previamente humedecida con agua utilizando atomizadores y permanecer en contacto con las pinzas durante 4 a 10 segundos (Agrocalidad, 2020). Además, el nivel mínimo de corriente que se debe aplicar es de 1,0 amps.

Izado

El animal se coloca en un sistema de rieles aéreo, donde, es izado en los tendones de las extremidades traseras, debido a que, esta zona es capaz de resistir el peso del animal sin causar daños o rupturas, colocando la cabeza y extremidades superiores hacia abajo para facilitar el desarrollo de las siguientes etapas.

Sangrado

Este proceso inicia con el corte profundo en la sección transversal a nivel del pecho que implica el corte de las arterias carótidas y las venas yugulares (Agrocalidad, 2020). El sangrado debe realizar en los 15 segundos siguientes del aturdimiento para garantizar una muerte rápida y sin sufrimiento del animal. Además, en esta etapa se realiza una espera de 2-5 minutos para que los fluidos sanguíneos sean drenados del cuerpo, obteniendo una pérdida de peso del 3,5%.

Corte de extremidades

En esta etapa se procede a cortar la cabeza, cola, extremidades anteriores y posteriores del animal, el cual representan el 16% respecto al peso vivo.

Despellejadura

En esta etapa se retira la piel o pelaje del animal faenado, resultando en la pérdida de peso del 7%.

Eviscerado

Se extraen los órganos internos del animal, tanto las vísceras blancas como las rojas, presentes en el abdomen y tórax, el cual representa el 18% del peso total del animal. Además, se considera un Punto Crítico de Control porque existe el riesgo de contaminación microbiológica por el rompimiento de cualquier órgano que se esté extrayendo, esta operación debe realizarse con precaución.

División de la canal

Después del eviscerado, la canal se divide longitudinalmente por la columna vertebral, la separación se realiza dejando la cola del lado izquierdo.

Lavado de la canal

Las canales son sometidas a un chorro de agua a presión, por lo que saldrán residuos de agua y fluidos sanguíneos. Se considera un Punto de control, ya que la disminución de residuos permitirá obtener un producto con mejor apariencia y facilitará la posterior desinfección.

Rociado

En esta etapa se rocía una solución desinfectante por todo el producto, este proceso utiliza una solución de ácido láctico con una concentración de 0,5 % (5000 ppm) (Yanchaliquín, 2013). cuya aplicación debe mantenerse por un tiempo entre 1 y 2 minutos antes de la siguiente etapa.

Pesado final

El objetivo de esta operación es obtener el peso final de las canales después del faenado, para así obtener los rendimientos del proceso, el cual, considerando los porcentajes mencionados en las etapas anteriores, se obtiene un rendimiento final del 55%, que representa un peso final de 16,50 kg.

Almacenamiento

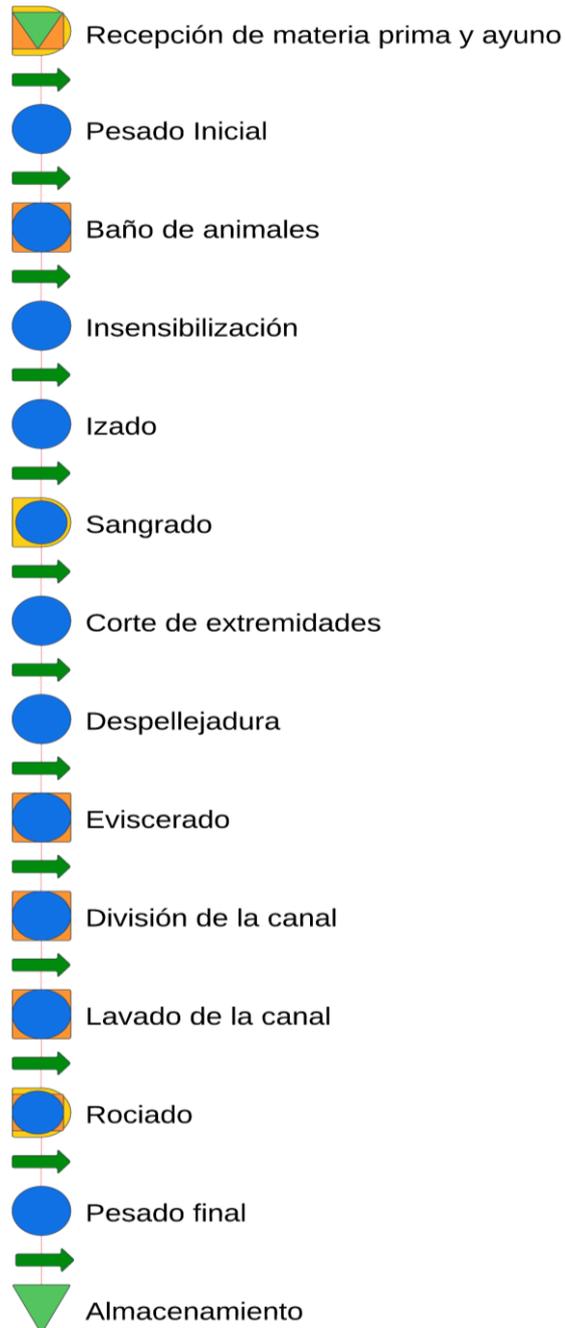
Las canales son almacenadas en refrigeración a 4°C, el producto se coloca dentro de la cámara frigorífica de manera suspendida en barras metálicas con ganchos.

3.2.1 Diagrama de recorrido sencillo

La figura 5 muestra el diagrama de recorrido sencillo, para la obtención de este diagrama se realizó un análisis previo, el cual se muestra en el apéndice F.

Figura 5

Diagrama del recorrido sencillo del proceso de faenamiento



Nota. Elaboración propia.

3.3 Diagrama de flujo de ingeniería de procesos

En la figura 6, se visualiza los equipos utilizados durante el proceso de faenamiento

Figura 6

Diagrama de flujo de ingeniería de proceso de faenamiento de chivos



Nota. Elaboración propia.

Balanza de suspensión

Mediante este equipo se determina el pesaje del chivo con precisión específica antes de ingresar el proceso de faenamiento, se utiliza durante el proceso de pesado inicial.

Cajón de aturdimiento

Este equipo cumple la función de inmovilizar al chivo, durante el proceso de insensibilización.

Pinzas de aturdimiento eléctrico

Se utiliza durante la insensibilización cuya función es provocar en el animal la pérdida de conciencia previa a su muerte.

Sistema de Rieles

El sistema de rieles se utiliza para transportar las canales de los animales faenados desde el proceso de izado hasta el lavado de las canales.

Batea para sangrado

Este equipo está presente en el proceso de sangrado, tiene como función recolectar los fluidos sanguíneos y salivales del animal.

Carrito para desechos

Los carritos para desechos se utilizan para recolectar todo el material biológico extraído de la canal que es considerado residuo de las etapas de corte de extremidades, despellejadura y eviscerado.

Balanza digital

Este equipo se utiliza en el pesado final, cuya función radica en medir el peso final de la canal antes de ser almacenadas.

Cámara de refrigeración

Tiene la función de mantener la temperatura de las canales a 4°C, evitando el desarrollo acelerado de microorganismos durante el almacenamiento.

3.4 Diagrama de Gantt

Para realizar el diagrama se consideraron todas las etapas del proceso, en el apéndice G se presentan los tiempos que toma cada actividad con un cuello de botella de 20 minutos.

También se definió que 6 personas estarán en la planta divididas por secciones del proceso.

3.5 Propuesta de distribución de la planta

3.5.1 Disponibilidad de espacios

En el apéndice G se presenta la tabulación de todas las áreas en metro cuadrado de las 19 áreas establecidas tanto para las zonas productivas como no productivas de la planta, cuyo cálculo arrojó como resultado un área total de 115,86 m². Este valor fue calculado en base a los criterios de la superficie estática, gravitación y de evolución.

3.5.2 Tabla relacional de actividades

En la figura 7 se detalla las relaciones de proximidad de deberán tener los distintos departamentos en la planta, basados en los criterios de valoración y necesidad de cercanía o lejanía mencionados en el capítulo 2.

Figura 7

Proximidad de relación entre áreas.

TABLA DE RELACIÓN DE ACTIVIDADES																		
Nº	Actividades	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
1	Recepción y Ayuno	X2	X2	X2	X2	X6	X2	X2	X2	X5	X5	X5	X5	X5	X5	E1	E1	
2	Pesado Inicial	X2	X2	X2	X2	X6	X2	X2	X2	X5	X5	X5	X5	X5	X5	A1		
3	Baño de animales	X2	X2	X2	X2	X6	X2	X2	X2	X5	X5	X5	X5	X5	E1			
4	Insensibilización	X5	X2	X2	X2	X6	X2	X2	O1	O1	O1	O1	E1	A1				
5	Izado	X5	X2	X2	X2	X6	X2	X2	O1	O1	O1	O1	A1					
6	Sangrado	X5	X2	X2	X2	X6	X2	X2	O7	O7	O7	I7						
7	Corte de extremidades	X5	X2	X2	X2	X6	X2	X2	I7	E7	A1							
8	Despellejadura	X5	X2	X2	X2	X6	X2	X2	I1	A1								
9	Eviscerado	X5	X2	X2	X2	X6	X2	X2	E1									
10	División de la canal	X5	X2	X2	X2	X6	I1	I1										
11	Lavado de la canal	I8	X6	X6	O6	O6	A1											
12	Rociado con ácido láctico	I3	X6	X6	E8	I1												
13	Pesado	X6	X6	X6	A1													
14	Almacenamiento	X6	X6	X6														
15	Oficinas	I8	E8															
16	Vestuarios y baños	O8																
17	Laboratorio																	

Nota. Elaboración propia.

