

Viabilidad para la creación de una planta de beneficio porcino en el área metropolitana de
Bucaramanga

María Camila Acevedo Gómez

Trabajo de grado para optar por el título de Ingeniera Industrial

Director

Oscar Armando Vargas López

Magister en Gerencia de Negocios

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Ingenierías Físico mecánicas

Escuela de Estudios Industriales y Empresariales

Ingeniería industrial

Bucaramanga

2026

Dedicatoria

Dios, fuente de amor, guía y confianza absoluta, gracias por acompañarme siempre en cada proyecto que me propongo. Desde niña he tenido la certeza de que no camino sola, de que Tu presencia me sostiene y me abre caminos. Hoy agradezco profundamente la paz con la que me has permitido vivir esta etapa, la claridad para aprender y la alegría de cumplir un sueño tan importante. Todo lo que soy y todo lo que logro nace de la confianza que siempre he puesto en Ti.

Papá, tu ejemplo ha sido una de mis mayores escuelas. Viéndote aprendí que el trabajo, el esfuerzo y la voluntad lo son todo, que las cosas se construyen con constancia y compromiso, y que los resultados llegan cuando uno pone el corazón en lo que hace. Gracias por enseñarme con hechos que no hay metas pequeñas cuando se persiguen con convicción. Este logro también lleva tu huella, porque cada paso que doy está lleno de lo que me has enseñado.

Mamá, gracias por inculcarme la disciplina y el sentido del compromiso desde muy pequeña.

Recuerdo tantas tardes de ballet en las que yo no quería ir, y tú, con firmeza y amor, me recordabas que cuando uno asume un compromiso, debe cumplirlo. Esa enseñanza me acompañó toda la vida y se refleja hoy en cada meta alcanzada. Gracias por tu apoyo constante, por creer en mí y por celebrar conmigo cada logro como si fuera propio.

Ángel, mi hermano y amigo de vida, gracias por enseñarme lo que significa compartir el camino con alguien. Más que hermanos, siempre hemos sido amigos y cómplices. Crecer a tu lado me enseñó el amor, el apoyo mutuo y la alegría de caminar juntos. Me llena de orgullo verte recorrer ahora tu propio camino, y sabes que siempre estaré ahí para apoyarte, así como tú lo has hecho conmigo.

Tía Sully, gracias por sembrar en mí, desde niña, el amor por el conocimiento y por la universidad. Por llevarme los sábados a la UIS, ver las tortugas, pintar con tizas en los tableros y caminar por el campus despertó en mí un sueño que hoy se hace realidad. Gracias por mostrarme que aprender es un privilegio y una pasión, y por hacerme sentir desde pequeña que ese mundo

también podía ser mío. Llegar hasta aquí es cumplir un sueño que nació de tu mano y de tu ejemplo.

Nono Aurelio y Nona Rosalba, gracias por tanto amor, ternura y ejemplo. De ustedes aprendí valores que llevo profundamente en el corazón: la generosidad, la nobleza y la fortaleza tranquila. Nona, gracias por enseñarme que una mujer puede ser fuerte desde la dulzura, la importancia del amor y de la familia. Nono, gracias por enseñarme que compartir lo poco o mucho que se tiene llena más que recibir.

Valentina, gracias por tu amistad tan linda y genuina. Las tardes de waffles, las conversaciones y las risas fueron un refugio y un recordatorio de que los momentos simples también hacen grande esta etapa. Gracias por estar siempre, por escucharme y por compartir conmigo tantos momentos bonitos.

Alejandra, gracias por una amistad que ha resistido el tiempo y la distancia. Crecimos juntas, cada una tomó su rumbo sin olvidarnos la una de la otra, y aun así la vida nos regaló la oportunidad de reencontrarnos en la universidad. Eso para mí ha sido invaluable. Gracias por demostrar que las amistades verdaderas no se desgastan, sino que se transforman y se fortalecen con los años.

Camila, mi amiga tan especial, desde el colegio nos hicimos inseparables y seguimos sin serlo. Aunque el tiempo no siempre nos permitía vernos tanto como quisiéramos, siempre sentí tu cercanía y tu apoyo. Gracias por seguir ahí, por acompañarme en distintas etapas de la vida y por esa amistad constante que se mantiene firme a pesar de todo.

Muffin, mi compañera fiel, gracias por acompañarme en cada momento durante todos estos años, incluso me acompañaste a la universidad, gracias por disfrutar conmigo esos días y por estar a mi lado mientras estudiaba. A veces hasta me acompañaste a clases, y verte tan feliz, tranquila y cariñosa. Fuiste parte de esta etapa y la llenaste de ternura y alegría. Profesor Óscar Armando Vargas, gracias por su acompañamiento, compromiso y guía durante el desarrollo de esta tesis. Su apoyo, sus aportes y su confianza fueron fundamentales para llevar

este proyecto a buen término. Valoro profundamente su dedicación y el respeto con el que siempre me orientó en este proceso.

Profesor Hernán Pabón, gracias por ser una eminencia y, al mismo tiempo, un gran ser humano. Sus enseñanzas, su exigencia y su forma de transmitir el conocimiento marcaron profundamente mi formación. Gracias por enseñarme tanto y por hacerlo con pasión y vocación.

Finalmente, a todos los profesores que hicieron parte de mi formación, gracias por compartir su conocimiento, por inspirarme y por dejar una huella en mi camino académico y personal. Cada aprendizaje, cada clase y cada consejo forman parte de lo que soy hoy.

Tabla de contenido

Lista de Apéndices	15
Introducción	18
1.	Justificación de la idea de Negocio.....20
1.1.	Delimitación del alcance20
1.2.	Recolección de información secundaria20
1.3.	Recopilación de información secundaria21
1.4.	Análisis sectorial21
1.5.	Interpretación y Conclusiones.....21
1.6.	Recolección de información secundaria22
1.7.	Análisis preliminar de la idea de negocio22
1.8.	Clasificación por ejes de análisis24
1.9.	Macroentorno (PESTEL)36
1.9.1.	<i>Factores políticos</i>36
1.9.2.	<i>Factores económicos</i>38
1.9.3.	<i>Factores sociales</i>42
1.9.4.	<i>Factores tecnológicos</i>46
1.9.5.	<i>Factores ecológicos</i>49
1.9.6.	<i>Factores legales</i>52
1.10.	Microentorno (Cinco fuerzas de Porter)53
1.10.1.	<i>Poder de negociación de los clientes</i>53
1.10.2.	<i>Poder de negociación de los proveedores</i>55
1.10.3.	<i>Amenaza de los productos sustitutos</i>56
1.10.4.	<i>Amenaza de los nuevos competidores</i>58
1.10.5.	<i>Rivalidad entre competidores existentes</i>59

1.11.	Interpretación y conclusiones preliminares	60
2.	Objetivos	62
2.1.	Objetivo General	62
2.2.	Objetivos Específicos.....	62
3.	Marco de referencia	63
3.1.	Marco Antecedentes.....	63
3.2.	Marco teórico	66
3.2.1.	<i>Análisis PESTEL</i>	66
3.2.2.	<i>Modelo de las Cinco Fuerzas de Porter</i>	67
3.2.3.	<i>Análisis DOFA</i>	69
3.2.4.	<i>Modelo de Negocio Canvas</i>	70
4.	Metodología	72
5.	Estudio de mercado.....	72
5.1.	Caracterización de la población objetivo	72
5.1.1.	<i>Principales departamentos con acceso a sacrificio formal</i>	73
5.1.2.	<i>Predios porcícolas como aproximación a la población de porcicultores</i> 75	
5.1.2.1.	<i>Predios porcícolas como aproximación a la población de porcicultores.</i> El	75
5.1.2.2.	<i>Tipología de los predios porcícolas. La tipología de los predios</i> porcícolas	79
5.1.2.3.	<i>Composición del inventario porcino. Con el fin de complementar la</i>	82
5.1.3.	<i>Caracterización específica del sector porcino en el departamento de</i> <i>Santander</i>	84
5.2.	Estimación de la demanda potencial del servicio	90
5.2.1.	<i>Consideraciones generales sobre la demanda</i>	90

5.2.2.	<i>Base poblacional para la estimación.....</i>	90
5.2.3.	<i>Supuesto técnico del ciclo productivo y rotación anual</i>	91
5.2.4.	<i>Factores de ajuste</i>	91
5.2.5.	<i>Cálculo del flujo anual potencial.....</i>	94
5.2.6.	<i>Dimensionamiento preliminar del servicio de beneficio porcino</i>	97
6.	Localización y tamaño preliminar de la planta	98
6.1.	Metodología de la localización	98
6.1.1.	<i>Etapas de preselección</i>	99
6.1.2.	<i>Etapas de evaluación multicriterio de alternativas de localización</i>	99
6.2.	Criterios de evaluación	100
6.2.1.	<i>Concentración de porcinos</i>	100
6.2.2.	<i>Proximidad a la capital del departamento</i>	101
6.2.3.	<i>Acceso a vías principales y conectividad logística.....</i>	101
6.2.4.	<i>Disponibilidad potencial de servicios públicos</i>	102
6.2.5.	<i>Compatibilidad normativa y uso del suelo</i>	102
6.3.	Preselección de municipios con base en la concentración del inventario porcino	103
6.4.	Evaluación multicriterio de alternativas de localización	104
6.4.1.	<i>Consolidación de la información base por criterios</i>	104
6.4.2.	<i>Homogeneización de los criterios de evaluación</i>	107
6.4.3.	<i>Normalización de la matriz de evaluación</i>	108
6.4.4.	<i>Aplicación de ponderaciones y obtención del puntaje final</i>	110
6.5.	Definición del tamaño preliminar de la planta de beneficio porcino.....	112
7.	Análisis técnico del proceso.....	115
7.1.	Descripción general del proceso de beneficio porcino	115

7.1.1.	<i>Preparación del ganado previo al sacrificio</i>	115
7.1.2.	<i>Conducción y sujeción de los animales</i>	116
7.1.3.	<i>Aturdimiento del animal</i>	117
7.1.3.1.	Aturdimiento por percusión mecánica. Este método emplea dispositivos de	117
7.1.3.2.	Aturdimiento por gas. Consiste en la exposición controlada de los animales	118
7.1.3.3.	Aturdimiento eléctrico. La FAO identifica el aturdimiento eléctrico como el	118
7.1.4.	<i>Sangrado y verificación de la muerte</i>	119
7.1.4.1.	Técnica de sangrado en cerdos. En cerdos, el sangrado se debe realizar	119
7.1.4.2.	Verificación de la inconsciencia y confirmación de la muerte. Antes de	121
7.1.5.	<i>Escaldado, depilado y chamuscado del canal</i>	122
7.1.6.	<i>Evisceración</i>	124
7.1.7.	<i>División, lavado y presentación del canal</i>	125
7.1.8.	<i>Enfriamiento del canal</i>	126
7.2.	Diagrama general del proceso.....	127
7.3.	Requerimientos de infraestructura y equipos.....	128
7.3.1.	<i>Requerimientos normativos de infraestructura</i>	129
7.3.2.	<i>Requerimientos normativos de equipos</i>	130
7.3.3.	<i>Requerimientos de infraestructura operativa y maquinaria para el proceso</i>	131
7.3.4.	<i>Dimensionamiento de equipos por capacidad</i>	132
7.3.5.	<i>Dimensionamiento de equipos por ocupación y volumen</i>	139

7.3.6.	<i>Dimensionamiento preliminar de infraestructura operativa</i>	148
7.4.	Consideraciones ambientales y sanitarias	151
7.4.1.	<i>Manejo de aguas residuales</i>	152
7.4.2.	<i>Manejo de residuos sólidos y subproductos</i>	153
7.4.2.1.	Clasificación de subproductos. En la planta se deben diferenciar los ...	154
7.4.2.2.	Disposición y tratamiento. La sangre es un subproducto particular por su alta	154
7.4.3.	<i>Control de olores</i>	155
7.4.4.	<i>Control de ruidos</i>	156
7.4.5.	<i>Control de plagas</i>	157
7.4.5.1.	Diseño e infraestructura anti-plagas. Las barreras físicas se incluirán desde	158
7.4.5.2.	Manejo sanitario y orden. Un principio esencial será no atraer ni alimentar a	158
7.4.5.3.	Control químico y biológico. Se debe contratar una empresa especializada	159
7.4.5.4.	Monitoreo y verificación. El programa de MIP realizará revisiones periódicas	159
7.4.6.	<i>Procedimiento Operativos Estandarizados de Saneamiento (POES)</i> ...	159
7.4.6.1.	Limpieza y desinfección de equipos y superficies. Al comienzo de cada	160
7.4.6.2.	Limpieza de áreas generales y drenajes. Al finalizar la jornada, se debe	161
7.4.6.3.	Verificación y acciones correctivas. Se deben implementar controles..	161
7.4.7.	<i>Buenas Prácticas de Manufactura (BPM)</i>	161
8.	Análisis organizacional preliminar	163
8.1.	Estructura organizacional propuesta	163

8.1.1.	<i>Criterios para el diseño de la estructura organizacional</i>	163
8.1.2.	<i>Modelo organizacional general adoptado</i>	164
8.1.3.	<i>Organigrama propuesto</i>	165
8.2.	Descripción general de cargos	167
8.2.1.	<i>Área de Producción</i>	167
8.2.2.	<i>Área de Inspección Sanitaria</i>	170
8.2.3.	<i>Área de Calidad e Inocuidad</i>	171
8.2.4.	<i>Área de Mantenimiento e Infraestructura</i>	172
8.2.5.	<i>Área Administrativa y Financiera</i>	172
8.2.6.	<i>Área Comercial y Logística</i>	173
8.2.7.	<i>Área Comercial y Logística</i>	174
8.3.	Requerimientos de personal de producción	174
8.3.1.	<i>Enfoque y criterio de cálculo</i>	174
8.3.2.	<i>Datos de base de diseño</i>	175
8.3.3.	<i>Formulas aplicables al proceso</i>	175
8.3.4.	<i>Justificación técnica de cada Ti por puesto de trabajo</i>	176
8.3.5.	<i>Cálculo por puesto de trabajo</i>	178
9.	Conclusiones	182
9.1.	Conclusiones por eje de análisis	182
9.1.1.	<i>Conclusiones técnicas</i>	182
9.1.2.	<i>Conclusiones organizativas</i>	183
9.1.3.	<i>Conclusiones comerciales</i>	184
9.1.4.	<i>Conclusiones legales</i>	187
9.2.	Recomendaciones para la formalización del sacrificio porcino en Santander	188