3.5.3 Estimación del plano de distribución de la planta

Con los datos obtenidos de la tabla de la disponibilidad de espacio y la tabla relacional de actividades, se procedió a ingresar la información en el software CORELAP, tal como se observa en la figura 8.

Por consiguiente, el software analizó los datos y nos propuso una reordenación de los departamentos definidos en el nivel de proximidad entre cada uno de ellos, cuya distribución se observan en las figuras 9.

Figura 8

Planteamiento de espacios y las relaciones entre departamentos en CORELAP.

¿Cuántos departamentos quiere implantar?

A=6, E=5, I=4, O=3, U=2, X=1

Nombre Departamento	Tamaño Depart. m2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1 Recepción y ayun	3105		E	E	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2 Pesado inicial	46575			A	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
3 Lavado	41745				E	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
4 Insensibilización	322					A	E	O	O	O	O	X	X	X	X	X	X	X
5 Izado	2429375						A	O	O	O	O	X	X	X	X	X	X	X
6 Deguello	184							I	O	O	O	X	X	X	X	X	X	X
7 Corte extremidad	5198								A	E	I	X	X	X	X	X	X	X
8 Despellejadura	46									A	I	X	X	X	X	X	X	X
9 Eviscerado	46										E	X	X	X	X	X	X	X
10 División de la cana	1681875											I	I	X	X	X	X	X
11 Lavado de la canal	1681875												A	O	O	X	X	I
12 Rociado con AL	11385													I	E	X	X	I
13 Pesado Final	8625														A	X	X	X
14 Almacenamiento	3105															X	X	X
15 Oficinas	99705																E	I
16 Vestuarios y baños	7452																	O

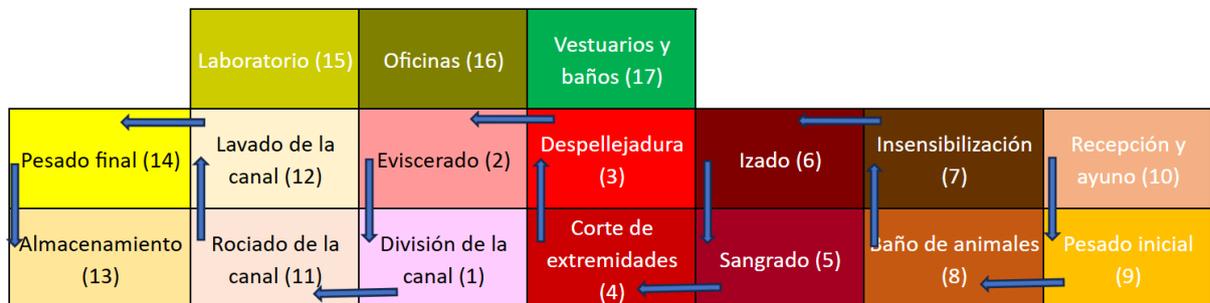
Nota. Elaboración propia.

Figura 9
Propuesta de distribución para Layout



Nota. Información obtenida de CORELAP

Figura 10
Interpretación de los resultados brindados por CORELAP



Nota. Elaboración propia.

La figura 10 muestra la interpretación de la figura 9. La distribución presentada en la figura 10 arroja un proceso en forma de S para todas las áreas productivas, aquellas numeradas desde 1 hasta el 14. El layout obtenido a través del CORELAP fue modificado para evitar la contaminación por parte de las áreas no productivas, los baños, oficinas y laboratorio (17, 16 y 15 correspondientemente) fueron separadas de las otras áreas, como se puede observar en el Layout del apéndice I.

3.6 Viabilidad económica

En el apéndice J, se detalla cada uno de los costos relacionados con el primer acercamiento al diseño de la planta con una proyección de 5 años. Los resultados obtenidos para el TIR y VAN fueron de 32% y \$25.805 respectivamente, considerando una tasa de descuento del 20%, estos valores indican que el proyecto es rentable y es viable su implementación. No obstante, el precio de venta de las canales obtenidas considerando el rendimiento final fue de \$155 con una utilidad del 30%, esto corresponde a que el producto no sea competitivo en el mercado nacional ya que, para una canal de 16 kg el precio es de \$126.

Por tanto, se estableció otro escenario donde se incremente el volumen de producción a 20 canales diarias, considerando los gastos que se generan al aumentar la producción, los cuales corresponden a mano de obra y materia prima. Con estos cambios propuestos se obtiene un TIR y VAN mayor como se observa en la tabla 10 y el precio de venta de cada canal con el mismo margen de utilidad sería de \$123 otorgando esa competitividad al producto.

Tabla 10
TIR y VAN escenario real vs escenario propuesto

Indicadores Financieros	Condiciones reales	Condiciones propuestas
VAN	\$25.805	\$117.792
TIR	32%	68%

Capítulo 4

4 Conclusiones y recomendaciones

4.1 Conclusiones

- El diseño de la planta de faenamiento de chivos comprende un área total de 115,86 m², cuya distribución de departamentos, equipos, personal y materia prima mejora los flujos de trabajo, reduce los riesgos de contaminación cruzada y asegura el cumplimiento de las normas sanitarias y de bienestar animal vigentes.
- El diagrama de flujo permitió visualizar de manera clara y detallada cada una de las 14 etapas del proceso. Además, por medio de este esquema se logró identificar los puntos críticos de control, los equipos en base al volumen de producción establecido y los residuos correspondientes a cada etapa productiva. De tal manera que, se establecieron los rendimientos de cada operación.
- La incorporación del diseño de la cámara de refrigeración permite que las canales obtenidas mantengan la temperatura de 4°C para evitar el crecimiento microbiano y que cumplan con su proceso químico de rigor mortis para su posterior desposte. De esta manera, se preserva la inocuidad y calidad del producto final durante el almacenamiento.
- Los indicadores financieros el TIR y el VAN reflejaron que el proyecto es económicamente rentable a largo plazo, por lo que, es factible su implementación dentro la comunidad.

4.2 Recomendaciones

- Se recomienda que este proyecto sea complementado con un sistema de tratamiento adecuado de los subproductos y residuos tanto sólidos como líquidos generados durante el faenamiento, cuyo objetivo es generar nuevas líneas productivas y reducir el impacto ambiental que produce esta actividad.
- Realizar capacitaciones a los trabajadores de la planta en temas relacionados con la operación y utilización de equipos, manejo de los animales en los corrales de recepción y prácticas de higiene con la finalidad de reducir riesgos laborales y mejorar la productividad.
- Se recomienda realizar estudios de mercado que proyecten el crecimiento en ventas de los canales de chivo, así como realizar análisis complementarios de técnicos de otras áreas relacionadas a la implementación de la planta acorde a leyes y normativas vigentes, para tener una mejor visión de este primer acercamiento.

Referencias

Agrocalidad. (2024). *Bienestar animal faenamiento de animales de producción.*

<https://www.agrocalidad.gob.ec/wp-content/uploads/2024/10/Manual-Bienestar-Faenamiento.pdf>

Agrovesti. (2019). *Productos caprinos y su procesamiento.*

<https://agrovesti.net/lib/industries/small-cattle/produktsiya-kozovodstva-i-ee-pererabotka.html>

Animal Science Facts. (2004). *Caprinos: Aspectos básicos.* Obtenido de

<https://content.ces.ncsu.edu/caprinos-aspectos-basicos>

Alva, J. (2023). *Análisis de la cadena de valor de la crianza de ganado vacuno en Campo Verde – Ucayali mediante el enfoque de sostenibilidad* [Tesis de grado Universidad Católica del Perú]. PUCP.

https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/26879/ALVA_ZELADA_JACKELINE_ANALISIS_CADENA_VALOR.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Aréchiga, C., Aguilera, J., Rincón, R., Méndez de Lara, S., Bañuelos, V., y Meza-Herrera, C.

(2008). Situación actual y perspectivas de la producción caprina ante el reto de la globalización. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 9(1), 1-14.

<https://www.redalyc.org/pdf/939/93911227001.pdf>

ASHRAE. (2022). *Update on new refrigerants designations and safety classification.*

https://www.ashrae.org/file%20library/technical%20resources/bookstore/factsheet_ashrae_english_november2022.pdf

Bautista, M.A. (2023). *Gerencia Organizacional Enfocada a Procesos de Ingeniería Civil: Desempeño de Organizaciones a Través de las Herramientas de Lean Construction, Diagrama de Gantt y Planificación Estratégica* [Tesis de grado Universidad Militar Nueva Granada]. Repository UNIMILITAR.
<https://repository.unimilitar.edu.co/server/api/core/bitstreams/bd203d8b-0ba1-4f3a-8e86-5edfc76e69a1/content>

Burgos, S. (2023). *Manual de buenas prácticas de higiene (BPH); para el faenamiento en el camal municipal del cantón joya de los Sachas, provincia de Orellana* [Tesis de grado Universidad Nacional de Chimborazo]. Dspace UNACH.
<http://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/10543/3/BURGOS%20SERGIO%20%282023%29%20MANUAL%20DE%20BUENAS%20PR%C3%81CTICAS%20DE%20HIGIENE%20%28BPH%29%20PARA%20EL%20FAENAMIENTO%20EN%20EL%20CAMAL%20MUNICIPAL%20DEL%20CANT%C3%93N%20DE%20LA%20JOYAS%20DE%20LOS%20SACHAS%20%281%29.pdf>