Referencias bibliográficas.....193

Lista de Figuras

Figura 1 Participación de países proveedores en las importaciones colombianas de carne porcina (HS 0203) en 2024	28
Figura 2 Ejecución presupuestal nacional de Colombia, 2020–2024.....	36
Figura 3 Deuda externa pública de Colombia (millones de USD), 2020–2024.	37
Figura 4 Flujo de inversión extranjera directa en Colombia (millones de USD), 2020–2024. ..	38
Figura 5 Variación anual del PIB real de Colombia, 2022–2025.....	39
Figura 6 Inflación (IPC promedio anual) en Colombia, 2022–2025.	39
Figura 7 Tasa de desempleo nacional en Colombia, 2022–2025.....	41
Figura 8 Tasa de cambio promedio (COP/USD) en Colombia, 2022–2025.	41
Figura 9 Evolución de la pobreza monetaria nacional, 2021–2024.....	43
Figura 10 Coeficiente de Gini (desigualdad en el ingreso) en Colombia, 2021–2024.....	43
Figura 11 Cobertura en educación superior en Colombia, 2021–2024.	44
Figura 12 Índice de informalidad laboral en Colombia, 2021–2024.....	45
Figura 13 Hogares con acceso a Internet en Colombia (2021–2024).....	47
Figura 14 Cobertura de Internet rural en Colombia (2021–2024).	48
Figura 15 Suscriptores de Internet móvil en Colombia (2021–2024)	48
Figura 16 Deforestación nacional en Colombia (2020–2023).....	50
Figura 17 Tendencia de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) en Colombia (1990–2021)	51
Figura 18 Serie histórica de residuos sólidos urbanos por municipio (2011–2021).....	51
Figura 19 Canales de comercialización de carne de cerdo en Colombia (2019–2020).	54
Figura 20 Beneficio de ganado porcino y tasa de crecimiento 2010–2023.	54
Figura 21 Precio promedio nacional del cerdo y tasa de crecimiento 2010–2023 (\$/kg).....	55
Figura 22 Consumo per cápita de carne de cerdo en Colombia 2010–2023 (kg/hab/año).	56
Figura 23 IPC del sector de proteína animal 2023.....	57
Figura 24 Importaciones de carne de cerdo y subproductos 2010–2023.....	58
Figura 25 Participación de la producción nacional en el consumo total 2010–2022.....	58
Figura 26 Beneficio porcino por departamento 2023.	59
Figura 27 Distribución porcentual del beneficio porcino por departamento en Colombia (2024)	

.....	74
Figura 28 Número de predios porcícolas por departamento en Colombia	75
Figura 29 Número de porcinos por departamento en Colombia.....	76
Figura 30 Tipología de predios porcícolas–Antioquia.....	79
Figura 31 Tipología de predios porcícolas–Córdoba.....	80
Figura 32 Tipología de predios porcícolas–Norte de Santander.....	80
Figura 33 Tipología de predios porcícolas-Santander	81
Figura 34 Inventario porcino por categoría (%) – Colombia.....	83
Figura 35 Inventario porcino por categoría (%) – Santander	83
Figura 36 Número de cerdos por municipio en el departamento de Santander	85
Figura 37 Número de predios por municipio en el departamento de Santander.....	85
Figura 38 Caja de aturdimiento para cerdos	116
Figura 39 Posicionamiento de electrodos para aturdimiento eléctrico en cerdos.....	118
Figura 40 Técnica de sangrado en cerdos	120
Figura 41 Buena disposición para el aturdimiento e inmediato sangrado de cerdos	121
Figura 42 Escaldado de canales porcinas por inmersión en agua caliente	123
Figura 43 Depilado manual del porcino.....	124
Figura 44 Procedimiento de evisceración en porcinos	125
Figura 45 Canal porcino listo para el proceso de enfriamiento	126
Figura 46 Diagrama general del beneficio porcino.....	127
Figura 47 Box de aturrido porcino	134
Figura 48 Sistema de aturdimiento eléctrico porcino	135
Figura 49 Escalde porcino rotativo	137
Figura 50 Depiladora Porcino Tec-60.....	138
Figura 51 Flageladoras Limpieza Porcino	140
Figura 52 Elevadores y descensores automáticos	141
Figura 53 Transportadora de vísceras	142
Figura 54 Vía Aérea Birrail Inoxidable Altas Cargas.....	143
Figura 55 Sistema de cuarto frio.....	145
Figura 56 Organigrama general de la planta de beneficio porcino	165

Lista de Tablas

Tabla 1. Cumplimiento de los objetivos específicos del proyecto.....	18
Tabla 2.Límites máximos de vertimiento para plantas de beneficio animal según la Resolución 0631 de 2015.....	26
Tabla 3.Inventario de especies pecuarias en el departamento de Santander, 2022.....	29
Tabla 4.Requisitos técnicos y sanitarios exigidos por el INVIMA para la habilitación de plantas de beneficio animal.....	30
Tabla 5. Componentes principales del Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo (SG-SST) exigido por el Decreto 1072 de 2015.....	32
Tabla 6.Tipología de predios porcícolas y distribución del inventario porcino en el departamento de Santander.....	86
Tabla 7.Tipología de predios porcícolas y distribución del inventario porcino en municipios seleccionados de Santander.....	88
Tabla 8.Estimación de la demanda efectiva anual del servicio de beneficio porcino en Santander bajo diferentes escenarios de adopción.....	95
Tabla 9.Matriz de información base para la evaluación multicriterio de localización.....	106
Tabla 10.Matriz de criterios homogeneizados.....	107
Tabla 11.Matriz de criterios normalizada.....	109
Tabla 12. Resultado del análisis multicriterio ponderado para la selección de municipios candidatos a la localización de la planta de beneficio porcino en Santander.....	110
Tabla 13.Proyección de la capacidad diaria requerida del servicio de beneficio porcino bajo un escenario de captura y crecimiento del mercado.....	113

Lista de Apéndices

Los apéndices están adjuntos y puede visualizarlos en la base de datos de la biblioteca UIS

Apéndice A. Recolección de información secundaria

Apéndice B. Metodología general

Apéndice C. Distribución y participación acumulada para la preselección de municipios en
Santander

Apéndice D. Requerimientos normativos de infraestructura para plantas de sacrificio

Apéndice E. Requerimientos normativos de equipos para plantas de beneficio porcino

Apéndice F. Requerimientos de infraestructura operativa y maquinaria para el proceso de
beneficio porcino

Resumen

Título: Viabilidad para la creación de una planta de beneficio porcino en el área metropolitana de Bucaramanga.

Autora: María Camila Acevedo Gómez.

Palabras clave: Planta de beneficio porcino, sacrificio formal, inocuidad alimentaria, formalización, Santander.

El presente trabajo evalúa la viabilidad para la creación de una planta de beneficio porcino en el área metropolitana de Bucaramanga, orientada a la formalización del sacrificio animal y al fortalecimiento de la cadena porcícola regional. El estudio se desarrolló mediante el análisis de fuentes secundarias y la revisión de información sectorial, normativa y estadística, con el propósito de comprender el contexto productivo, regulatorio y de mercado en el que se insertaría el proyecto.

El análisis de mercado permitió identificar la existencia de una demanda potencial del servicio de sacrificio formal, así como las limitaciones estructurales relacionadas con el acceso a infraestructura certificada en la región. A partir de estos resultados, se definió una capacidad de diseño de 61 porcinos por día, coherente con un enfoque progresivo y ajustado a la dinámica real del sector.

Posteriormente, se desarrolló el estudio técnico, que incluyó la definición del proceso productivo conforme a la normativa sanitaria vigente, el dimensionamiento de equipos, la estimación de requerimientos de infraestructura y la estructuración operativa básica de la planta. De manera complementaria, se integraron los análisis organizacional, legal, ambiental y sanitario, permitiendo evaluar la viabilidad integral del proyecto.

Los resultados obtenidos evidencian que la implementación de una planta de beneficio porcino formal en el área metropolitana de Bucaramanga es técnica y estructuralmente viable, siempre que se adopte un esquema de ejecución progresivo, alineado con la regulación vigente y con las condiciones reales de captación de demanda del sector porcícola regional.

* Trabajo de Grado

** Facultad de Ingenierías Físico mecánicas. Escuela de Estudios Industriales y Empresariales. Director: Oscar Armando Vargas López. Magister en Gerencia de Negocios

Abstract

Title: Feasibility study for the establishment of a pork slaughterhouse in the metropolitan area of Bucaramanga.

Author: María Camila Acevedo Gómez.

Keywords: Pork slaughterhouse, formal slaughtering, food safety, formalization, Santander.

This study evaluates the feasibility of establishing a pork slaughterhouse in the metropolitan area of Bucaramanga, aimed at formalizing animal slaughter activities and strengthening the regional pork production chain. The research was conducted through the analysis of secondary sources and the review of sectoral, regulatory, and statistical information in order to understand the productive, legal, and market context in which the project would operate.

The market analysis identified the existence of a potential demand for formal slaughter services, as well as structural limitations related to access to certified infrastructure in the region. Based on these findings, a design capacity of 61 pigs per day was defined, consistent with a progressive approach aligned with the actual dynamics of the sector.

Subsequently, the technical study was developed, including the definition of the production process in accordance with current sanitary regulations, equipment sizing, infrastructure requirements, and the basic operational structuring of the plant. Additionally, organizational, legal, environmental, and sanitary analyses were integrated to assess the project's overall feasibility.

The results indicate that the implementation of a formal pork slaughterhouse in the metropolitan area of Bucaramanga is technically and structurally feasible, provided that a phased implementation scheme is adopted, aligned with current regulations and the real demand capture conditions of the regional pork sector.

* Trabajo de Grado

** Facultad de Ingenierías Físico mecánicas. Escuela de Estudios Industriales y Empresariales. Director: Oscar Armando Vargas López. Magister en Gerencia de Negocios

Introducción

El sector porcícola en Colombia ha mostrado un crecimiento sostenido en la última década, impulsado por el aumento del consumo interno, la tecnificación de la producción y la implementación de políticas que favorecen el crecimiento del sector agroindustrial. Sin embargo, esta expansión no ha sido homogénea en todas las regiones del país. En Santander, la ausencia de una planta de beneficio formal limita la competitividad del sector, y genera sobrecostos que afectan principalmente a pequeños y medianos productores.

En este contexto, el presente proyecto propone evaluar la viabilidad técnica, organizativa, comercial y legal para la creación de una planta de beneficio porcino en el área metropolitana de Bucaramanga y sus zonas rurales circundantes, para aportar información fundamentada que facilite la formalización del sacrificio y contribuya al desarrollo competitivo del sector a nivel regional.

Tabla 1

Cumplimiento de los objetivos específicos del proyecto

Objetivos específicos	Capítulo
Recolectar y analizar información secundaria sobre el sector porcino a nivel nacional y regional, abarcando aspectos técnicos, comerciales, normativos y legales que impactan la viabilidad del proyecto.	Capítulo 1. Justificación de la idea de negocio Capítulo 3. Marco de referencia

Realizar un estudio de mercado preliminar que permita identificar la demanda, características de los clientes, competencia y precios de los servicios de sacrificio porcino en el área metropolitana de Bucaramanga y zonas rurales aledañas.	Capítulo 5. Estudio de mercado
Definir la localización y el tamaño preliminar de la planta de beneficio porcino, considerando factores técnicos, logísticos, económicos y ambientales que permitan evaluar la factibilidad operativa y de mercado en la región de estudio.	Capítulo 6. Localización y tamaño preliminar de la planta
Desarrollar el análisis técnico del proceso productivo, detallando las etapas desde la recepción del animal hasta la entrega del producto en canal, así como los requerimientos físicos, tecnológicos y ambientales necesarios para su operación eficiente.	Capítulo 7. Análisis técnico del proceso
Elaborar un análisis organizacional preliminar, incluyendo la estructuración básica mediante un organigrama y la descripción general de funciones por cargo, con el fin de determinar la capacidad operativa y los perfiles de personal requeridos.	Capítulo 8. Análisis organizacional preliminar
Identificar y analizar la normatividad legal y ambiental vigente, especialmente en lo relacionado con permisos, licencias, gestión ambiental y requisitos sanitarios para una planta de beneficio porcino, considerando sus implicaciones prácticas para la formalización del proceso.	Capítulo 1. Justificación de la idea de negocio Capítulo 7.3. Consideraciones ambientales y sanitarias
Presentar conclusiones integrales y recomendaciones sobre la factibilidad técnica, organizativa, comercial y legal del proyecto, con el fin de apoyar la toma de decisiones para la formalización del sacrificio porcino y el fortalecimiento competitivo del sector en la región.	Capítulo 9. Conclusiones

1. Justificación de la idea de Negocio

La siguiente metodología se definió para dar cumplimiento al objetivo específico de recolectar y analizar la información secundaria del sector porcino, con un enfoque en la viabilidad de crear una planta de beneficio en Santander. Se presenta una versión adaptada al nivel de un proyecto de pregrado, y está compuesta por cinco fases que permiten definir desde la delimitación del alcance hasta la formulación de conclusiones preliminares.

1.1. Delimitación del alcance

El análisis se desarrollará en dos niveles: nacional, considerando el sector en Colombia, y regional, con énfasis en el departamento de Santander. Para este estudio se establecen 4 ejes principales de análisis: técnico, comercial, normativo y legal. En cada uno se recopilará información proveniente de fuentes secundarias confiables, tales como el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), el Instituto Nacional de Vigilancia de Medicamentos y Alimentos (INVIMA), La Asociación Colombiana de Porcicultores (Porkcolombia), el Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas (DANE), artículos académicos, bases de datos internacionales como FAO, TradeMap y Banco Mundial, entre otras.

1.2. Recolección de información secundaria

La información se obtendrá utilizando una revisión documental dirigida, enfocada a datos sectoriales, estadísticas oficiales, artículos académicos y normativas vigentes. Los datos recopilados se organizarán en una matriz de recolección que incluirá aspectos como fuente, año, tema, hallazgos principales y posibles implicaciones para el proyecto.

1.3. Recopilación de información secundaria

Después de recompilar la información, esta será clasificada en función de los cuatro ejes de análisis definidos. Se realizará la diferenciación entre los hallazgos a nivel nacional y a nivel departamental, con el fin de identificar las particularidades del sector porcino en Santander frente al panorama nacional del mismo.

1.4. Análisis sectorial

Con la información organizada, se aplicarán dos herramientas estratégicas para obtener una visión integral del sector porcicultor:

- Análisis PESTEL: para examinar los factores políticos, económicos, sociales, tecnológicos, ambientales y legales que impactan la viabilidad del proyecto
- Modelo de las Cinco Fuerzas de Porter: para analizar la estructura competitiva del sector analizando la rivalidad entre competidores, el poder de negociación de proveedores y clientes, así como la amenaza de nuevos entrantes y de productos sustitutos.

1.5. Interpretación y Conclusiones

Por último, se llevará a cabo la interpretación de los resultados obtenidos en los análisis, con el propósito de identificar las principales oportunidades y amenazas del entorno, así como los factores críticos que afectan la viabilidad de proyecto en el departamento. A partir de esta interpretación se presentarán conclusiones y recomendaciones preliminares que servirán como base a fases posteriores del proyecto.

1.6. Recolección de información secundaria

(Se encuentra en el Apéndice A. Recolección de información secundaria)

1.7. Análisis preliminar de la idea de negocio

El sector porcícola en Colombia se ha consolidado como una de las actividades agroindustriales con mayor crecimiento en la última década. La producción a nivel nacional alcanzó las 608.752 toneladas en 2024, esto representa un incremento del 7,8% frente el año anterior, consolidando al sector como uno de los motores del agro en el país (Porkcolombia, 2024, pg.9). Este crecimiento ha estado acompañado de un aumento sostenido en el consumo interno de carne de cerdo, el cual ronda 14,7 kg per cápita al año, lo que demuestra que es un mercado en expansión y con potencial de desarrollo (Portafolio, 2025).

En el departamento de Santander, la situación es contrastante. A pesar, de contar con aproximadamente 11.000 cerdas de cría y un consumo cercano a 800 cerdos diarios (Vanguardia,2025), actualmente no existe ninguna planta de beneficio porcino autorizada (Invima,2023, pg.1). Hasta el 2020 operaba en Bucaramanga el frigorífico Vijagual, que incluía línea de sacrificio porcino, pero esta infraestructura fue vendida a capital extranjero y dejó de prestar el servicio a la región (Vanguardia,2025). Esto ha obligado a acudir a destinos como Cúcuta o Valledupar para el faenado de los animales, lo cual incrementa los costos de transporte y disminuye la competitividad de la cadena de suministro.

La falta de una infraestructura certificada, también ha incrementado el sacrificio informal. Se estima que, en el área metropolitana de Bucaramanga, se sacrifican de manera 400 porcinos por día, una cifra alarmante que representa un riesgo significativo para la salud pública, ya que estas prácticas no garantizan el cumplimiento de los estándares de inocuidad exigidos por la

legislación sanitaria (Vanguardia, 2025). Además, la informalidad limita las posibilidades de trazabilidad de la carne, excluye a los productores santandereanos de mercados más exigentes como el institucional, las grandes superficies o la exportación, y adicionalmente dificulta la caracterización real del mercado, ya que la ausencia de una infraestructura formal impide contar con cifras oficiales sobre volumen de sacrificio local. En la práctica, la información disponible sobre el sector en el departamento, depende de las estimaciones gremiales o de las declaraciones de los representantes del sector, ya que los animales santandereanos sacrificados en la formalidad se trasladan a otros departamentos y los sacrificados en la informalidad no se registran en ninguna base de datos oficial.

El marco regulatorio colombiano, encabezado por el Decreto 1500 de 2007, establece que todo proceso de sacrificio animal se debe llevar a cabo en plantas autorizadas y certificadas por el INVIMA. En la práctica, esto significa que, al no contar con una infraestructura formal en Santander, los productores no tienen la forma de cumplir con la normativa, ni acceder a los beneficios que les otorga una producción legal. Esta problemática, genera una situación de desequilibrio entre la dinámica de crecimiento del sector a nivel nacional, y la ausencia de condiciones locales para participar competitivamente.

En conclusión, el análisis preliminar evidencia que, mientras el sector porcino nacional muestra una tendencia positiva en producción y en consumo, Santander presenta una brecha crítica en la infraestructura de beneficio porcino. La inexistencia de una planta certificada, sumada al sacrificio informal y a los sobrecostos logísticos para los porcicultores, constituyen el principal argumento para la creación de la Planta de Beneficio del Oriente, como una alternativa para formalizar la cadena, garantizar la inocuidad del producto y fortalecer la competitividad del sector.

1.8. Clasificación por ejes de análisis

1.8.1. Técnico

El eje técnico del sector se compone por las exigencias de inocuidad, eficiencia operativa, bienestar animal y sostenibilidad ambiental que regulan el sacrificio de animales destinados al consumo humano. Según la FAO (2008, pg.20), las buenas prácticas en la industria cárnica se enfocan en el diseño higiénico de las instalaciones, una adecuada disposición de las áreas y la implementación de programas estandarizados de limpieza y desinfección. Estas prácticas son fundamentales para prevenir la contaminación cruzada, optimizar la productividad y garantizar la inocuidad del producto.

La FAO establece que el flujo adecuado del proceso, desde el recibimiento del animal, la insensibilización, el sacrificio, el eviscerado y la refrigeración, puede aumentar hasta un 15% y disminuir la transmisión de enfermedades en un 40%, cuando se aplican los procedimientos de control sanitario como el *Hazard Analysis and Critical Control Points* (HACCP) y los *Procedimientos Operativos Estandarizados de Saneamiento* (POES).

Complementariamente, la FAO (2001, pg.7) plantea que el manejo y el sacrificio humanitario de animales influye directamente en la calidad del producto. De acuerdo a sus lineamientos, un manejo inadecuado durante el transporte o antes del sacrificio puede ocasionar pérdidas de entre el 5% y el 10% del peso en canal, así como el deterioro de sus características organolépticas. Por esta razón, destaca la relevancia del descanso prefaena, la reducción del ruido, el uso de métodos de insensibilización efectivos y la adecuada capacitación del personal encargado. Estos elementos son indispensables para el diseño técnico de una planta de sacrificio, donde se garantice el bienestar animal y también la eficiencia del proceso productivo.

En el contexto colombiano, diversos estudios técnicos han demostrado los efectos del transporte y el manejo sobre la calidad de la carne. Uribe-Corrales et al. (2017, pag.4) reportaron que la ausencia de periodos de descanso y malas condiciones en el transporte pueden causar hematomas y lesiones musculares en más del 20% de los cerdos, lo que afecta la presentación del producto ocasionando pérdidas económicas. Estos hallazgos sustentan la necesidad de contar con corrales amplios, zonas de descanso con agua y ventilación, y una logística para reducir el estrés del animal.

En materia de inocuidad, las investigaciones han identificado puntos críticos relacionados con la presencia de patógenos. Ayala-Romero et al. (2018, pag.4) hallaron *Salmonella spp.* en el 28,2% de las muestras tomadas en ganglios mesentéricos de porcinos, más específicamente durante la etapa de eviscerado. Igualmente, Bermúdez et al. (2014) encontraron que en el 35% de las muestras aisladas de *Salmonella entérica* presentaban resistencia antimicrobiana a por lo menos un antibiótico, mostrando la importancia de aplicar planes de saneamiento (POES) con una mayor rigurosidad y además implementar programas de verificación de superficies y utensilios.

Más recientemente, Palacio-Arias et al. (2023) detectaron una planta de beneficio porcino en Medellín la presencia del gen *mcr-1*, asociado a la resistencia bacteriana de *E. Coli* y *Salmonella*, con una incidencia del 15,78% en las muestras analizadas (pag.1). Este hallazgo demuestra que es fundamental implementar monitoreos microbiológicos permanentes, así como el control de los procesos de desinfección de equipos y la calidad del agua que se utiliza en el proceso.

El INVIMA (2023), en su listado oficial de plantas de beneficio y acondicionamiento, confirmó que el departamento de Santander no cuenta con ningún establecimiento autorizado.

Esto quiere decir que, a nivel técnico, la región no cuenta con una infraestructura que cumpla los estándares de diseño, saneamiento, refrigeración y control de procesos exigidos por la autoridad sanitaria. Asimismo, el INVIMA (2025) indica que solo 24 plantas en el país están certificadas en normas HACCP, la mayoría concentradas en el departamento de Antioquia y Cundinamarca, lo que muestra la desigualdad regional en materia de inocuidad y certificación.

Por último, la Resolución 0631 de 2015 del Ministerio de Ambiente, establece los parámetros de vertimientos para las actividades industriales, incluyendo las plantas de sacrificio. Para este tipo de establecimientos, los valores de control más relevantes son los siguientes:

Tabla 2

Límites máximos de vertimiento para plantas de beneficio animal según la Resolución 0631 de 2015.

Parámetro	Límite máximo permitido	Unidad
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅)	600	mg/L
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	1200	mg/L
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	600	mg/L
Grasas y aceites	100	mg/L
Nitrógeno total	40	mg/L
Fósforo total	10	mg/L
PH	6-9	
Temperatura del vertimiento	35	°C

Nota. Elaboración propia con base en la Resolución 0631 de 2015 (Colombia, Min Ambiente, 2015).

Estos valores constituyen el marco técnico que debe guiar el diseño y operación de la

Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) relacionada al proceso desarrollado en una planta de sacrificio porcino.

1.8.2. Comercial

El eje comercial del sector porcícola en Colombia muestra un comportamiento dinámico, fundamentado en el aumento sostenido del consumo interno, la tecnificación productiva y la consolidación del mercado nacional. Según el Informe de Gestión 2024 de la Asociación Colombiana de Porcicultores-Porkcolombia (2025), la producción nacional fue de 608.752 toneladas en 2024, lo que representa un crecimiento del 7,8% respecto al año anterior y un valor de \$7,83 billones. Este resultado acompañado por un incremento en el consumo, que alcanzó los 14,7 kilogramos por habitante al año, posicionando al cerdo como la segunda proteína de mayor consumo en el país después del pollo. (pg.9)

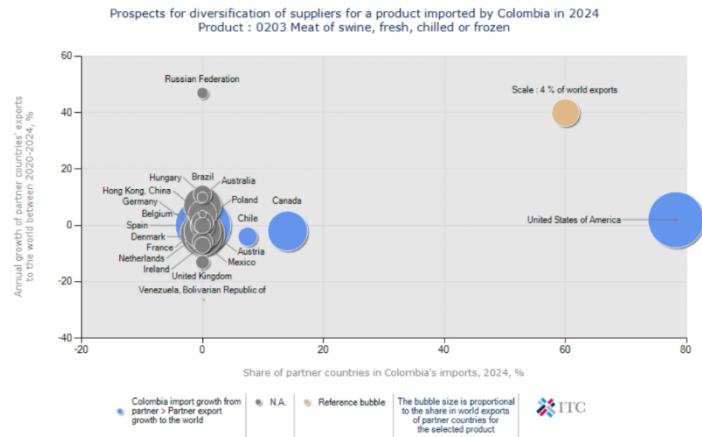
Complementariamente, el informe de Porkcolombia FNP (2025) informa que entre 2008 y 2024, el sector tuvo un crecimiento acumulado del 46% en producción y del 8% anual en el sacrificio formal (pag.7). Sin embargo, este crecimiento se ha concentrado principalmente en departamentos como Antioquia y Valle del Cauca, estos departamentos presentan más del 56% del sacrificio formal del país, mientras que otras regiones como Santander no cuentan con una infraestructura certificada (DANE-ESAG,2025). Esta distribución genera una dependencia operativa de plantas que operan en otros departamentos, aumentando los costos logísticos de los porcicultores de la región hasta un 20% (Vanguardia,2025).

En el contexto internacional, la USDA-FAS (2025) informa que las exportaciones de carne de cerdo de Estados Unidos hacia Colombia fueron de 360 millones de dólares en 2024, esto equivale aproximadamente a 165.000 toneladas. De acuerdo con el International Trade

Centre (2025) entre 2020 y 2024 las importaciones colombianas de carne de cerdo aumentaron, pasando de 95.000 toneladas a 165.000, con una tasa de crecimiento del 73% en cuatro años. Los principales países de origen fueron Estados Unidos (75%), Canadá (12%), y Chile (10%). En comparación, la exportación de carne colombiana sigue siendo mínima, ya que se mantiene por debajo de las 3.000 toneladas al año, debido a la limitación en la capacidad instalada de sacrificio y procesamiento. Estos datos muestran una marcada dependencia del mercado internacional y la necesidad de fortalecer el sector a nivel nacional para atender la demanda interna con un producto local competitivo.

Figura 1

Participación de países proveedores en las importaciones colombianas de carne porcina (HS 0203) en 2024



Nota. Figura tomada de *Trade Map – International Trade Statistics (ITC, 2025)*.

El Boletín de Economía Porcina de Porkcolombia (2025) añade que las importaciones de carne de cerdo mostraron un aumento del 22% entre enero y noviembre de 2024, mientras que el sector nacional creció un 7,8% durante el mismo periodo. Esto demuestra una capacidad de respuesta positiva del sector, pero también evidencia una limitación en el mismo, que se puede mitigar con una mejoría en la infraestructura y en la distribución a nivel regional del sector.