Casp, A. (2005). *Diseño de industrias agroalimentarias*. Madrid: Mundi-Prensa

Chel-Guerrero, L., Barrientos-Ávila, C., Castellanos-Ruelas, A., Gallegos-Tintoré, S. & Betancur-Ancona, D. (2024). Propiedades fisicoquímicas de la leche de cabra en unidades productivas a pequeña escala. *REV MVZ Córdoba*, 29(3), 3555.
<https://doi.org/10.21897/rmvz.3555>

Colonna M.A., Rotondi P., Selvaggi M., Caputi-Jambrenghi A., Ragni M., Tarricone S. (2020). Sustainable Rearing for Kid Meat Production in Southern Italy Marginal Areas: A Comparison among Three Genotypes. *Sustainability*, 12(17), 6922.
<https://doi.org/10.3390/su12176922>

Danfoss. (2018). *Coolselector 2* (versión 5.4.5) [Software de computador]. Danfoss Engineering Tomorrow <https://www.danfoss.com/es-es/service-and-support/downloads/dcs/coolselector-2/#tab-downloads>

Delgado, H., Roque, E., Cedeño, C. & Villoch A. (2015). Análisis del cumplimiento de las Buenas Prácticas de faenado en cinco mataderos municipales de Manabí, Ecuador. *Revista de Salud Animal*, 37(2), 69-78.
http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0253-570X2015000200001&Ing=es&tIng=es

Deschamps, S. y Giovenali, L. (2023). *Utilización de residuos del cultivo de alcaucil en dietas para caprinos* [Tesis de grado Universidad Nacional de la Plata]. SEDICI UNLP.
https://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/168897/Documento_completo.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Devendra, C. y Haenlein GFW. (2011). Animals that Produce Dairy Foods | Goat Breeds. En *Encyclopedia of Dayry Sciences*. 310-324. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-374407-4.00035-2>

FAO. (1993). *Estructura y funcionamiento de mataderos medianos en países en desarrollo*.
<https://www.fao.org/4/t0566s/T0566S01.htm#ch1>

FAO. (2005). *Higiene de los alimentos. Textos básicos*. Obtenido de <https://www.fao.org/4/y1579s/y1579s00.htm#Contents>

FAO. (2007). *Buenas prácticas para la industria de la carne*.
<https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/1f7d5afe-ccc5-4e08-8532-eb42f01ce53a/content>

FRIO RECORD. (2024). Catálogo de gas refrigerante. <https://www.friorecord.com/gases-refrigerantes>

Heatcraft. (2008). Manual de Entrenamiento Técnico Avanzado. San José Dos Campos, Brasil.

Instituto Nacional de Estadística y Censo (INEC). (2021). *Encuesta de Producción Agropecuaria Continua*. Recuperado de <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/encuesta-de-produccion-agropecuaria-continua/>.

Ka'oje, A.B. y Bello, A. (2021). Goat (*Capra aegagrus hircus*) Production in Nigeria. *Scholarly Journal of Agricultural Science*, 11(3), 33-41. <http://www.scholarly-journals.com/SJAS>

Núñez-Esquer, M.A., Garcilaso-Véjar, J.A.& Ruíz-Manríquez, A. (2004). Evaluación de esquemas de diferencia finita para la construcción de las cartas de Gurney-Lurie. *Revista Mexicana de Física* 51(2), 74-83

Organización Mundial de Sanidad Animal (OIE). (2024). *Código Sanitario para los Animales Terrestres*. https://www.woah.org/fileadmin/Home/esp/Health_standards/tahc/current/chapitre_aws_laughter.pdf

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). (1991). *Manual de funcionamiento y gestión de cámaras frigoríficas para la carne*. <https://www.fao.org/4/t0098e/T0098E02.htm#ch1.1>

Pantoja-Guerra, M. O., Guerrero-Villegas, W. M., Rosero-Rosero, P. M. y Villares-Villafuerte, H. (2024). Cadena de valor y externalidades ambientales en procesos de faenamiento: GAD Montúfar, Carchi, Ecuador. *Revista Sociedad & Tecnología*, 7(3), 252-268. <https://doi.org/10.51247/st.v7i3.448>

- Pesántez, M. y Sánchez-Macías D. (2021). La caprinocultura en Ecuador: un sector próspero y emergente. *International Goat Association*, 68-72. https://www.iga-goatworld.com/uploads/6/1/6/2/6162024/tierras_caprinas_ecuador_abril_2021.pdf
- Pilatuña, M.A. (2016). *Elaboración de mortadela utilizando carne de Capra aegagrus hircus (cabra) con diferentes niveles de harina de Sorghum bicolor L. moench (sorgo)* [Tesis de grado Escuela Superior Politécnica de Chimborazo]. Dspace Espoch. <http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/7165/1/27T0342.pdf>
- Ramírez, S., Carrera, R., Gutierrez, A., Martínez, G., Linares, J. y Hernandez, A. (2022). Influencia del bienestar animal durante el manejo pre-sacrificio en la calidad de la carne. *JÓVENES EN LA CIENCIA*, 14, 1-13. <https://doi.org/10.15174/jc.2022.3474>.
- Ripoll, G., Córdoba, M. de G., Alcalde, M. J., Martín, A., Argüello, A., Casquete, R., & Panea, B. (2019). Volatile organic compounds and consumer preference for meat from suckling goat kids raised with natural or replacers milk. *Italian Journal of Animal Science*, 18(1), 1259–1270. <https://doi.org/10.1080/1828051X.2019.1646107>
- Rojas-Hernández, D., Espinosa-Martínez, E. y Pelegrín-Mesa, A. (2021). Propuesta de cadena de valor en la fabricación de paneles fotovoltaicos. *Escritos Contables y de Administración*, 12(2), 68-98. <https://doi.org/10.52292/j.eca.2021.2654>
- Rottländer, H., Umrath, W. & Voss, G. (2016). Fundamentals of leak detection https://www.leyboldproducts.com/media/pdf/90/c7/87/Fundamentals_of_Leak_Detection_EN.pdf
- Salgado-Pardo J.I., Delgado-Bermejo J.V., González-Ariza A., León-Jurado J.M., Marín-Navas C., Iglesias-Pastrana C., Martínez-Martínez Mda., Navas-González F.J. (2022).

Candidate Genes and Their Expressions Involved in the Regulation of Milk and Meat Production and Quality in Goats (*Capra hircus*). *Animals*, 12(8), 988.

<https://doi.org/10.3390/ani12080988>

Servicio Ecuatoriano de Normalización (INEN). (1985). *Carne y productos cárnicos Faenamiento*. (NTE INEN 1218:1982-02)

Sociedad Brasileña de Ciencia Animal. (2021). Performance, carcass traits, and meat fatty acid profile and quality of Anglo-Nubian kids fed diets supplemented with vegetable oils.

Revista Brasileira de Zootecnia, 50. <https://doi.org/10.37496/rbz5020200056>

Sotomayor-Santos, C., Dayenoff-Rucik, P.M. y Parraguez-Gamboa, V.H. (2019). *OVEJAS, Cabras y camélidos en Latinoamérica: producción, salud y comercialización*. Asociación Latinoamericana de Especialistas en Pequeños Rumiantes y Camélidos Sudamericanos (ALEPRyCS). https://www.iga-goatworld.com/uploads/6/1/6/2/6162024/ovejas_cabras_y_camelidos_en_latinoamerica.pdf

Stergiadis S., Nørskov N.P., Purup S., Givens I., Lee, M.R.F. (2019). Comparative Nutrient Profiling of Retail Goat and Cow Milk. *Nutrients*, 11(10), 2282.

<https://doi.org/10.3390/nu11102282>

Yanchaliquín, A.G. (2013). *Utilización de ácido láctico como desinfectante en canales bovinos* [Tesis de grado Escuela Superior Politécnica de Chimborazo]. Dspace Espoch.

<http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/3837/1/27T0271.pdf>

APÉNDICES

APÉNDICE A

Cálculo de las dimensiones y densidad de almacenamiento de la cámara

Se realizaron los siguientes cálculos en base a la capacidad máxima de 40 canales que tendrá la cámara.

Carga Máxima = número de canales por almacenar x peso por canal

$$Carga\ Máxima = 40\ canales * 18,1437 \frac{kg}{canales}$$

$$Carga\ Máxima = 725,7480\ kg$$

Por consiguiente, para determinar la longitud de la barra, se realizó el cociente entre la carga máxima y la densidad de carga.

Longitud de las rieles = carga máxima/densidad de carga

$$Longitud\ de\ las\ rieles = \frac{725,7480\ kg}{54,4311 \frac{kg}{m\ de\ riel}}$$

$$Longitud\ de\ las\ rieles = 13,33\ m\ lineales$$

Los 13,33 m lineales obtenidos que ocupan las canales en los rieles, se transformaron a 15 m para establecer un arreglo exacto de 3 barras de 5 metros de longitud cada uno. Por último, se calculó el área y el volumen total que tendrá la cámara, por medio de las siguientes expresiones.

Área total = (largo del riel + espacio entre riel y pared)

** (espacio de separación entre las barras*

+ espacio entre riel pared)(m²)

$$Área\ total = (5 + (2 * 0,85)) * (2 + (2 * 0,85))\ m^2$$

$$\text{Área total} = 24,79 \text{ m}^2$$

Volumen total = Área Total x Altura

$$\text{Volumen total} = 24,79 \text{ m}^2 * 3 \text{ m}$$

$$\text{Volumen total} = 74,37 \text{ m}^3$$

Características geométricas de la canal

En relación con la figura 1 de la sección de metodología se definió que el espesor del muslo es de 0,2 m, que corresponde al parámetro R , para el radio o distancia desde el centro de la canal hasta el punto a analizar r el valor es de 0,1 m.