Según el diario Portafolio (2025), la carne de cerdo de Colombia se ha ganado el prestigio internacional gracias al cumplimiento de los estándares de inocuidad y calidad, lo que ha favorecido su posicionamiento a nivel nacional e institucional. Sin embargo, este crecimiento exige fortalecer la oferta formal y cumplir las certificaciones sanitarias, condiciones que actualmente no se cumplen en el departamento de Santander. El mismo medio enfatiza que la formalización del sacrificio es un requisito para participar en programas de abastecimiento institucional y en grandes cadenas de supermercados.

Por otra parte, la Unidad de Planificación Agropecuario (UPRA,2023) registro que en Santander se cuenta con un inventario de 172.917 animales que están distribuidos en 1.770 predios dedicados a la porcicultura. Estas cifras muestran que el departamento cuenta con una base productiva significativa, pero con dificultades para acceder a servicios de beneficio y procesamiento certificados, lo que deja un vacío en la cadena productiva de Santander. La falta de una planta regional limita el potencial productivo del sector y reduce la competitividad frente a productores de otras regiones e incluso también frente a los competidores internacionales.

Tabla 3

Inventario de especies pecuarias en el departamento de Santander, 2022

Especie	Número de animales
Bovinos	1.681.590
Porcinos	172.914
Bufalinos	68.440
Equinos	61.739
Ovinos	48.716

Caprinos

32.829

Nota. Elaboración propia con base en Unidad de Planificación Rural Agropecuaria (2023). Microanálisis /

Evaluaciones Agropecuarias – Santander.

1.8.3. Normativo

El marco normativo que regula el sacrificio animal y la operación de una planta de beneficio en Colombia es uno de los más estrictos del sector agroindustrial. Este conjunto de normas dispone las condiciones sanitarias, laborales, ambientales y de planificación productiva que debe cumplir la Planta de Beneficio del Oriente para asegurar su habilitación, sostenibilidad y la conformidad legal.

Primeramente, el INVIMA es la autoridad que se encarga de regular, inspeccionar y certificar las plantas de beneficio en Colombia. Según el *Listado de plantas de beneficio, desposte, desprese y acondicionadores autorizados* (INVIMA, 2023), en el departamento de Santander no hay ninguna planta habilitada para el sacrificio de cerdos, lo que demuestra la ausencia de una infraestructura que se encuentre certificada bajo los parámetros del *Sistema Oficial de Inspección, Vigilancia y Control*. En febrero del 2025, el mismo organismo informó que solo hay 42 establecimientos en el país que cuentan con la certificación HACCP (INVIMA,2025) que se encuentran principalmente en Antioquia y Cundinamarca.

El INVIMA exige que las plantas que soliciten una habilitación oficial deben implementar de forma documentada los siguientes componentes normativos:

Tabla 4

Requisitos técnicos y sanitarios exigidos por el INVIMA para la habilitación de plantas de beneficio animal

Categoría de cumplimiento	Principales exigencias
Infraestructura	Separación entre áreas sucias y limpias, pisos y paredes lavables, drenaje sanitario, ventilación adecuada, suministro de agua potable y disposición segura de los residuos.
Programas prerrequisito	Implementar Buenas Prácticas de Manufactura (BPM), Procedimientos Operativos Estandarizados de Saneamiento (POES) y un Sistema de Control de Plagas.
Sistema HACCP	Identificación de peligros, determinación de puntos críticos de control (PCC), definición de límites críticos, monitoreo, acciones correctivas, verificación y registros documentados.
Inspección oficial	Supervisión permanente de un médico veterinario del INVIMA, registros ante mortem y post mortem, y documentación de trazabilidad por lote y canal.
Certificación	Cumplimiento total de la normatividad sanitaria vigente y verificación anual de conformidad por parte del INVIMA.

Nota. Elaboración propia con base en INVIMA (2023,2025)

El cumplimiento de estos requisitos es indispensable para la habilitación y operación

legal de la planta. Además, el sistema HACCP es el estándar reconocido a nivel internacional para la inocuidad alimentaria, por lo que implementarlas es fundamental para garantizar el cumplimiento no solo de la normativa nacional sino también las exigencias de los mercados institucionales e internacionales.

En el ámbito ambiental, la Resolución 0631 de 2015 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible fija parámetros y límites máximos permisibles de vertimientos para actividades industriales, incluyendo las plantas de beneficio. Estos valores, ya presentados en la Tabla 1, establecen límite de DBO₅, DQO, SST, grasas, nitrógeno y fósforo, también pH y la temperatura. Para garantizar el cumplimiento, se deberá diseñar e implementar un sistema de tratamiento de aguas residuales. El cumplimiento de esta normativa es verificado por la autoridad ambiental de la región (CDMB), que se encarga de otorgar los permisos de vertimiento y el seguimiento que controla la calidad del agua descargada.

Desde la perspectiva laboral y de seguridad ocupacional, el Decreto 1072 de 2015 del Ministerio de Trabajo compila el reglamento del Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo (SG-SST). Este sistema debe ser implementado de forma obligatoria por todas las empresas del sector industrial. El decreto establece que toda organización debe identificar los peligros, valorar los riesgos y definir controles en todas las etapas del proceso. Los riesgos más relevantes en una planta de sacrificio están relacionados con: manipulación de herramientas cortopunzantes, exposición a altas temperaturas, caídas en zonas húmedas, manejo de productos químicos, levantamiento de cargas, y contacto con agentes biológicos.

Tabla 5

Componentes principales del Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo (SG-SST) exigido por el Decreto 1072 de 2015

Componente	Descripción normativa
Política y planificación	La empresa debe establecer una política escrita de SST, con objetivos medibles y con asignación de recursos humanos y financieros.
Identificación de peligros y evaluación de riesgos	Evaluar periódicamente los riesgos por actividad y actualizar continuamente la matriz.
Capacitación y entrenamiento	Programas obligatorios de inducción, entrenamiento y actualización en temas de bioseguridad, manipulación segura y primeros auxilios.
Vigilancia epidemiológica	Seguimiento de enfermedades laborales, ausentismo y accidentes de trabajo.
Auditoría y mejora continua	Revisión anual del sistema y acciones de mejora ante incumplimientos.

Nota. Elaboración propia con base en Colombia, MinTrabajo (2015).

Por otro lado, el Plan Nacional de Desarrollo 2022-2026, titulado *Colombia Potencia Mundial de la Vida* (DNP,2023), establece los lineamientos transversales que fortalecen la formalización productiva, la seguridad alimentaria y la infraestructura agroindustrial. Dentro del eje “Transformación productiva y fortalecimiento del campo colombiano”, el PND promueve la creación de plantas de procesamiento y centros de acopio que mejoren la productividad de las cadenas agroalimentarias. En este sentido el proyecto se alinea con las políticas públicas que

promueven la formalización y sostenibilidad del sector pecuario, contribuyendo a la mejora productiva del sector pecuario y a la generación de empleo en Santander.

1.8.4. Legal

El eje legal del proyecto abarca los aspectos relacionales con la constitución jurídica de la empresa, la obtención de licencias y registros oficiales y el cumplimiento de los distintos requisitos legales necesarios para operar una planta de beneficio animal. Estos elementos son esenciales para garantizar el funcionamiento de la Planta de Beneficio del Oriente dentro del marco jurídico colombiano y que su estructura societaria, contractual y administrativa cumpla con la legislación vigente.

En cuanto a la forma jurídica, la figura más adecuada para el proyecto es la Sociedad de Acciones Simplificadas (S.A.S.), que se contempla en la Ley 1258 de 2008, por ser un modelo empresarial flexible, de constitución ágil y que limita la responsabilidad de los social al monto de sus aportes. Esta figura es usada ampliamente en el sector agroindustrial, ya que permite la integración de inversionistas, productores y socios estratégicos bajo un mismo marco societario. La constitución de una S.A.S requiere de:

1. La elaboración de estatutos sociales
2. Registro del documento de constitución en la Cámara de Comercio
3. Obtención del Registro Único Tributario (RUT) ante la DIAN
4. Apertura de una cuenta bancaria empresarial

Posteriormente, la planta deberá tramitar los permisos, licencias y registros requeridos por la normatividad colombiana. En el ámbito sanitario, el INVIMA es la autoridad competente para otorgar la certificación oficial de la planta, la cual se concede solamente cuando las

instalaciones cumplen con los requisitos establecidos en el Sistema Oficial de Inspección, Vigilancia y Control. Este proceso se compone de inspecciones in situ, verificación de la infraestructura sanitaria, la implementación de programas prerrequisito (BPM, POES y HACCP) y la documentación de trazabilidad.

En cuanto a la normativa ambiental, se debe tramitar el permiso de vertimientos ante la CDMB, sustentado en un estudio técnico que demuestre el cumplimiento de los límites establecidos por la Resolución 0631 de 2015. Adicionalmente, es necesario contar con la licencia ambiental o el Plan de Manejo Ambiental (PMA) en caso de generar impacto sobre recursos ambientales. También se debe realizar la inscripción en el Registro de Generadores de Residuos o Desechos Peligrosos (RESPEL) ante la misma autoridad, conforme a la Resolución 1362 de 2007, para garantizar un manejo adecuado de los subproductos no comestibles y de los residuos contaminantes.

En el ámbito laboral se debe cumplir con el SG-SST establecido en el decreto 1072 de 2015, la empresa deberá registrar a todos los empleados en los sistemas de seguridad social integral, afiliándolos a una Administradora de Riesgos Laborales (ARL), EPS, fondo de pensiones y caja de compensación familiar. Estos registros se deben tener actualizados y estar en los manuales internos de cumplimiento laboral.

Adicionalmente, la planta debe acreditar el uso del suelo permitido mediante una certificación expedida por la alcaldía del municipio donde se ubique. Este documento debe certificar que la actividad de sacrificio animal este autorizada en el terreno seleccionado, en el cumplimiento del plan de ordenamiento territorial y planeación municipal. Sin el cumplimiento de este requisito no se podrá realizar el registro ante el INVIMA debido a que la autoridad exige la compatibilidad del uso del suelo como condición previa a la habilitación.

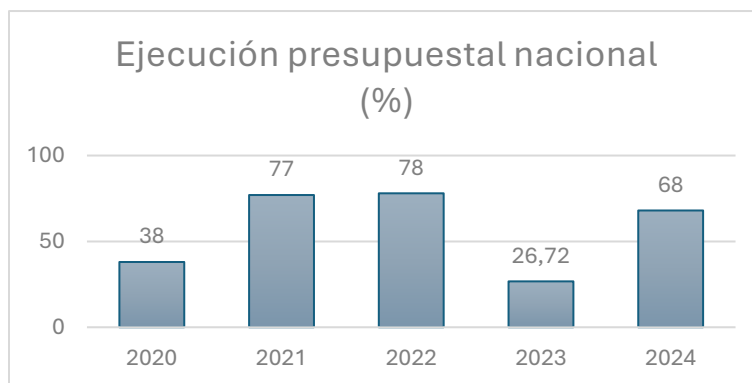
1.9. Macroentorno (PESTEL)

1.9.1. Factores políticos.

Durante el periodo comprendido entre 2020 y 2024, el contexto político colombiano ha estado marcado por una creciente dificultad en la gestión del gasto público y un cambio en las prioridades presupuestales del Estado. Según el Ministerio de Hacienda, la ejecución presupuestal nacional muestra una tendencia irregular, mientras que en el 2021 y 2022 se alcanzó el 77% y 78% respectivamente, en 2023 descendió drásticamente al 26,7%, lo que refleja una pérdida en la capacidad administrativa y de gestión del gobierno nacional. Aunque mostró una recuperación en el 2024, con el 68%, la variación en la ejecución demuestra problemas en la planeación, retrasos en la aprobación de proyectos y dificultades institucionales para completar la ejecución de los mismos.

Figura 2

Ejecución presupuestal nacional de Colombia, 2020–2024

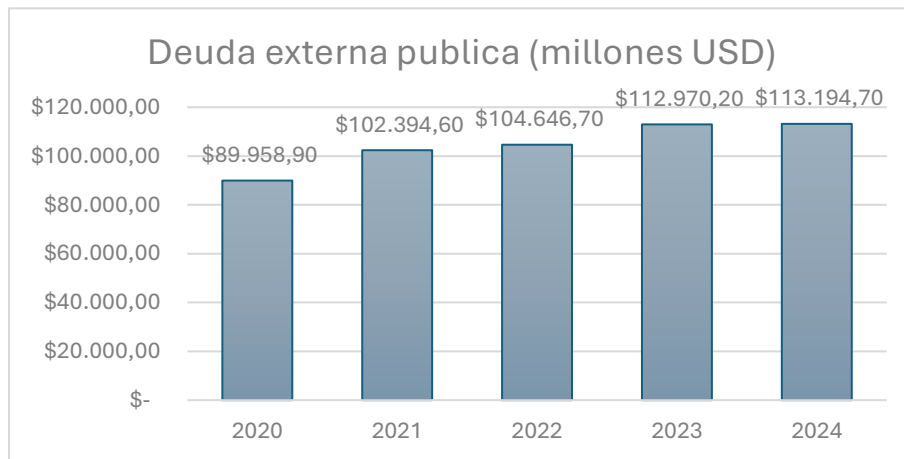


Nota. Serie elaborada con datos extraídos de los Informes de Ejecución del Presupuesto General de la Nación del Ministerio de Hacienda y Crédito Público correspondientes a 2020,2021,2022,2023,2024.

La segunda variable importante en la dimensión política es el endeudamiento público externo, que ha mantenido una tendencia creciente a lo largo de este periodo. De acuerdo con el Banco de la República, la deuda externa pasó de 89.958 millones de dólares en 2020 a más de 113.194 millones en 2024, esto implica un aumento superior al 25% en solo cuatro años. Este crecimiento se debe en parte a la necesidad de cubrir déficits fiscales que fueron ampliados durante la pandemia. Sin embargo, este nivel de endeudamiento limita la capacidad futura de inversión en obra pública, ya que se debe destinar una mayor proporción del presupuesto nacional al pago de la deuda, reduciendo así los recursos disponibles para el desarrollo de infraestructura productiva, en proyectos agroindustriales o de otros índoles.

Figura 3

Deuda externa pública de Colombia (millones de USD), 2020–2024.



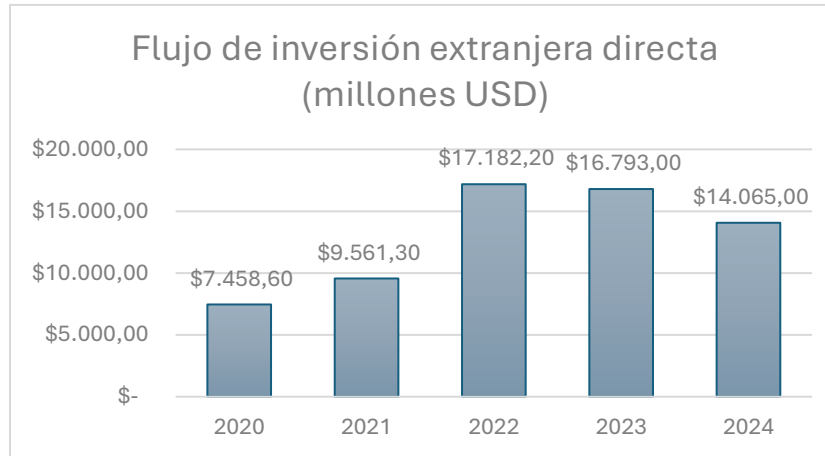
Nota. Serie elaborada con datos extraídos de las estadísticas de deuda externa pública del Banco de la Republica correspondientes a 2020,2021,2022,2023,2024.

Finalmente, la inversión extranjera directa (IED), es otro indicador de confianza pública y estabilidad institucional. Según el Banco de la Republica entre el año 2020 y 2022 se duplicó el flujo de IED, impulsado principalmente por la recuperación económica postpandemia. Sin embargo, a partir de 2023, se observó una disminución del mismo, alcanzando los 14.065 millones de dólares en 2024, esto sugiere una menor confianza de los inversionistas frente a la

estabilidad jurídica y política del país. Este retroceso se puede asociar a la incertidumbre generada con las reformas estructurales (laboral, pensional y tributaria) y al aumento de la percepción de riesgo público.

Figura 4

Flujo de inversión extranjera directa en Colombia (millones de USD), 2020–2024.



Nota. Serie elaborada con datos extraídos de las estadísticas de balanza de pagos-inversión extranjera directa del Banco de la Republica correspondientes a 2020,2021,2022,2023,2024.

En conclusión, estos indicadores reflejan un entorno de altos niveles de incertidumbre y con una capacidad limitada de inversión pública y privada. Por lo que es necesario para los proyectos departamentales contar con una gestión eficiente de los recursos, con alianzas público-privadas y una planeación solida que garantice el desarrollo del proyecto incluso en un entorno de gasto nacional restringido.

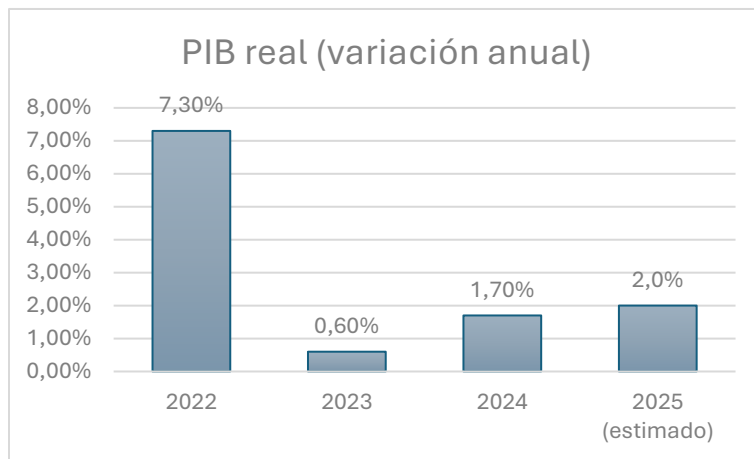
1.9.2. Factores económicos

Durante el periodo entre 2022 y 2025, la economía colombiana paso una fase de ajuste después de la reactivación económica postpandemia, tal como se observa en la siguiente figura. El crecimiento del PIB, que alcanzó un 7,3% en el 2022 (DANE,2022), después se desaceleró al

1,7% en 2024 (DANE,2024), y se proyecta cercano al 2% para el 2025 (DANE,2025). Este comportamiento muestra el proceso de normalización económica después de la expansión extraordinaria después de la reapertura económica. En el departamento de Santander, el PIB registrado por el DANE para el 2022, fue del 5,3%, lo que muestra un comportamiento positivo, pero ligeramente inferior al nacional, esto se debe a la alta dependencia del comercio y del sector primario, y una menor participación industrial.

Figura 5

Variación anual del PIB real de Colombia, 2022–2025.

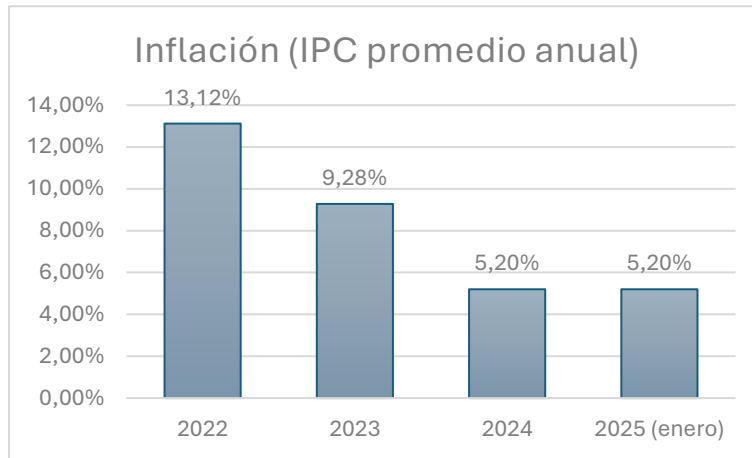


Nota. Serie elaborada con datos extraídos de las estadísticas de los Informes de Cuentas Nacionales Trimestrales del Departamento Administrativo Nacional de Estadística correspondientes a 2022,2023,2024,2025.

La variación de los precios muestra también una tendencia favorable. Como se muestra en la siguiente figura, la inflación alcanzó un 13,1% en 2022 (DANE,2022), pero disminuyó a 9,2% en 2023 (DANE,2023) y 5,2% en 2024 (DANE,2024), se proyecta para el 2025 un 5,2% (Banco de la República,2025). En el departamento de Santander la inflación fue de 8,9% en el 2023 (DANE,2024), por debajo del IPC nacional. Este proceso de desinflación representa un entorno más estable para la planeación financiera del proyecto.

Figura 6

Inflación (IPC promedio anual) en Colombia, 2022–2025.

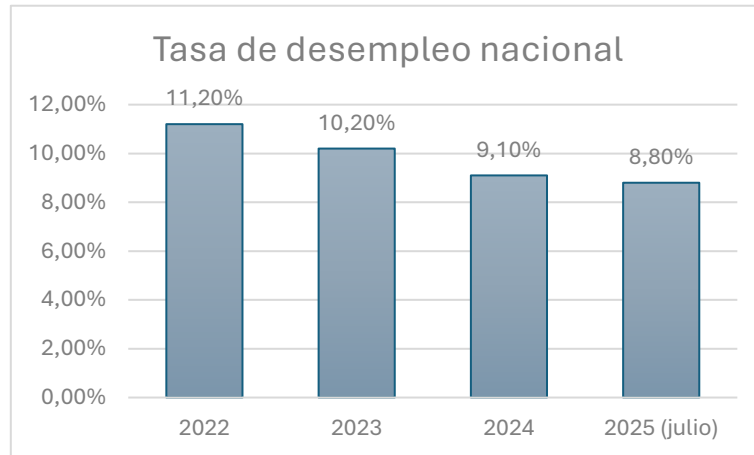


Nota. Serie elaborada con datos extraídos de las estadísticas de los boletines técnicos del Índice de Precios al Consumidor (IPC) publicados por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística correspondientes a 2022,2023,2024,2025.

En cuanto al mercado laboral, la siguiente figura evidencia una mejora sostenida en la generación de empleo. La tasa nacional de desempleo paso de 11,2% en 2022 al 8,8% en 2025 (DANE,2025) mientras que en el departamento fue del 10,5% en 2023, mostrando un rezago leve frente al promedio nacional. Esto indica que el departamento dispone de fuerza laboral disponible, pero con la necesidad de capacitación técnica especializada.

Figura 7

Tasa de desempleo nacional en Colombia, 2022–2025.

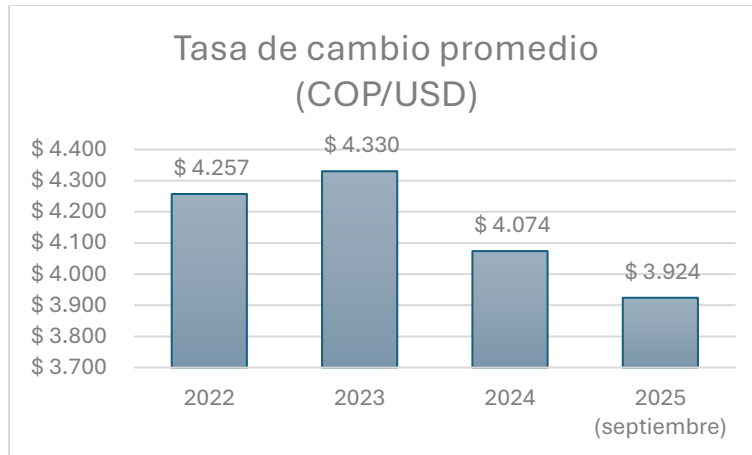


Nota. Serie elaborada con datos extraídos de los informes mensuales del mercado laboral publicados por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística correspondientes a 2022,2023,2024,2025.

En la siguiente figura se presenta la evolución del tipo de cambio promedio anual. El peso colombiano se devaluó fuertemente en el año 2022, alcanzó un promedio de \$4.257, pero se apreció gradualmente hasta ubicarse cerca del \$3.924 en septiembre del 2025 (Banco de la República,2025). Este comportamiento favorece la importación de maquinaria, equipos y tecnología, por lo que la inversión en infraestructura automatizada sería más viable en el contexto actual. Sin embargo, también intensifica la competencia frente a la carne importada y sus subproductos.

Figura 8

Tasa de cambio promedio (COP/USD) en Colombia, 2022–2025.



Nota. Serie elaborada con datos extraídos de las estadísticas históricas del tipo de cambio representativo del mercado (TMR) publicadas por el Banco de la Republica correspondientes a 2022,2023,2024,2025.

1.9.3. Factores sociales.

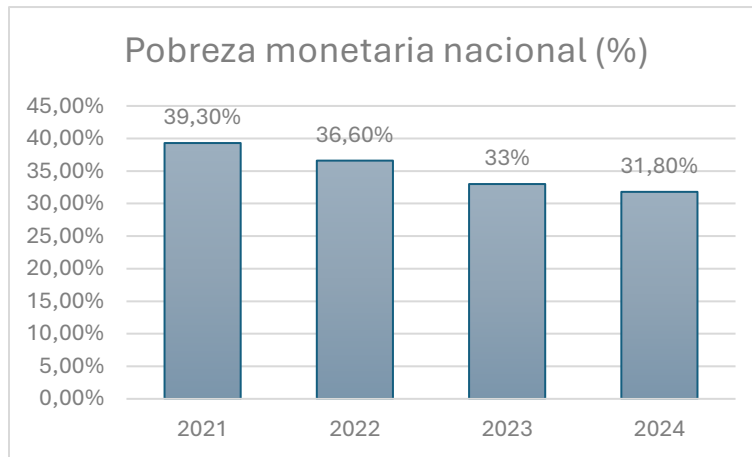
El panorama social de Colombia entre 2021 y 2024, muestra una recuperación progresiva después de los efectos económicos y sociales causados por la pandemia. Según las proyecciones oficiales del DANE y el MEN, el país tiene una población aproximada a 52 millones de habitantes, de los cuales el 77% habita en las zonas urbanas, lo que demuestra una fuerte concentración poblacional y una demanda creciente de empleo y servicios públicos. En el departamento de Santander, la población estimada en el 2024 supera los 2,2 millones de habitantes, con una estructura demográfica predominantemente joven, lo que representa una oportunidad en términos de capital humano, sin embargo, es un reto en materia de empleo formal y acceso a la educación superior.

La pobreza monetaria nacional descendió del 39,3% en el 2021 (DANE,2021) a 31,8% en 2024 (DANE,2024). Esta disminución muestra una recuperación del poder adquisitivos de los hogares colombianos y una mejora en los ingresos promedios, sin embargo, aun un tercio de la población se mantiene por debajo de la línea de la pobreza. En Santander, los niveles de pobreza

están ligeramente por debajo del promedio nacional, lo que sugiere un desempeño económico más estable frente a otros departamentos.

Figura 9

Evolución de la pobreza monetaria nacional, 2021–2024.

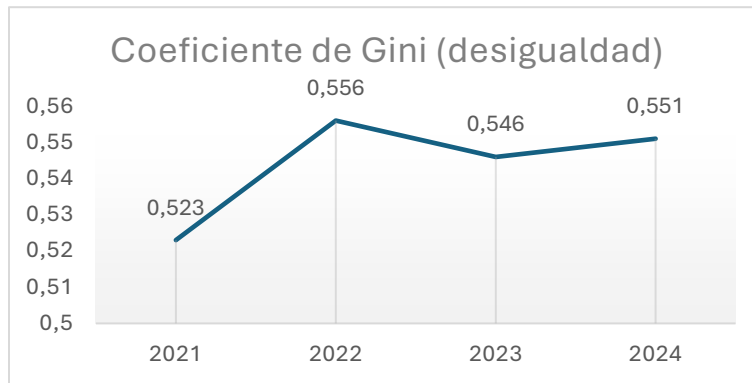


Nota. Serie elaborada con datos extraídos del Boletín Técnico de Pobreza Monetaria y Multidimensional publicadas por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) correspondiente a 2021, 2022, 2023 y 2024.