Coefficiente de transferencia de calor

El coeficiente de transferencia de calor por convección h se calculó utilizando la ecuación 2.2, dando como resultado un valor de $19,4665 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C}$.

Cálculo de las Cargas

Calor del producto

Esta carga térmica corresponde al calor que se extrae de las canales que se almacenan en un día laborable en el tiempo calculado de 22 horas.

$$Q_r = \frac{m C_p \Delta T}{t}$$

$$m = 16,6 \text{ kg} * 10 \text{ canales} = 165,00 \text{ kg}$$

$$C_p = 3,5992 \frac{kJ}{kg \cdot ^\circ C}$$

$$T_i = 40,3 \text{ } ^\circ C$$

$$T_f = 4 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$t = 79071,5335 \text{ s}$$

$$Q_r = \frac{165 \text{ kg} * 3,5992 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}^\circ\text{C}} (40,3 - 4)^\circ\text{C}}{79071,5335 \text{ s}}$$

$$Q_r = 0,2726 \text{ kW}$$

Calor por transmisión

La plancha seleccionada para la fabricación de las paredes y techo de la cámara fue el panel sándwich debido a su núcleo inyectado de PUR (poliuretano) de alta densidad con un valor de $38 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ y espesor de 100 mm , permitiendo el aislamiento del calor. Además, con las propiedades físicas y térmicas de la plancha, se calculó el valor del coeficiente de transmisión térmica, obteniendo que $U = 0,24 \frac{\text{W}}{\text{m}^2^\circ\text{C}}$

Calor por transmisión del techo

El área corresponde a la multiplicación de las dimensiones totales de la cámara.

$$Q_t = UA \Delta T$$

$$U = 0,24 \frac{\text{W}}{\text{m}^2^\circ\text{C}}$$

$$A = 6,7 * 3,7 = 24,79 \text{ m}^2$$

$$T_{\text{interna}} = 2 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$T_{\text{exterior}} = 30 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$Q_t = 0,24 \frac{\text{W}}{\text{m}^2^\circ\text{C}} (24,79 \text{ m}^2) (30 - 2)^\circ\text{C}$$

$$Q_t = 0,1666 \text{ kW}$$

Calor por transmisión de las paredes

Para el siguiente cálculo se tomó en consideración el efecto de la radiación en la corrección de la temperatura, donde se aproximó los incrementos de temperatura en relación con el color y orientación de la superficie afectada, estos datos fueron obtenidos de la ASHRAE y se especifican en la tabla 11.

Tabla 11
Incidencia de la radiación solar sobre las paredes

Incrementos de Temperatura (°C)				
Superficie	Norte	Este	Oeste	Techo plano
Colores oscuros	3,0	5,0	5,0	11,0
Colores grises	2,0	3,5	3,5	8,5
Colores claros y blancos	1,5	2,5	2,5	5,0

Nota. Datos tomados de ASHRAE (2010).

Dentro de las especificaciones de la tabla 11, se consideró que las paredes serán de colores blancos y claros. A continuación, se presenta el cálculo de las paredes.

Pared Norte

$$Q_p = UA \Delta T$$

$$U = 0,24 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C}$$

$$A = 6,7 * 3 = 20,10 \text{ m}^2$$

$$T_{interna} = 2 \text{ } ^\circ C$$

$$T_{exterior} = 30 + 1,5 = 31,5 \text{ } ^\circ C$$

$$Q_p = 0,24 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C} (20,10 m^2) (31,5 - 2) ^\circ C$$

$$Q_p = 0,1423 \text{ Kw}$$

Pared Sur

$$Q_p = UA \Delta T$$

$$U = 0,24 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C}$$

$$A = 6,7 * 3 = 20,10 m^2$$

$$T_{interna} = 2 ^\circ C$$

$$T_{exterior} = 30 ^\circ C$$

$$Q_p = 0,24 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C} (20,10 m^2) (30 - 2) ^\circ C$$

$$Q_p = 0,1351 \text{ kW}$$

Pared Este

$$Q_p = UA \Delta T$$

$$U = 0,24 \frac{W}{mk}$$

$$A = 3,7 * 3 = 11,10 m^2$$

$$T_{interna} = 2 ^\circ C$$

$$T_{exterior} = 30 + 2,5 = 32,5 ^\circ C$$

$$Q_p = 0,24 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C} (11,10 m^2) (32,5 - 2) ^\circ C$$

$$Q_p = 0,0813 \text{ kW}$$

Pared Oeste

$$Q_p = UA \Delta T$$

$$U = 0,24 \frac{W}{mk}$$

$$A = 3,7 * 3 = 11,10 \text{ m}^2$$

$$T_{interna} = 2 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$T_{exterior} = 30 + 2,5 = 32,5 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$Q_p = 0,24 \frac{W}{m^2^\circ\text{C}} (11,10 \text{ m}^2) (32,5 - 2)^\circ\text{C}$$

$$Q_p = 0,0813 \text{ kW}$$

Calor por transmisión del piso

Los pisos para este tipo de cámara no requieren recubrimiento, debido a que la temperatura interna no se encuentra por debajo de los 0 °C. Por tanto, siguiendo el manual de ingeniería de Heatcraft el material seleccionado fue concreto con un espesor de 152,4 mm, tal como se observa en la figura 11.

Figura 11

Especificaciones para el cálculo del coeficiente de transmisión térmica

Insulation (Inches)				R	Heat Load (BTU Per 24 Hours Per One Square Foot of Outside Surface)																	
Cork or Mineral Wool k = .30	Glass Fiber or Poly- Styrene k = .26	Urethane (Sprayed) k = .16	Urethane (Foamed in Place) k = .12		Temperature Reduction in °F. (Outside Air Temperature Minus Room Temperature)																	
					1	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110	115	120
	1			4	5.10	204	230	255	281	306	332	357	383	408	434	459	485	510	536	561	587	612
	2			8	3.40	136	153	170	187	204	221	238	255	272	289	306	323	340	357	374	391	408
4	3	2		12.6	1.80	72	81	90	99	108	117	126	135	144	153	162	171	180	189	198	207	216
5	4		2	16.4	1.44	58	65	72	79	87	94	101	108	115	122	130	137	144	151	159	166	173
6	5	3		19.6	1.20	48	54	60	66	72	78	84	90	96	102	108	114	120	126	132	138	144
8	6	4	3	25	0.90	36	41	45	50	54	59	63	68	72	77	81	86	90	95	99	104	108
10	8		4	33	0.72	29	32	36	40	43	47	50	54	58	61	65	68	72	76	79	83	86
	10	6		38.7	0.60	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54	57	60	63	66	69	72
			6	50	0.48	19	22	24	26	29	31	34	36	38	41	43	46	48	51	53	55	58
Single window glass				.9	27	1080	1215	1350	1490	1620	1760	1890	2030	2160	2290	2440	2560	2700	2840	2970	3100	3240
Double Window Glass				2.2	11	440	495	550	610	660	715	770	825	880	936	990	1050	1100	1160	1210	1270	1320
Triple Window Glass				3.4	7	280	315	350	390	420	454	490	525	560	595	630	665	700	740	770	810	840
6" Concrete Floor				4.8	5	200	225	250	275	300	325	350	375	400	425	450	475	500	525	550	575	600

Note: Above insulation "K" Factors [Thermal Conductivity, BTU per (hour) (square foot) (°F. per inch of thickness)] and heat gain factors for Cork and Window Glasses are extracted and

reprinted by permission from ASHRAE 1972 HANDBOOK OF FUNDAMENTALS.

Insulation Values

- "K" Factor - Insulating Value of any material is rated by its thermal conductivity
- "U" Factor - Overall coefficient of heat transfer, BTU per hour/per square foot/per degree F.
- "R" Factor - Thermal resistances
- "X" = Inches of Insulation

K	=	UX	=	X/R
U	=	K/X	=	1/R
R	=	1/U	=	X/K

Nota. Figura tomada del manual de ingeniera de Heatcraft, (2008).

Con el valor del factor de resistencia térmica $R = 4,8 \frac{h \cdot ft^2 \cdot F}{BTU}$ se calculó el valor de coeficiente de transmisión térmica, obteniendo que $U = 1,1811 \frac{W}{m^2 \cdot C}$. Además, se consideró que la temperatura del suelo es de 22°C para el cantón Guayaquil (Geopedología y Amenazas geológicas, 2011). Por consiguiente, se determinó la carga térmica.

$$Q_{pi} = UA \Delta T$$

$$U = 1,1811 \frac{W}{m^2 \cdot C}$$

$$A = 6,7 * 3,7 = 24,79 m^2$$

$$T_{interna} = 2 \text{ } ^\circ C$$

$$T_{suelo} = 22 \text{ } ^\circ C$$

$$Q_{pi} = 1,1811 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C} (24,79m^2)(22 - 2)^\circ C$$

$$Q_p = 0,58558 \text{ kW}$$

Por último, se realizó la suma de todos los calores por transmisión, obteniendo lo siguiente:

$$Q_t = (0,1666 + 0,1423 + 0,1351 + 0,0813 + 0,0813 + 0,58558) \text{ kW}$$

$$Q_t = 1,1921 \text{ kW}$$

Calor por infiltración

Para esta carga térmica, se determinó la entalpía de saturación y el volumen específico tanto para el aire exterior como para el aire de la cámara, utilizando la carta psicométrica que se encuentra en el apéndice J. Además, se seleccionó el número de renovaciones por día de acuerdo con el volumen de la cámara, mediante la figura 12, del manual de ingeniería de Heatcraft.