El coeficiente de Gini, que mide la desigualdad en la distribución de ingreso, se ha mantenido relativamente alto, pasó de 0,523 en 2021 (DANE, 2021) a 0,551 en 2024 (DANE, 2024), lo que muestra un ligero aumento del mismo. Aunque se observa una leve mejora en 2023 (0,546), sin embargo, aumento nuevamente en 2024 lo que muestra que la recuperación económica no ha sido equitativa. Este indicador, continúa posicionando a Colombia entre los países más desiguales de América Latina, lo que refleja la persistencia de brechas socioeconómicas.

Figura 10

Coeficiente de Gini (desigualdad en el ingreso) en Colombia, 2021–2024.

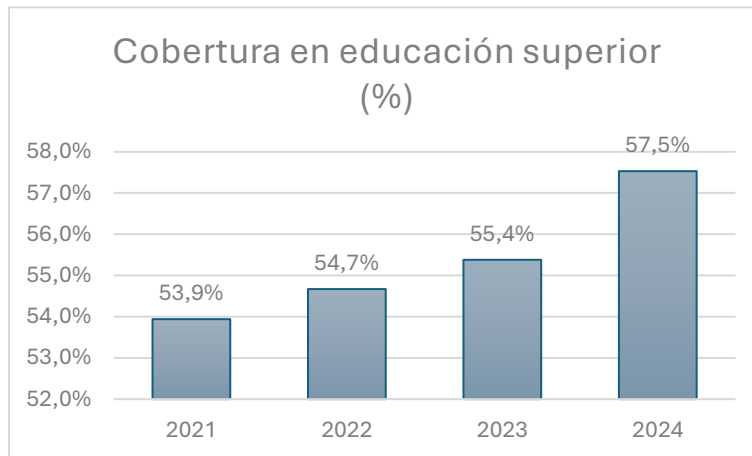


Nota. Serie elaborada con datos extraídos del Boletín Técnico de la Encuesta Nacional de Calidad de Vida (ECV) publicadas por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) correspondiente a 2021, 2022, 2023 y 2024.

La cobertura en la educación superior aumentó de 53,9% en 2021 (MEN, 2021) a 57,5% en 2024 (MEN, 2024). Esta mejora, aunque sea moderada, evidencia un esfuerzo sostenido por ampliar el acceso a la educación universitaria y técnica, lo cual fortalece el capital humano y la empleabilidad. En Santander, donde se ubican instituciones como la Universidad Industrial de Santander (UIS) y la UNAB, los niveles de cobertura superan el 60%, ubicando al departamento entre los de mayor formación académica de la región nororiental.

Figura 11

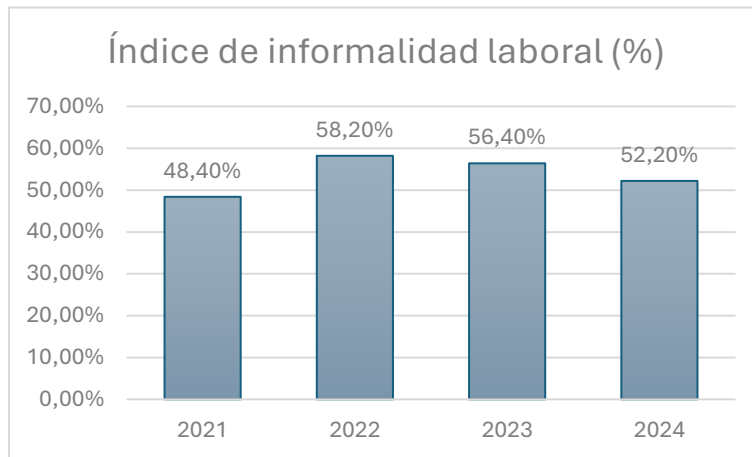
Cobertura en educación superior en Colombia, 2021–2024.



Nota. Serie elaborada con datos extraídos del Ministerio de Educación Nacional (MEN), Estadísticas de educación superior correspondiente a los años 2021,2022,2023 y 2024.

Por último, el índice de formalidad muestra un patrón irregular, incrementándose de 48,4% en 2021 (DANE,2021) a 58,2% en 2022 (DANE,2022), para luego disminuir a 52,2% en 2024 (DANE,2024). Aunque la reciente reducción es positiva, aproximadamente la mitad de los trabajadores se mantienen fuera de la formalidad, lo que limita el acceso a la seguridad social y la estabilidad laboral. En Santander la informalidad se encuentra ligeramente por debajo del promedio nacional, ubicándose cerca del 48%, lo que evidencia un mercado laboral más diversificado y con mayores oportunidades de empleo formal.

Figura 12

Índice de informalidad laboral en Colombia, 2021–2024.

Nota. Serie elaborada con la información proveniente de la Gran Encuesta de Hogares del Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) para los años del 2021 al 2024.

En conclusión, Colombia avanza a una mejora paulatina de sus condiciones sociales, sin embargo, los retos asociados a la desigualdad, la informalidad y las disparidades socioeconómicas persisten. Para el contexto departamental, las condiciones socioeconómicas se encuentran ligeramente mejor que en otros departamentos del país, lo que ofrece una base social favorable para el desarrollo de proyectos industriales, siempre que se continúe invirtiendo en educación, empleo formal y en la reducción de brechas sociales.

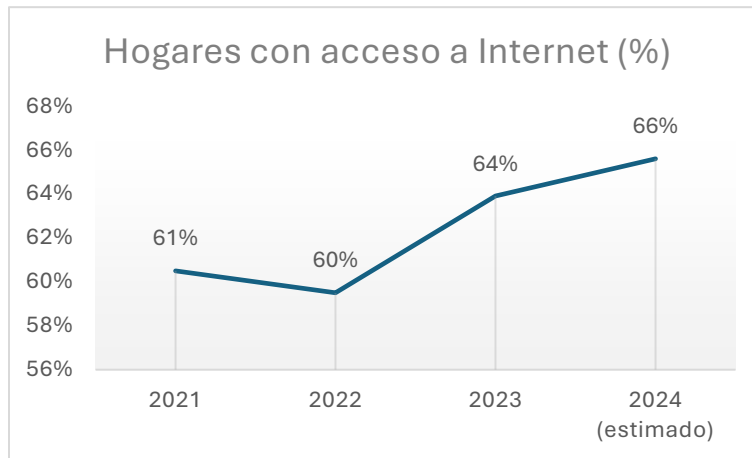
1.9.4. Factores tecnológicos.

El desarrollo tecnológico en Colombia ha demostrado mejoras significativas en los últimos años, especialmente en materia de conectividad digital y acceso a internet, estos factores afectan directamente la competitividad económica y en la transformación productiva del país. Entre el año 2021 y 2024, los hogares con acceso a internet pasaron del 61% al 66%, esto muestra una tendencia creciente, sin embargo, a un ritmo desacelerado, comparado con el crecimiento en el periodo 2018-2020, cuando las políticas de expansión de redes tuvieron un

mayor impacto (Ministerio TIC,2024). Este incremento se debe principalmente a los programas de conectividad en zonas urbanas, sin embargo, aún existen brechas importantes entre los departamentos, donde regiones como Santander presentan niveles de acceso inferiores al nacional, principalmente en zonas rurales o de poca accesibilidad.

Figura 13

Hogares con acceso a Internet en Colombia (2021–2024)

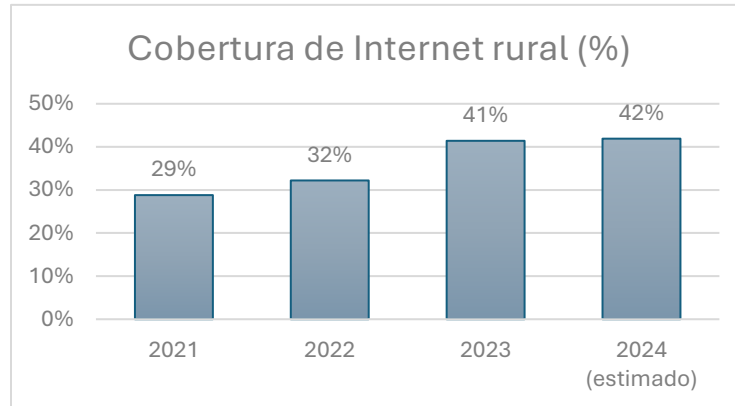


Nota. Elaboración propia con base de datos del Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (MinTIC), obtenidos del Observatorio Nacional TIC (ONTIC). Serie: Indicadores de conectividad e inclusión digital: Hogares con conexión a Internet (2021-2024).

Ahora en términos de conectividad rural, el Ministerio TIC (2024) reportó que la cobertura aumento, pasó de 29% en 2021 a 42% en 2024, esto representa un progreso importante impulsado por el Plan de Conectividad Rural y la implementación de la política “Conectividad para Cambiar Vidas”. No obstante, esta cifra indica que más de la mitad de los hogares en zona rural todavía no cuentan con acceso a internet. Este rezago tecnológico no solo limita las oportunidades de inclusión digital, sino que afecta la capacidad de adopción de tecnologías a los sectores primarios y agroindustriales, lo que impide el cierre de la brecha tecnológica entre el campo y las zonas urbanas.

Figura 14

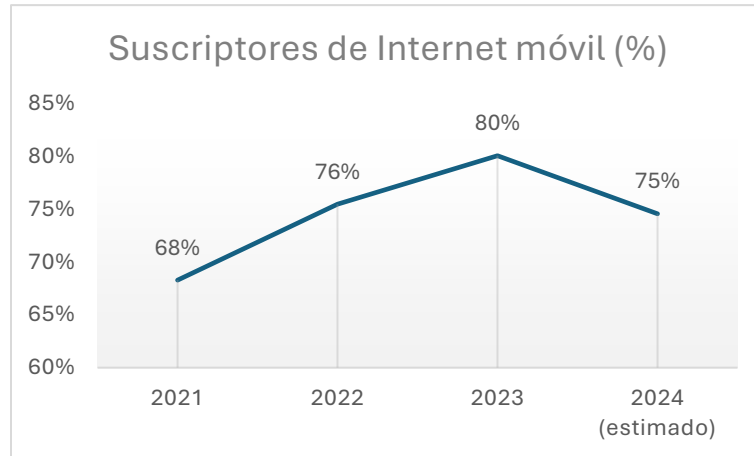
Cobertura de Internet rural en Colombia (2021–2024).



Nota. Elaboración propia con base de datos del Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (MinTIC), obtenidos del Observatorio Nacional TIC (ONTIC). Serie: Cobertura de Internet Rural (2021-2024).

Por otro lado, la cobertura del internet móvil ha tenido un mayor impacto. Los usuarios de este servicio pasaron de 68% en 2021, aumento al 80% en 2023, y tuvo una ligera disminución al 75% en 2024 (Ministerio TIC, 2024). Este crecimiento demuestra que el principal medio de conectividad es el acceso móvil, que se vio favorecido gracias a la ampliación de la red 4G y el inicio del despliegue de la red 5G en algunas capitales. No obstante, los altos costos del servicio y la baja cobertura en zonas rurales limitan su aprovechamiento equitativo, por lo que sigue siendo parte de la barrera tecnológica en el territorio colombiano.

Figura 15

Suscriptores de Internet móvil en Colombia (2021–2024)

Nota. Elaboración propia con base de datos del Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (MinTIC), obtenidos del Observatorio Nacional TIC (ONTIC). Serie: Hogares con acceso a internet móvil (2021-2024).

En conjunto, se observa una mejora continua en la infraestructura digital colombiana, pero continúan los desafíos asociados a la equidad territorial, los costos de acceso y la capacidad de las pequeñas empresas para incorporar soluciones digitales, sobre todo en departamentos como Santander, donde la actividad económica tiene una base en el sector agroindustrial, estas limita aspectos como, la automatización de procesos, el uso de plataformas tecnológicas y la gestión eficiente de la información productiva. Por lo tanto, es fundamental fortalecer políticas de conectividad rural, inversión en innovación y alfabetización digital para lograr que la tecnología se convierta en mejoras productivas y sociales al alcance de todo (Ministerio TIC, 2024)

1.9.5. Factores ecológicos.

En los últimos años, Colombia ha evidenciado avances y retrocesos en materia ambiental, específicamente en temas de deforestación, emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y gestión de residuos sólidos. Estos indicadores permiten evaluar el grado de sostenibilidad

ambiental del país y su coherencia con los compromisos climáticos internacionales.

Entre el año 2020 y 2023 (IDEAM,2021-2024), la deforestación a nivel nacional mostró una mejoría, ya que se redujo de 171.685 hectáreas a 79.256 hectáreas, lo que representa una disminución de más del 50%. Este descenso se asocia a la implementación de estrategias de control de la tala ilegal y de programas de restauración forestal, aunque todavía persisten focos críticos en regiones como la Amazonia, específicamente en los departamentos de Caquetá y Guaviare (IDEAM,2024).

Figura 16

Deforestación nacional en Colombia (2020–2023)



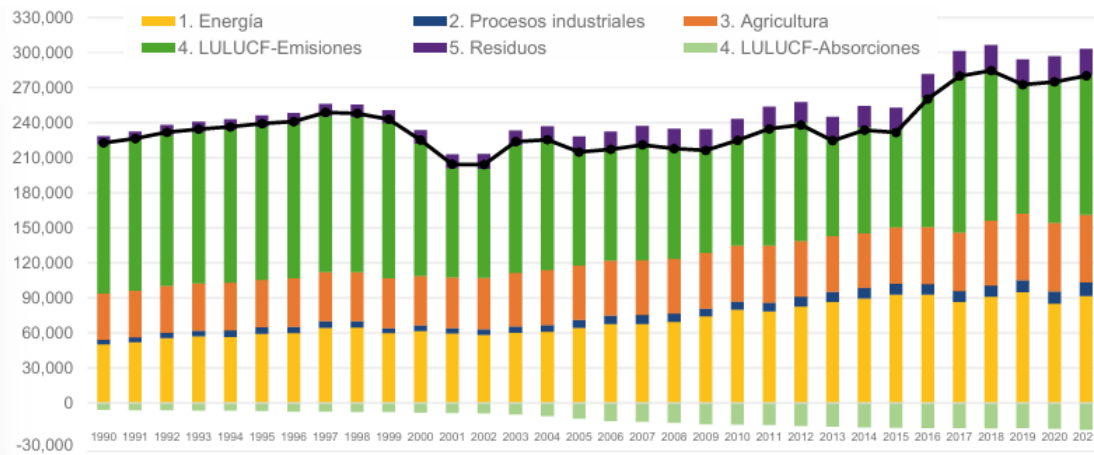
Nota. Elaboración propia con base de datos del IDEAM, obtenidos del Informe anual del monitoreo de bosque y la deforestación (2021-2024).