Figura 12

Numero de cambios de aire por día recomendado para determinados volúmenes

Volume Cu. Ft.	Air Changes Per 24hrs.	Volume Cu. Ft.	Air Changes Per 24hrs.	Volume Cu. Ft.	Air Changes Per 24hrs.
200	44.0	2,000	12.0	25,000	3.0
250	38.0	3,000	9.5	30,000	2.7
300	34.5	4,000	8.2	40,000	2.3
400	29.5	5,000	7.2	50,000	2.0
500	26.0	6,000	6.5	75,000	1.6
600	23.0	8,000	5.5	100,000	1.4
800	20.0	10,000	4.9	150,000	1.2
1,000	17.5	15,000	3.9	200,000	1.1
1,500	14.0	20,000	3.5	300,000	1.0

Note: For heavy usage multiply the above values by 2.0
For long storage multiply the above values by 0.6

Nota. Figura tomada del manual de ingeniería de Heatcraft, (2008).

$$Q_i = \frac{V_c \Delta h n_R}{t_{total}}$$

$$V_c = 74,37 \text{ m}^3$$

$$h_{entrada} = 77 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$h_{salida} = 11 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$v_{entrada} = 0,887 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}}$$

$$v_{salida} = 0,785 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}}$$

$$n_R = 10,43$$

$$Q_i = \frac{74,37 \text{ m}^3 * \left(\frac{77 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}}{0,887 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}}} - \frac{11 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}}{0,885 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}}} \right) * 10,43}{24 \text{ h} * \frac{3600\text{s}}{1\text{h}}}$$

$$Q_i = 0,6536 \text{ kW}$$

Calor por iluminación

La cámara se iluminará solo cuando los operarios ingresen a realizar su trabajo. Para este diseño, se consideró la implementación de 4 luminarias de 58W cada una.

$$Q_i = \frac{P \times t}{t_{total}}$$

$$P = 0,058 * 4 = 0,232 \text{ kW}$$

$$t = 0,67 \text{ h}$$

$$t_{total} = 24 \text{ h}$$

$$Q_l = \frac{(0,232 \text{ kW}) (0,67 \text{ h})}{24 \text{ h}}$$

$$Q_l = 0,0064 \text{ kW}$$

Calor liberado por personas

El calor disipado por una persona promedio en un espacio refrigerado mantenido a temperatura T en °C se expresa como:

$$q_p = 270 - 6 T(^{\circ}\text{C}) \text{ (W/persona)}$$

$$Q_p = \frac{q_p \times n \times t}{t_{total}}$$

$$q_p = 0,048 \text{ kW}$$

$$n = 2$$

$$t = 0,67 \text{ h}$$

$$t_{total} = 24 \text{ h}$$

$$Q_p = \frac{0,048 \text{ kW} * 2 * 0,67 \text{ h}}{24 \text{ h}}$$

$$Q_p = 0,0027 \text{ kW}$$

Calor liberado por ventiladores

Para el siguiente cálculo, se debe conocer el caudal de aire, que se describe en la siguiente ecuación, el cual relaciona el número de recambios por hora y el volumen de la cámara donde va a circular el aire. Se consideró que el 70% será ocupado por el producto y el 30% será el espacio de circulación. Por otro lado, los recambios recomendados para cámaras de

enfriamiento de carne están entre 80 y 120 (Heatcraft, 2008), por lo que, se seleccionó un valor de 100 recambios de aire por hora.

$$\# \text{ Recambios} = \frac{\text{caudal}}{\text{volumen de la cámara} * 0,3}$$

$$Q = 100 \frac{\text{recambios}}{h} * 74,37\text{m}^3 * 0,3$$

$$Q = 2231,1 \text{ m}^3/h$$

Una vez obtenido el valor del caudal de aire, se determinó el evaporador que tenga la capacidad necesaria para retirar ese caudal. Por tanto, en la figura 13, extraída del catálogo de evaporadores de perfil bajo, se seleccionó el modelo ATD 090, con dos ventiladores de 63W cada uno.

Figura 13

Especificaciones técnicas de los modelos de evaporadores

Modelo	CAPACIDAD BTUH/ Kcal/hr.10°F /6 °C DT +25 °F TSS/-4°C TSS		Datos del Motor - Ventilador				
	No.		No.	CFM/ m³h	Watts	Amp. 115/1/60	Amp. 230/1/60
ADT 040	4000	1008	1	730 1240	63.00	0.55	0.28
ADT 052	5200	1310	1	700 1189	63.00	0.55	0.28
ADT 065	6500	1637	1	650 1104	63.00	0.55	0.28
ADT 070	7000	1763	2	1460 2481	126.00	1.10	0.56
ADT 090	9000	2267	2	1400 2379	126.00	1.10	0.56
ADT 104	10400	2620	2	1400 2379	126.00	1.10	0.56
ADT 120	12000	3023	2	1300 2209	126.00	1.10	0.56
ADT 130	13000	3275	2	1300 2209	126.00	1.10	0.56
ADT 140	14000	3526	3	2100 3568	189.00	1.65	0.84
ADT 156	15600	3929	3	2100 3568	189.00	1.65	0.84
ADT 180	18000	4534	3	1950 3313	189.00	1.65	0.84
ADT 208	20800	5239	4	2800 4758	252.00	2.20	1.12
ADT 260	26000	6549	5	3250 5522	315.00	2.75	1.40
ADT 312	31200	7859	6	3900 6627	378.00	3.30	1.68
ADT 370	37000	9320	6	3900 6627	378.00	3.30	1.68

Nota. Figura tomada de Catálogo de evaporadores de perfil bajo, (2015).

$$Q_v = \frac{n \times P \times t}{t_{total}}$$

$$P = 0,063 \text{ kW}$$

$$t = 21,9643 \text{ h}$$

$$t_{total} = 24 \text{ h}$$

$$Q_v = \frac{2(0,063 \text{ kW})(21,9643 \text{ h})}{24 \text{ h}}$$

$$\mathbf{Q_v = 0,1153 \text{ kW}}$$

Carga total

La carga total es la suma de todas las cargas calculadas individualmente.

$$Q_T = Q_r + Q_t + Q_i + Q_l + Q_p + Q_v$$

$$Q_T = 0,2998 + 1,1921 + 0,6536 + 0,0064 + 0,0027 + 0,1153 \text{ (kW)}$$

$$\mathbf{Q_T = 2,2427 \text{ kW o } 2242,66 \text{ W}}$$

Finalmente, se le agrega al cálculo final el factor de seguridad del 10%, obteniendo el siguiente valor:

$$\mathbf{Q_T = 2,4669 \text{ kW o } 2466,92 \text{ W}}$$

Características técnicas del sistema de refrigeración

Las características del evaporador seleccionado se recogen en la tabla 12:

Tabla 12*Características específicas del equipo evaporador*

Descripción	Valor
Marca	Bohn
Modelo	ADT090UC
Capacidad (BTU/h)	9000
Potencia (kW)	0.115
Refrigerante	R-134a
Peso (kg)	22
Cantidad de ventiladores	2
Diámetro de ventiladores (mm)	120

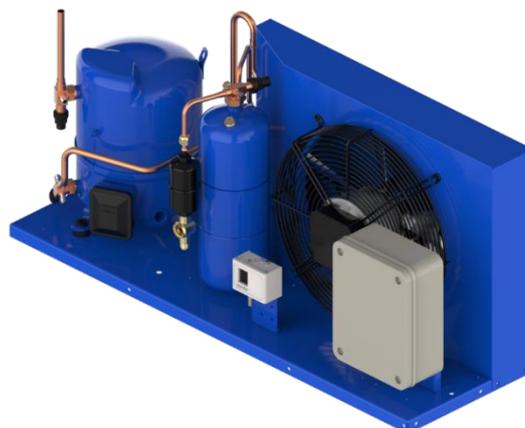
La presión de evaporación es de 2,170 bar y la temperatura media de evaporación es de -8°C. En la línea de succión (diámetro nominal 22 mm) el flujo másico es de 58,80 kg/h, la caída de presión es de 0.001 bar y la velocidad del refrigerante a la entrada es de 4,96 m/s.

Las características de la unidad condensadora recomendada por el software se presentan en la tabla 13:

Tabla 13*Características específicas de la unidad condensadora*

Descripción	Valor
Marca	Danfoss
Modelo	OP-HJZ019D39E
Modelo del compresor	MTZ028-4
Tipo	Reciprocante
Capacidad frigorífica (kW)	2,489
Potencia (kW)	1,299
Corriente (A)	5,396
Refrigerante	R134a
Peso (kg)	55
Cantidad de ventiladores	1
Diámetro de ventiladores (mm)	355
Consumo energético de ventiladores a 60Hz (W)	240

En la figura 14 se puede observar una representación digital del condensador, obtenida del catálogo del fabricante:

Figura 14*Condensador seleccionado para el sistema de refrigeración*

La temperatura de condensación es de 36,2°C, a una presión de 9,136 bar. Del software se obtiene que el flujo másico en la línea de líquido es de 58,8 kg/h, la caída de presión total es de 6,994 bar y el diámetro nominal de la tubería es de 8 mm.

La línea de descarga tiene un diámetro nominal 15 mm. La temperatura del refrigerante en la entrada es de 67,5°C, la velocidad es de 3.02 m/s, y la caída de presión es de 0.027 bar.

El dispositivo de expansión seleccionado es una válvula de expansión termostática de un cuerpo con orificio fijo. A continuación, se detallan sus características en la tabla 14.

Tabla 14
Características específicas de la válvula de expansión

Descripción	Valor
Tipo	TD1 v2-4
Caída de presión (bar)	8,001
Capacidad nominal (kW)	2,650
Carga (%)	95
Velocidad (m/s)	0,81
Longitud del tubo capilar (m)	0.75

En la figura 15 se puede observar una representación digital de la válvula de expansión, obtenida del catálogo del fabricante:

Figura 15

Válvula de expansión seleccionada para el sistema de refrigeración



APÉNDICE C

Figura 17

Expresiones matemáticas de Okos y Chois

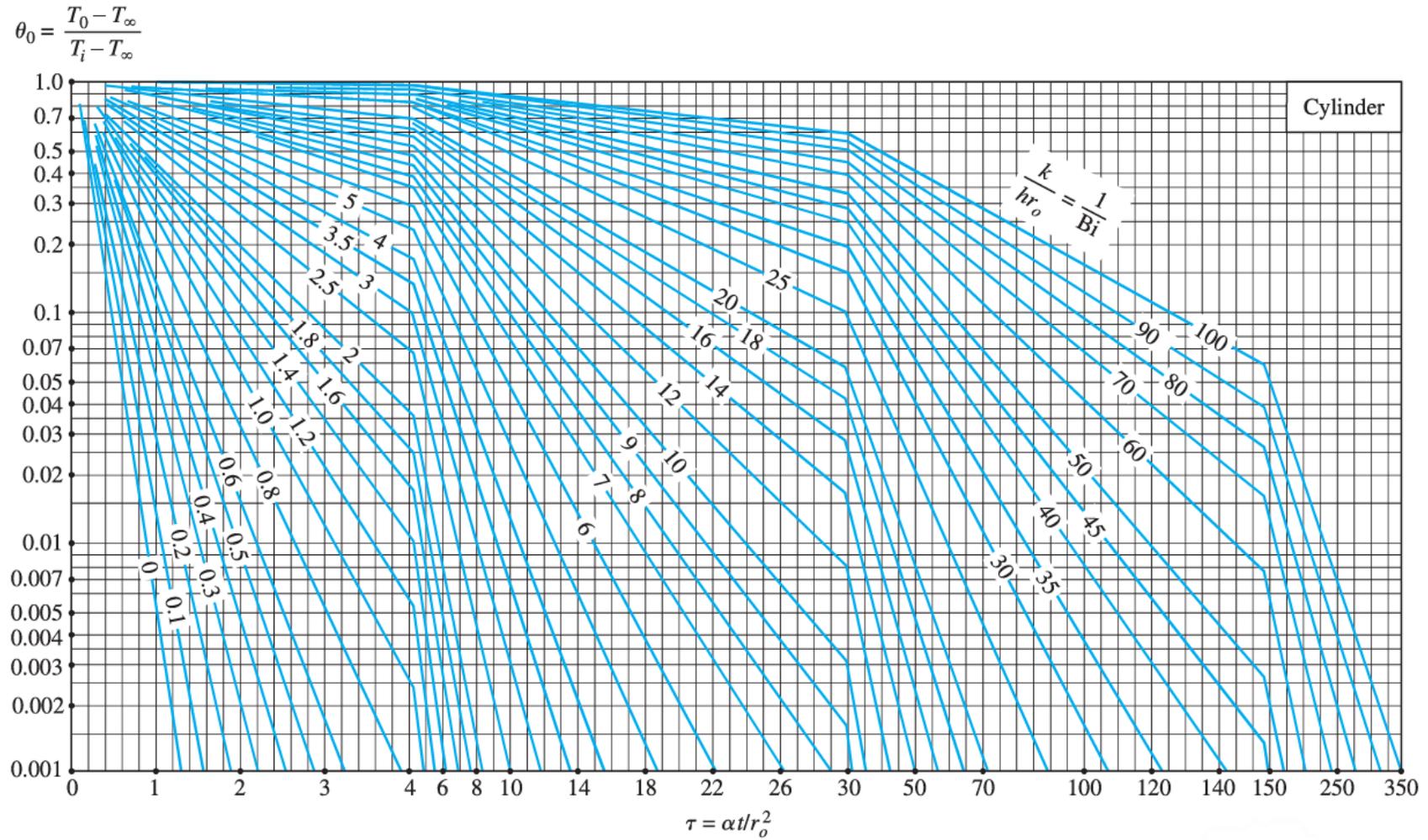
Property	Component	Temperature function	Standard error	Standard % error
k (W/[m°C])	Protein	$k = 1.7881 \times 10^{-1} + 1.1958 \times 10^{-3}T - 2.7178 \times 10^{-6}T^2$	0.012	5.91
	Fat	$k = 1.8071 \times 10^{-1} - 2.7064 \times 10^{-3}T - 1.7749 \times 10^{-7}T^2$	0.0032	1.95
	Carbohydrate	$k = 2.0141 \times 10^{-1} + 1.3874 \times 10^{-3}T - 4.3312 \times 10^{-6}T^2$	0.0134	5.42
	Fiber	$k = 1.8331 \times 10^{-1} + 1.2497 \times 10^{-3}T - 3.1683 \times 10^{-6}T^2$	0.0127	5.55
	Ash	$k = 3.2962 \times 10^{-1} + 1.4011 \times 10^{-3}T - 2.9069 \times 10^{-6}T^2$	0.0083	2.15
	Water	$k = 5.7109 \times 10^{-1} + 1.7625 \times 10^{-3}T - 6.7063 \times 10^{-6}T^2$	0.0028	0.45
	Ice	$k = 2.2196 - 6.2459 \times 10^{-3}T + 1.0154 \times 10^{-4}T^2$	0.0079	0.79
ρ (kg/m ³)	Protein	$\rho = 1.3299 \times 10^3 - 5.1840 \times 10^{-1}T$	39.9501	3.07
	Fat	$\rho = 9.2559 \times 10^2 - 4.1757 \times 10^{-1}T$	4.2554	0.47
	Carbohydrate	$\rho = 1.5991 \times 10^3 - 3.1046 \times 10^{-1}T$	93.1249	5.98
	Fiber	$\rho = 1.3115 \times 10^3 - 3.6589 \times 10^{-1}T$	8.2687	0.64
	Ash	$\rho = 2.4238 \times 10^3 - 2.8063 \times 10^{-1}T$	2.2315	0.09
	Water	$\rho = 9.9718 \times 10^2 + 3.1439 \times 10^{-3}T - 3.7574 \times 10^{-3}T^2$	2.1044	0.22
	Ice	$\rho = 9.1689 \times 10^2 - 1.3071 \times 10^{-1}T$	0.5382	0.06
c_p (j/[kg°C])	Protein	$c_p = 2.0082 + 1.2089 \times 10^{-3}T - 1.3129 \times 10^{-6}T^2$	0.1147	5.57
	Fat	$c_p = 1.9842 + 1.4733 \times 10^{-3}T - 4.8006 \times 10^{-6}T^2$	0.0236	1.16
	Carbohydrate	$c_p = 1.5488 + 1.9625 \times 10^{-3}T - 5.9399 \times 10^{-6}T^2$	0.0986	5.96
	Fiber	$c_p = 1.8459 + 1.8306 \times 10^{-3}T - 4.6509 \times 10^{-6}T^2$	0.0293	1.66
	Ash	$c_p = 1.0926 + 1.8896 \times 10^{-3}T - 3.6817 \times 10^{-6}T^2$	0.0296	2.47
	Water ^a	$c_p = 4.0817 - 5.3062 \times 10^{-3}T + 9.9516 \times 10^{-4}T^2$	0.0988	2.15
	Water ^b	$c_p = 4.1762 - 9.0864 \times 10^{-5}T + 5.4731 \times 10^{-6}T^2$	0.0159	0.38
Ice	$c_p = 2.0623 + 6.0769 \times 10^{-3}T$			

^a For the temperature of -40 to 0°C .

^b For the temperature of 0 to 150°C .

APÉNDICE D

Figura 18
Gráfica de Heisler para geometría de cilindro



APÉNDICE E

Figura 19

Análisis previo al diagrama de recorrido sencillo

Pasos	DESCRIPCION	Operación	Transporte	Inspección	Espera	Almacenamiento	EQUIPOS/ MATERIALES	OBSERVACIONES
1	Recepción de materia prima y ayuno	○	→	■	◐	▽	Corrales de recepción, cuencos de agua	
2	Pesado Inicial	●	→	□	◐	▽	Báscula de suspensión digital, arnés	
3	Baño de Animales	●	→	■	◐	▽	Soporte de manguera, aspersor de manguera	PC1: Ausencia de materiales extraño
4	Insensibilización	●	→	□	◐	▽	Cajón de aturdimiento, pinza eléctrica	
5	Izado	●	→	□	◐	▽	Sistema de rieles aéreo, ganchos	
6	Sangrado	●	→	□	◐	▽	Batea de sangrado, cuchillo de hoja larga	
7	Corte de Extremidades	●	→	□	◐	▽	Carritos para desechos, cuchillo de hoja larga	
8	Despellejadura	●	→	□	◐	▽	Carritos para desechos, cuchillo de hoja larga	
9	Eviscerado	●	→	■	◐	▽	Carritos para desechos, cuchillo de hoja larga	PCC1: Contaminación de la canal
10	División de la canal	●	→	■	◐	▽	Cuchillo de hoja larga	
11	Lavado de la canal	●	→	■	◐	▽	Aspersor de manguera, manguera	PC2: Ausencia de fluidos sanguíneos
12	Rociado	●	→	■	◐	▽	Aspersor de manguera, manguera	PCC2: Concentración de ácido láctico
13	Pesado Final	●	→	□	◐	▽	Balanza	
14	Almacenamiento	○	→	□	◐	▽	Cámara de refrigeración	