En cuanto a las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), el Inventario Nacional de Emisiones y Absorciones Atmosféricas de Colombia muestra que el país ha tenido niveles relativamente estables entre 1990 y 2021, con un ligero aumento en los últimos años. En 2021, las emisiones alcanzaron 280.101 Kt CO₂eq, donde los sectores de LULUCF (39,42%) y energía (30,24%) fueron los principales contribuyentes. Aunque los ecosistemas forestales aportan

absorciones significativas, la tendencia sigue ascendente, lo que representa un reto frente a las metas nacionales de carbono neutralidad (IDEAM,2023).

Figura 17

Tendencia de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) en Colombia (1990–2021)

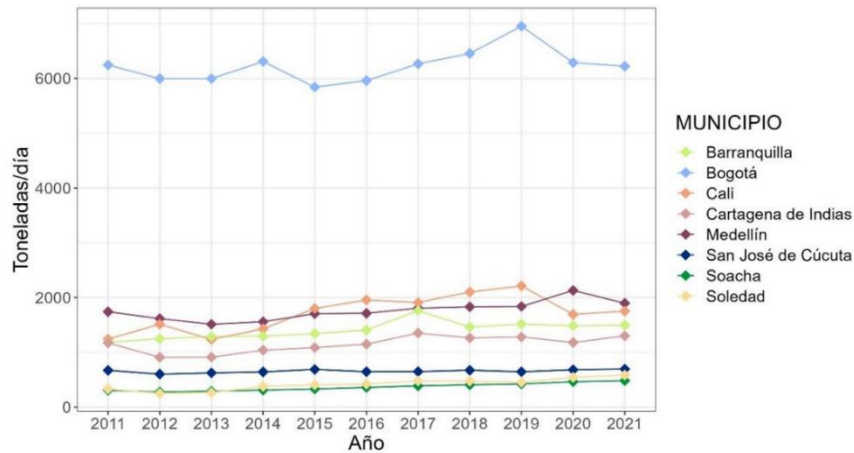


Nota. Tomado de Inventario Nacional de Emisiones y Absorciones Atmosféricas de Colombia (IDEAM, 2023).

En cuanto a la disposición final de residuos sólidos urbanos, el Informe Nacional de Disposición Residuos Sólidos 2021 señala que los municipios de Bogotá, Medellín, Cali y Barranquilla concentran más del 60% de los residuos del país, con una generación promedio de más de 6.000 toneladas diarias en la capital. Este incremento está directamente relacionado con el aumento poblacional y el consumo urbano, lo que sustenta la necesidad de fortalecer programas que incentiven el reciclaje, aprovechamiento y reducción en la fuente (Super Intendencia de Recursos Públicos Domiciliarios,2021).

Figura 18

Serie histórica de residuos sólidos urbanos por municipio (2011–2021)



Nota. Tomado de Informe Nacional de Disposición Final de Residuos Sólidos 2021 (Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, 2021).

1.9.6. Factores legales.

El componente legal colombiano se compone de un marco normativo amplio, en constante actualización, que busca garantizar la estabilidad institucional, la protección de los derechos y la sostenibilidad de las actividades productivas. Sin embargo, la complejidad del mismo, y los cambios frecuentes en la legislación genera también incertidumbre para las empresas y los inversionistas, especialmente en el contexto de las más recientes reformas sociales y tributarias.

En cuanto a la seguridad jurídica e institucional, Colombia ha avanzado en la consolidación de políticas de transparencia y rendición de cuentas, fortalecidas por herramientas como la *Política Nacional Anticorrupción* (DNO,2023), y a la estrategia de Gobierno Abierto. Sin embargo, según los informes del Banco Mundial y la OCDE se continua con la lentitud judicial, la carga regulatoria y los costos administrativos como factores que afectan la competitividad y el clima de inversión (Banco Mundial,2023; OCDE,2024). De acuerdo al informe *Doing Bussiness 2020* antes de su suspensión, Colombia ocupaba el puesto 67 de 190

economías, lo que muestra una posición intermedia en la facilidad para hacer negocios.

En materia de política ambiental y laboral colombiana, cuenta con una de las estructuras más robustas de Latinoamérica. *La Ley 99 de 1993* creó el Sistema Nacional Ambiental (SINA) y el Ministerio de Ambiente, instaurando los principios de desarrollo sostenible y la responsabilidad ambiental empresarial (Congreso de la República, 1993). En el ámbito laboral, el *Decreto 1072 de 2015* consolidó el Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo (SG-SST), exigiendo a las empresas mecanismos de prevención de riesgos y protección al trabajador (Ministerio del Trabajo, 2015). Adicionalmente, la *Ley 1715 de 2014* que promueve la adopción de tecnologías limpias y energías renovables, para contribuir al cumplimiento de las metas de reducción de emisiones (Congreso de la República, 2014). Esta normativa respalda la obligación de las organizaciones de operar dentro de un marco de sostenibilidad ambiental y seguridad ocupacional.

La modernización normativa ha estado enfocada a alinearse con los estándares internacionales. En este sentido, el *CONPES 4011 de 2020* definió una Política Nacional de Economía Circular, fomentando la gestión integral de los residuos y la eficiencia en el uso de los recursos naturales (DNP, 2020). Así mismo, el Ministerio de Salud y Protección Social y el INVIMA han robustecido la normativa sobre inocuidad y trazabilidad de los alimentos, a través del *Decreto 1500 de 2007* y sus actualizaciones, lo que ha elevado los estándares de control sanitario y calidad (Ministerio de Salud, 2024).

1.10. Microentorno (Cinco fuerzas de Porter)

1.10.1. Poder de negociación de los clientes.

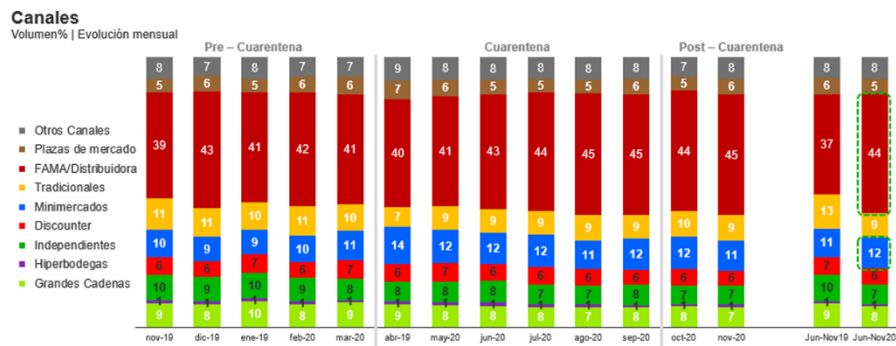
El mercado del sector porcino en Colombia se caracteriza por una alta concentración en

los canales de comercialización. Según Porkcolombia-FNP (2025), aproximadamente el 70% de la carne de cerdo se distribuye a través de las grandes superficies, distribuidoras y el canal institucional, lo que da a los compradores un poder de negociación considerable. Estas entidades tienen exigencias estrictas en la inocuidad, trazabilidad, frecuencia de entrega y certificaciones, para garantizar la calidad del producto que comercializan.

Por lo que la formalización sanitaria es fundamental para que la carne beneficiada pueda acceder a estos mercados. Lo que permitiría la competitividad de los poricultores de la región al ofrecer un producto más competitivo y confiable.

Figura 19

Canales de comercialización de carne de cerdo en Colombia (2019–2020).

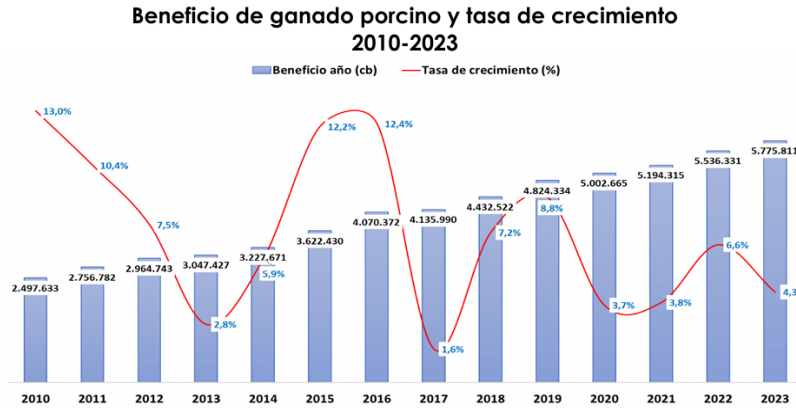


Nota. Tomado de Informe de Gestión 2021 (PorkColombia,2021).

Se observa que entre la categoría de FAMA/distribuidoras y las grandes cadenas abarcan aproximadamente el 50% del volumen de ventas por lo que otros canales como los tradicionales, las plazas de mercado o independientes representan volúmenes de menor relevancia, estos canales a pesar de contar con regulaciones sanitarias menos estrictas, representan solo una pequeña parte del mercado.

Figura 20

Beneficio de ganado porcino y tasa de crecimiento 2010–2023.



Nota. Tomado de Informe de Gestión 2024 (PorkColombia,2024).

Se observa que el beneficio nacional de ganado porcino aumento de 2,49 millones a 5,77 millones de cabezas entre el 2010 y el 2023, con un promedio de crecimiento anual del 7,73%. Esto evidencia un crecimiento sostenido y una mayor demanda. Para el proyecto, esto refuerza la importancia de la infraestructura de sacrificio, debido al sostenido aumento y a la importancia del acceso a distribuidores certificados y a las grandes superficies.

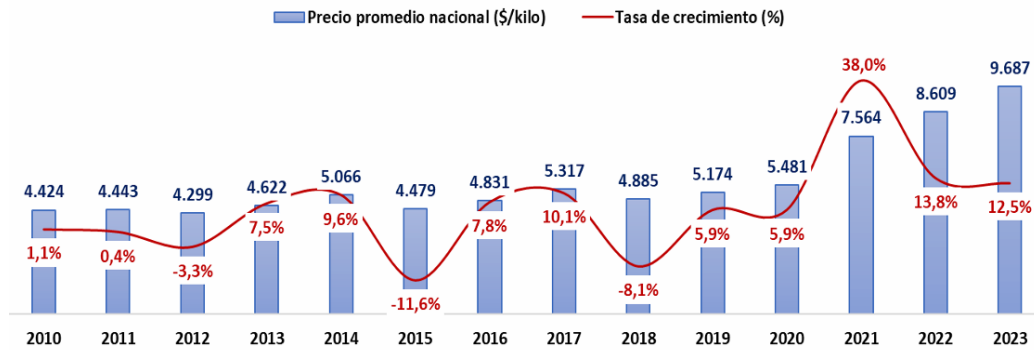
1.10.2. Poder de negociación de los proveedores.

En cuanto a los proveedores, su poder es moderado, dada la disponibilidad de una base productiva departamental consolidada. El inventario pecuario de la Unidad de Planificación Rural Agropecuaria (UPRA,2023) reporta 172.914 porcinos distribuidos en 1.770 predios en el departamento, lo que muestra una oferta significativa y diversificada de la materia prima. Sin embargo, la ausencia de una planta de sacrificio en el departamento obliga a los poricultores a depender de estos servicios ubicados en otros departamentos, como en Cúcuta o Valledupar, generando un sobrecosto logístico de hasta el 20% (Vanguardia, 2025).

Figura 21

Precio promedio nacional del cerdo y tasa de crecimiento 2010–2023 (\$/kg)

Precio del cerdo promedio año y tasa de crecimiento 2010-2023 (\$/kilo)



Nota. Tomado de Informe de Gestión 2024 (PorkColombia,2024).

El precio promedio pasó de \$4.424/kg en 2010 a \$9.687/kg en 2023, con variaciones anuales hasta del 38%. Aunque esto refleja una mejora en los ingresos de los productores, también expone la sensibilidad del mercado a los costos de insumos, transporte y sanidad animal. Por lo que una planta regional permitiría reducir estos costos logísticos, lo que ayudaría a estabilizar los precios en el departamento.

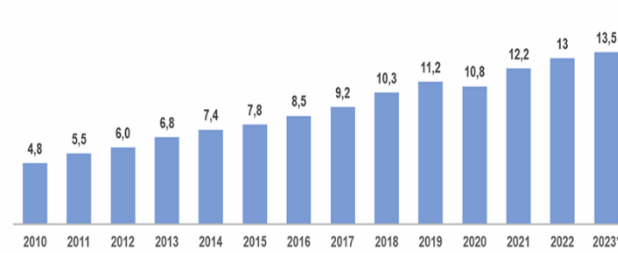
1.10.3. Amenaza de los productos sustitutos.

El principal producto sustituto de la carne de cerdo en el mercado nacional es el pollo, que conserva el liderazgo del consumo nacional debido a su precio competitivo y la disponibilidad. Sin embargo, en la última década el consumo de carne se ha incrementado en el país un 38% impulsado por las campañas de promoción y su reciente aceptación como un producto saludable y de alto valor proteico (Portafolio,2025).

Figura 22

Consumo per cápita de carne de cerdo en Colombia 2010–2023 (kg/hab/año).

**Consumo per cápita 2010-2023
(kg/hab/año)**

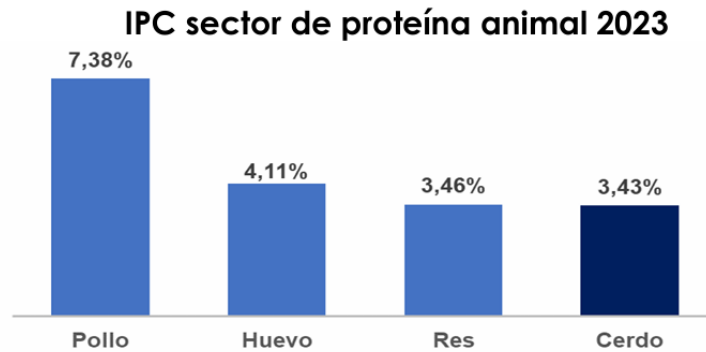


Nota. Tomado de Informe de Gestión 2024 (PorkColombia,2024, pag.26).