APÉNDICE G

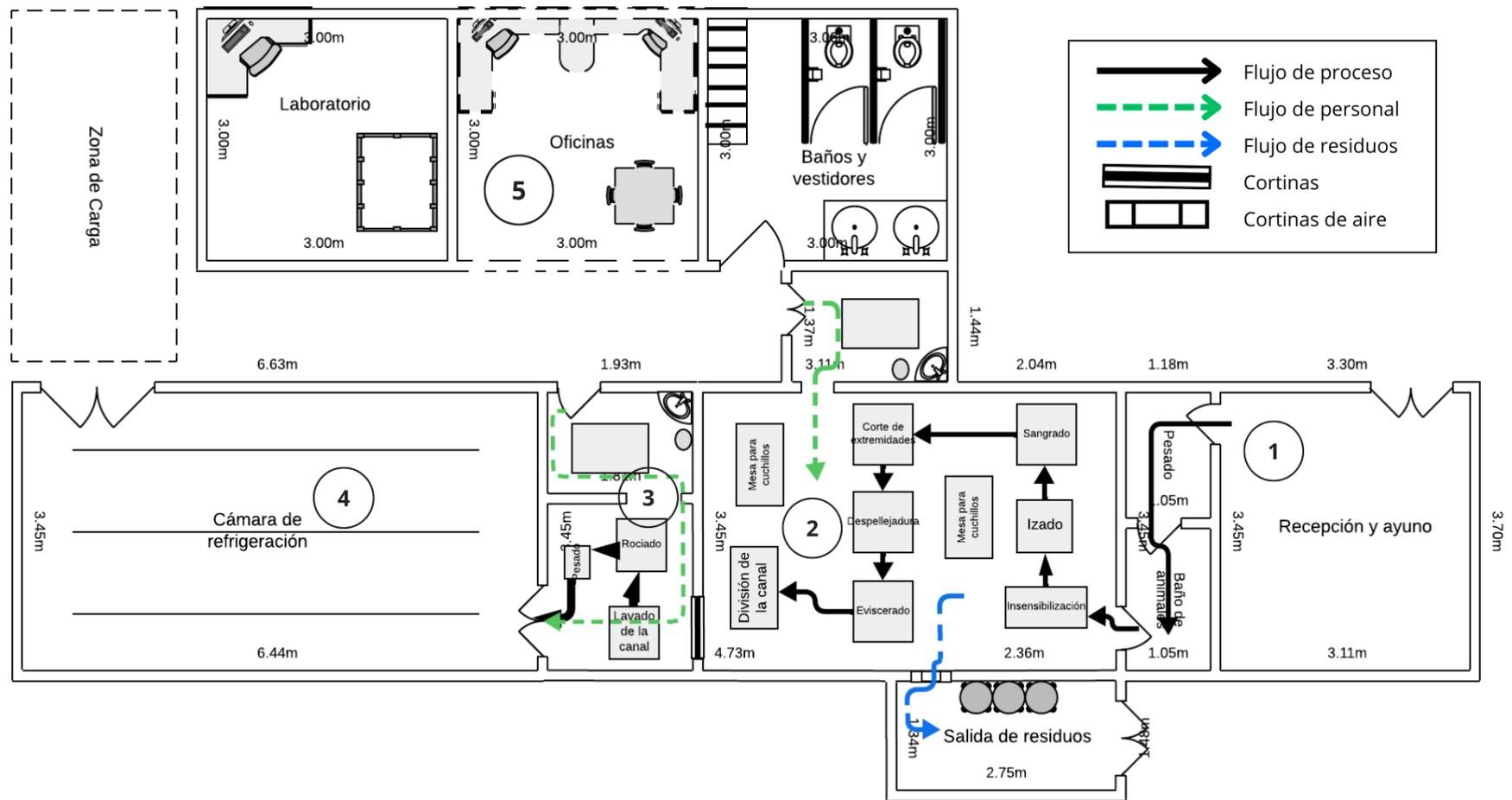
Figura 21
Necesidades de espacio

	Actividad	Equipo	Capacidad	Largo (m)	Ancho (m)	Altura (m)	Ss (ESTÁTICA)		Sg (GRAVITACIÓN)		Se (EVOLUCIÓN)		Superficie total
							m ³	m ²	L	m ²	K	m ²	
1	Recepción y ayuno	-	-	4,5	4,5	3	60,75	20,25	0	0,00	0	0,00	20,25
2	Pesado Inicial	Báscula de Suspensión Digital	100 kg ± 0.001 (kg)	1	0,5	3	1,50	0,50	2	1,00	0,15	0,23	1,73
3	Baño de animales	-	-	1	0,5	3	1,50	0,50	4	2,00	0,15	0,38	2,88
4	Insensibilización	Cajón de aturdimiento	-	1	0,5	3	1,50	0,50	3	1,50	0,15	0,30	2,30
5	lizado	Sistema de riel	100 kg ± 0.001 (kg)	0,65	0,65	3	1,27	0,42	2	0,85	0,15	0,19	1,46
6	Sangrado	Batea de sangrado	-	0,75	0,75	3	1,41	0,56	2	1,13	0,15	0,25	1,94
		Mesa de acero inoxidable	-	1	0,6	3	1,80	0,60	2	1,20	0,15	0,27	2,07
7	Corte de extremidades	Carrito para desecho	-	0,75	0,75	3	1,69	0,56	3	1,69	0,15	0,34	2,59
		Mesa de acero	-	1	0,6	3	1,50	0,60	2	1,20	0,15	0,27	2,07
8	Despellejaura	Carrito para desecho	-	0,75	0,75	3	1,69	0,56	3	1,69	0,15	0,34	2,59
9	Eviscerado	Carrito para desecho	-	0,75	0,75	3	1,69	0,56	3	1,69	0,15	0,34	2,59
10	División de la canal	Mesa de acero inoxidable	-	1	0,6	3	1,80	0,60	2	1,20	0,15	0,27	2,07
11	Lavado de la canal	-	-	0,65	0,65	3	1,27	0,42	2	0,85	0,15	0,19	1,46
12	Rociado	-	-	0,65	0,65	3	1,27	0,42	2	0,85	0,15	0,19	1,46
13	Pesado	Balanza	40 kg ± 0.001 kg	0,4	0,3	3	0,36	0,12	2	0,24	0,15	0,05	0,41
14	Almacenamiento	Camara de refrigeración	-	6,7	3,7	3	74,37	24,79	0	0,00	0,15	3,72	28,51
15	Oficinas	-	-	3	3	3	27,00	9,00	0	0,00	0	0,00	9,00
16	Vestuarios y baños	-	-	3	3	3	27,00	9,00	0	0,00	0	0,00	9,00
17	Laboratorio	-	-	3	3	3	27,00	9,00	0	0,00	0	0,00	9,00
18	Filtros Sanitarios (2)	-	-	2	2	3	12,00	4,00	0	0,00	0	0,00	8,00
19	Recolección Residuos	-	-	1,5	3	3	13,5	4,5	0	0,00	0	0,00	4,5
													115,86

APÉNDICE H

Figura 22

Layout de la planta de faenamiento



APÉNDICE I

Figura 23
Carta Psicrométrica

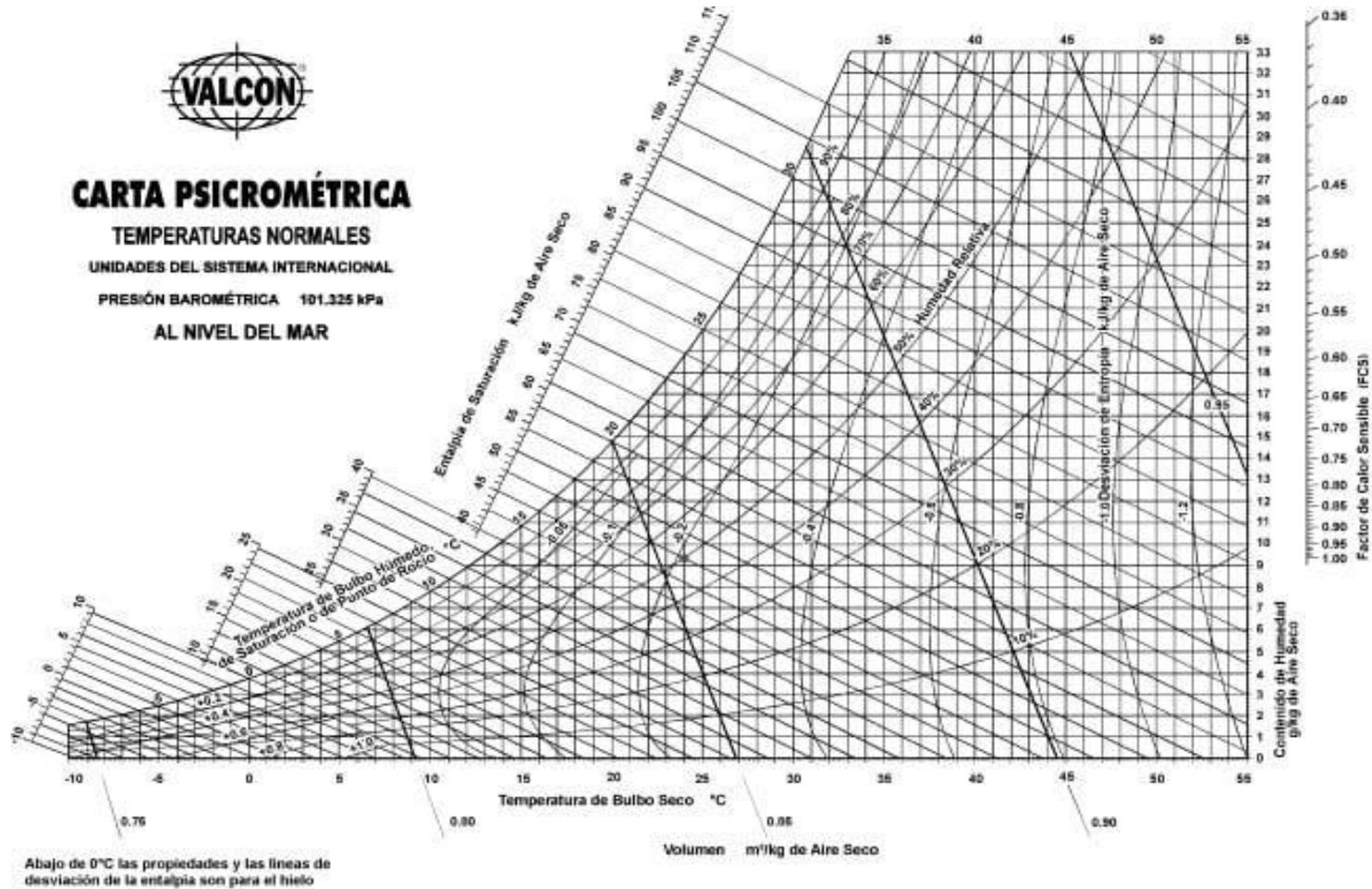


Figura 13.11 - Carta psicrométrica a temperaturas normales y presión barométrica de 101.325 kPa (al nivel del mar). Las unidades están en el sistema internacional (SI).

APÉNDICE J

Tabla 15

Demanda anual de canales de chivo

Mes	Días Laborables	Demanda Diaria	Demanda Mensual
Enero	22	10	220
Febrero	20	10	200
Marzo	22	10	220
Abril	21	10	210
Mayo	21	10	210
Junio	20	10	200
Julio	23	10	230
Agosto	21	10	210
Septiembre	21	10	210
Octubre	22	10	220
Noviembre	19	10	190
Diciembre	21	10	210
TOTAL			2530
Días laborables al año		253	
Unidades diarias promedio		10	
Unidades mensuales promedio		211	

Tabla 16
Costos de materia prima

COSTO DE MATERIA PRIMA			
Materia Prima	Cantidad en Kg.	Costo por Kg.	Costo total (x unidad)
Chivos	30	\$2,00	\$60,00
Total			\$ 60,00
Demanda anual (unidades)		2530	
Demanda anual (Kilogramos)		75900	
Costo anual de materia prima		\$ 151.800,00	

Tabla 17
Costos de materiales indirectos

MATERIALES INDIRECTOS			
Materiales	Cantidad (anual)	Precio (\$)	Total
Mandiles	10	\$14,00	\$140,00
Cascos	8	\$12,73	\$101,84
Caja de guantes	24	\$5,32	\$127,68
Botas	8	\$15,00	\$120,00
Caja de mascarillas	24	\$3,15	\$75,60
Soporte de manguera	2	\$10,00	\$20,00
Mangueras con aspersores a presión	2	\$6,60	\$13,20
Cuencos de agua	5	\$18,00	\$90,00
Arnés para los animales	3	\$24,00	\$72,00
Ácido láctico (caneca 5 kg)	2	\$33,00	\$66,00
Pulverizador	2	\$10,00	\$20,00

Cuchillos de hoja larga de 25 cm	12	\$11,90	\$142,80
Paquete de fundas de basura	130	\$1,00	\$130,00
Útiles de oficina	10	\$8,75	\$87,50
Materiales de laboratorio	6	\$40,85	\$245,10
Roldanas o ganchos (paquete de 4)	12	\$22,00	\$264,00
Total anual			\$ 1.715,72

Tabla 18
Costos de materiales de oficina

Equipos de oficina y de computo			
Cantidad	Descripción	Costo	Costo Total
1	Archivero	\$ 125,00	\$ 125,00
1	Escritorio con sillas	\$ 170,00	\$ 100,00
1	Aire Acondicionado	\$ 300,00	\$ 300,00
1	Computadoras	\$ 475,00	\$ 475,00
1	Internet	\$ 45,00	\$ 45,00
1	Impresora	\$ 200,00	\$ 200,00
Total			\$ 1.270,00

Tabla 19
Costos de maquinaria

Maquinaria			
Descripción	Cantidad	Costo	Costo Total
Báscula de suspensión digital	1	\$ 114,00	\$ 114,00
Cajón de aturdimiento	1	\$ 400,00	\$ 400,00
Balanza	1	\$ 31,00	\$ 31,00
Sistema aéreo de rieles	1	\$ 7.000,00	\$ 7.000,00
Equipo de aturdimiento eléctrico	1	\$ 465,00	\$ 465,00
Mesas de acero inoxidable	2	\$ 337,50	\$ 675,00
Carritos para desechos	3	\$ 350,00	\$ 1050,00
Batea para sangrado	1	\$ 250,00	\$ 250,00
Cámara de refrigeración	1	\$ 18.649,91	\$ 18.649,91
Total			\$ 28.634,91

Tabla 20
Costos de construcción

Costo de construcción			
Área	Descripción	Costo por m2	Costo Total
20,25	Recepción y ayuno	\$ 500,00	\$ 10.125,00
1,73	Pesado Inicial	\$ 500,00	\$ 865,00
2,88	Baño de animales	\$ 500,00	\$ 1.440,00
2,3	Insensibilización	\$ 500,00	\$ 1.150,00
1,46	Izado	\$ 500,00	\$ 730,00
4,01	Sangrado	\$ 500,00	\$ 2.005,00

4,66	Corte de extremidades	\$ 500,00	\$ 2.330,00
2,59	Despellejadura	\$ 500,00	\$ 1.295,00
2,59	Eviscerado	\$ 500,00	\$ 1.295,00
2,07	División de la canal	\$ 500,00	\$ 1.035,00
1,46	Lavado de la canal	\$ 500,00	\$ 730,00
1,46	Rociado con ácido láctico	\$ 500,00	\$ 730,00
0,41	Pesado final	\$ 500,00	\$ 205,00
28,51	Almacenamiento	\$ 500,00	\$ 14.255,00
9	Oficinas	\$ 500,00	\$ 4.500,00
9	Vestuarios y baños	\$ 500,00	\$ 4.500,00
12,5	Filtros Sanitarios y Zona de Residuos	\$ 500,00	\$ 6.250,00
9	Laboratorio	\$ 500,00	\$ 4.500,00
Total			\$ 57.940,00
Inversión Total			\$89.560,63

Tabla 21
Costos de depreciación

DEPRECIACIÓN			
Depreciaciones Anuales	Vida Util	Total	Depreciación
Maquinarias y equipos auxiliares	10	\$ 28.634,91	\$ 2.863,49
Equipos de oficina	5	\$ 545,00	\$ 109,00
Equipo de computo	3	\$ 725,00	\$ 241,67
Total		\$ 29.904,91	\$ 3.214,16

Tabla 22
Costos fijos anuales

COSTO FIJO ANUAL			
Cargo	Número de trabajadores	Sueldo Mes	Sueldo Anual
Jefe de producción	1	\$600,00	\$7.200,00
Operador de zona inerte	1	\$470,00	\$5.640,00
Operador de zona sensible	3	\$1.410,00	\$16.920,00
Operador de zona ultrasensible	1	\$470,00	\$5.640,00
Total		\$2.950,00	\$35.400,00

Tabla 23
Otros costos fijos anuales

	\$/Mes	Anual
Gastos de oficina	\$12,00	\$ 144,00
Remuneraciones	\$2.950,00	\$ 35.400,00
SERVICIOS VARIOS		
Agua	\$175,00	\$ 2.100,00
Luz	\$400,00	\$ 4.800,00
Teléfono	\$13,00	\$ 156,00
Internet	\$25,00	\$ 300,00
Total	\$613,00	\$ 7.356,00
Costos Fijos Totales	\$ 3.575,00	\$ 42.900,00

Figura 24
TIR y VAN

Años	0	1	2	3	4	5
Ventas Anuales		392.292,62	408.141,24	424.630,14	441.785,20	459.633,32
Costos Variables		-301.763,55	-313.954,80	-326.638,57	-339.834,77	-353.564,09
Costos Fijos		-42.900,00	-39.863,09	-41.856,25	-43.949,06	-46.146,51
Interes Financiero		-1.600,00	-1.284,20	-917,87	-492,93	0,00
Depreciación		-3.214,16	-3.214,16	-3.214,16	-3.214,16	-3.214,16
Utilidad		42.814,91	49.824,99	52.003,29	54.294,28	56.708,56
Tasa impuesto 25% IR		-10.703,73	-12.456,25	-13.000,82	-13.573,57	-14.177,14
Utilidad Desp Impuesto		32.111,18	37.368,74	39.002,47	40.720,71	42.531,42
Depreciación		3.214,16	3.214,16	3.214,16	3.214,16	3.214,16
Flujo efectivo		35.325,34	40.582,90	42.216,63	43.934,87	45.745,58
Inversión						
Varios	-5.000,00					
Activos	-89.560,63					
Amortización	10.000,00	-1.973,75	-2.289,55	-2.655,88	-3.080,82	0,00
Capital de Trabajo	-5.000,00					
Valor de desecho						
Flujo Neto	-89.560,63	33.351,59	38.293,35	39.560,75	40.854,05	45.745,58

VAN \$ **25.805**
TIR **32%**