El consumo per cápita de paso de 4,8kg/hab/año a 13,5kg/hab/año en 2023, lo que equivale a un crecimiento del 181%. Este incremento se explica por las campañas de promoción del consumo, la innovación en los productos y la percepción de la carne del cerdo como una proteína saludable y accesible.

Figura 23

IPC del sector de proteína animal 2023.



Nota. Tomado de Informe de Gestión 2024 (PorkColombia,2024).

El IPC (3,33%) fue inferior al de las demás proteínas allí presentadas, como el pollo (7,38%) o el huevo (4,11%), esto demuestra que, aunque es un producto que es sensible a la variación en los costos, tiene una mayor estabilidad en comparación con las otras proteínas. Esta estabilidad reduce la amenaza de productos sustitutos y consolida la carne de cerdo como una

alternativa de consumo competitivo.

1.10.4. Amenaza de los nuevos competidores.

La amenaza de nuevos competidores en el departamento de Santander es baja, debido a las altas barreras de entrada impuestas por la regulación sanitaria. El Decreto 1500 de 2007 y los requisitos de habilitación del INVIMA (2025) establecen exigencias de infraestructura, personal especializado, control microbiológico y sistemas de inocuidad certificados, lo que eleva los costos de inversión y dificulta la entrada a nuevos competidores. A nivel nacional, en el 2023 solo 41 plantas estaban autorizadas para el sacrificio porcino (INVIMA, 2023) y en el 2025 apenas 42 plantas contaban con la certificación HACCP (INVIMA,2025).

Figura 24

Importaciones de carne de cerdo y subproductos 2010–2023.

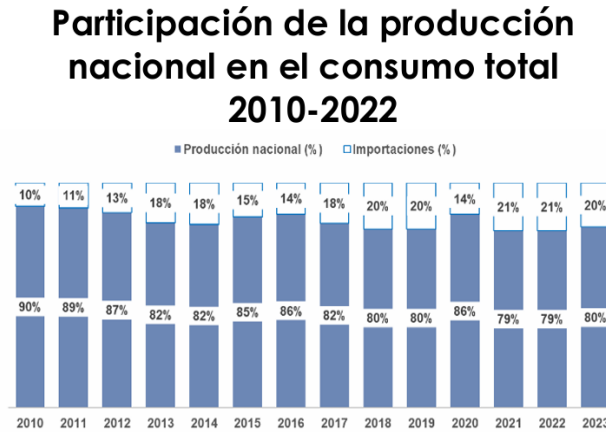


Nota. Tomado de Informe de Gestión 2024 (PorkColombia,2024, pag.25).

Adicionalmente, se puede observar que las importaciones de carne de cerdo y sus derivados, aumentaron de 22.550 toneladas en 2010 a 138.229 en 2023, con picos de crecimiento de hasta 72,8% en 2021. Sin embargo, la tendencia se muestra estable desde el 2022, esto indica que el crecimiento del mercado interno se suplimenta principalmente con la producción nacional y no con la entrada de productos de importación.

Figura 25

Participación de la producción nacional en el consumo total 2010–2022.



Nota. Tomado de Informe de Gestión 2024 (PorkColombia,2024).

La producción nacional representa en promedio el 84% del consumo total del país, manteniendo su participación a pesar del crecimiento del mercado. Esto demuestra que el sector local es fuerte y sigue siendo competitivo frente a los nuevos actores, esto refleja la importancia de consolidar proyectos regionales para fortalecer la competitividad del sector.

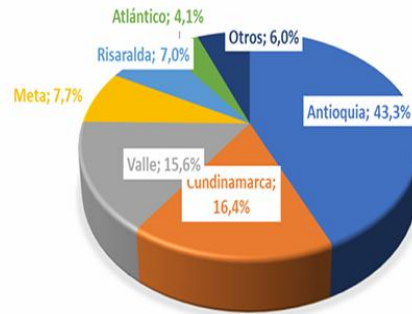
1.10.5. Rivalidad entre competidores existentes.

La rivalidad en el sector está concentrada principalmente en zonas del país que ya cuentan con infraestructura de beneficio certificada. El DANE (2025) muestra que el 56% del sacrificio se concentra en cuatro departamentos (Antioquia, Valle del Cauca, Cundinamarca y Atlántico), lo que genera una concentración geográfica significativa. En cambio, el departamento de Santander no cuenta con una planta de sacrificio formal desde el cierre del Frigorífico Vijagual en 2020 (Vanguardia, 2025).

Figura 26

Beneficio porcino por departamento 2023.

Distribución del beneficio



Nota. Tomado de Informe de Gestión 2024 (PorkColombia,2024).

Antioquia es el líder con el 43,3% del sacrificio nacional, seguido por Cundinamarca y Valle. La concentración geográfica reduce la competencia regional, pero aumenta la dependencia logística de las zonas periféricas. La instalación de una planta en Santander reduciría la desigualdad, reduciendo costos y generando una competencia más equitativa con los demás departamentos del país.

1.11. Interpretación y conclusiones preliminares

El análisis integral del macroentorno y microentorno demuestra que el sector porcino colombiano ofrece un escenario favorable para la creación de la Planta de Beneficio del Oriente. Los factores políticos, económicos y tecnológicos analizados muestran un panorama favorable, gracias al respaldo institucional, la estabilidad macroeconómica y la implementación de nuevas tecnologías que impulsan la competitividad a nivel nacional. Sin embargo, a nivel departamental, la falta de infraestructura formal representa una debilidad, pero también una oportunidad estratégica para cubrir la demanda insatisfecha y fortalecer el sacrificio porcino formal en Santander.

En cuanto a los factores sociales y ecológicos se identificaron elementos que respaldan la pertinencia del proyecto. El crecimiento continuo del consumo interno de carne de cerdo, la

generación de empleo en el sector pecuario y la necesidad de desarrollar prácticas agroindustriales sostenibles muestran que la planta de beneficio es una respuesta coherente a las demandas de inocuidad, bienestar animal y responsabilidad ambiental. Igualmente, el marco normativo, aunque exigente, establece los parámetros necesarios para garantizar la legalidad, trazabilidad y la inocuidad del proceso y del producto final.

Desde la perspectiva competitiva, los resultados muestran que la actividad se concentra principalmente en Antioquia, Valle Cundinamarca y Atlántico, por lo que el departamento de Santander cuenta con condiciones viables para la entrada de nuevos actores. La ausencia de planta regional y los sobrecostos logísticos convierten al departamento en un punto con alto potencial de expansión. El poder de negociación de los compradores, que exigen mejores estándares de calidad impulsa la modernización de la oferta, mientras que el poder moderado de los proveedores y la baja amenaza de competidores favorecen la entrada de una planta regional formal.

En conjunto, los hallazgos indican que preliminarmente el proyecto es viable desde el enfoque técnico, económico, y normativo. La creación de una planta de beneficio en el departamento permitiría equilibrar la capacidad de sacrificio a nivel regional, reduciendo los costos de operación para los porcicultores locales y fomentar la formalización del sector en el departamento. Además, aporta al desarrollo sostenible y a la consolidación de una cadena de valor competitiva, trazable y alineada con la política nacional de fortalecimiento agroindustrial.

2. Objetivos

2.1. Objetivo General

Evaluar la viabilidad técnica, organizativa, comercial y legal para la creación de una planta de beneficio porcino en el área metropolitana de Bucaramanga y sus zonas rurales circundantes, con el fin de aportar información fundamentada que facilite la formalización del sacrificio porcino y contribuya al desarrollo competitivo del sector porcícola regional.

2.2. Objetivos Específicos

1. Recolectar y analizar información secundaria sobre el sector porcino a nivel nacional y regional, abarcando aspectos técnicos, comerciales, normativos y legales que impactan la viabilidad del proyecto.
2. Realizar un estudio de mercado preliminar que permita identificar la demanda, características de los clientes, competencia y precios de servicios de sacrificio porcino en el área metropolitana y zonas rurales aledañas.
3. Definir la localización y tamaño preliminar de la planta de beneficio porcino, considerando factores técnicos, logísticos, económicos y ambientales que permitan evaluar la factibilidad operativa y de mercado en la región de estudio.
4. Desarrollar el análisis técnico del proceso productivo, detallando las etapas desde la recepción del animal hasta la entrega del producto en canal, así como los requerimientos físicos, tecnológicos y ambientales necesarios para su operación eficiente.

5. Elaborar un análisis organizacional preliminar, incluyendo la estructuración básica mediante un organigrama y la descripción de funciones por cargo para determinar la capacidad operativa y los perfiles de personal requeridos.
6. Identificar y analizar la normatividad legal y ambiental vigente, especialmente en lo relacionado con permisos, licencias, gestión ambiental y requisitos sanitarios para una planta de beneficio porcino, considerando sus implicaciones prácticas para la formalización del proceso.
7. Presentar conclusiones integrales y recomendaciones sobre la factibilidad técnica, organizativa, comercial y legal del proyecto, con el fin de apoyar la toma de decisiones para la formalización del sacrificio porcino y el fortalecimiento competitivo del sector en la región.

3. Marco de referencia

3.1. Marco Antecedentes

La revisión de las investigaciones previas permite la comprensión del desarrollo de estudios de factibilidad en diversos sectores empresariales, y a partir de ellos, se logra identificar puntos clave para fortalecer la formulación del presente proyecto. Aunque los antecedentes directos sobre plantas de beneficio porcino en Santander son escasos, existen trabajos académicos en la Universidad Industrial de Santander que, aun perteneciendo a diversos campos, ofrecen metodologías y enfoques aplicables a la viabilidad de una planta de sacrificio porcino en Bucaramanga.

Un primer estudio relevante, es la viabilidad para la plantación de caucho en San Alberto, Cesar que fue desarrollado por Aya García (2016). En este trabajo se abordó de una forma integral el análisis del sector agrícola, partiendo de la situación del mercado nacional e internacional del caucho, se abarcaron también los aspectos técnicos de la producción, el impacto ambiental del proyecto y la normativa aplicable al mismo. Este estudio, es un ejemplo importante sobre como estructurar un proyecto agroindustrial en el que la sostenibilidad, la estructura técnica y el cumplimiento legal sean pilares fundamentales del mismo. Aunque el objeto del estudio pertenece al sector agrícola, este enfoque resulta útil en el sector pecuario, ya que en ambos casos es fundamental analizar factores como, el entorno productivo, la localización, la normatividad y el impacto ambiental generado, estos elementos son claves para el diseño de una planta de sacrificio.

Otro proyecto que aporta elementos significativos es el estudio de Becerra Acevedo (2006) orientado a la creación de un centro infantil como programa de bienestar universitario en la UIS. Aunque el proyecto se centra en un ámbito educativo, su valor radica en la metodología que fue utilizada para la identificar la población objetivo, fundamento el proyecto en un diagnóstico claro sobre las necesidades reales de las estudiantes y trabajadoras con hijos. Este enfoque es directamente aplicable al proyecto presente, ya que será fundamental identificar y caracterizar a los porcicultores de Santander, determinar su capacidad de producción y cuantificar la demanda esperada de los servicios de sacrificio. Así como el centro infantil se planteó teniendo en cuenta el marco legal específico para el área de la educación, este proyecto deberá sustentarse en el marco normativo sanitario y ambiental que regula las plantas de sacrificio animal en Colombia.

En cuanto a la estructura metodológica, el estudio de viabilidad técnica, financiera y de mercadeo desarrollado en una bolera bar en Barrancabermeja (Galindo Nájera & García Pineda, 2015) deja otro aporte relevante. Los autores llevaron a cabo un análisis del entorno socioeconómico para identificar la competencia y determinar la demanda municipal. Aunque el sector recreativo presenta diferencias con el sector agroindustrial, podemos extrapolar la lógica aplicada en el análisis de la competencia y de los sustitutos al sector cárnico. En el presente estudio, resulta pertinente el estudio de la capacidad instalada en plantas de beneficio de departamentos aledaños y contrastarla con la ausencia de estructura en Santander. Adicionalmente, el estudio de la bolera presenta un análisis técnico detallado como la distribución de planta y los requerimientos de talento humano, estos elementos también son indispensables para el diseño de una planta de sacrificio, aunque requiere un mayor nivel de exigencia debido a la importancia de la inocuidad del producto.

Finalmente, el antecedente más cercado al presente proyecto es la tesis de factibilidad para la creación de una empresa comercializadora de capones de cerdo en San Gil, que fue desarrollada por Arenales Barrera y Serrano (2016). Este estudio se ubica en la industria porcicultora de Santander y constituye la referencia más directa, ya que estudio el mercado de la carne de cerdo, identifico los hábitos de consumo, la disposición de pago y la percepción de la calidad, además de describir el proceso de producción de capones rellenos. Su aporte más relevante para el proyecto, es que constato la existencia de un mercado consolidado de carne de cerdo en el departamento, lo que respalda la necesidad de crear una infraestructura que garantice la inocuidad y legalidad de los procesos de sacrificio. La diferencia principal es que el proyecto de San Gil se enfocó en

otro eslabón de la cadena de suministro, ya que se desarrolló en la comercialización y distribución, mientras que el presente proyecto se centra en la fase primaria de la cadena, es decir, en el sacrificio animal, lo que demanda una mayor rigurosidad técnica y normativa.

3.2.Marco teórico

3.2.1. Análisis PESTEL

El análisis PESTEL es una herramienta diagnóstica que permite analizar los factores externos y como estos influyen en el desarrollo de una empresa o proyecto. La metodología se originó en el modelo PEST, que fue desarrollado por Francis J. Aguilar (1967) en *Scanning the Business Environment*, donde se propuso inicialmente el análisis PEST (político, económico, social y tecnológico). Posteriormente, Liam Fahey y V.K Narayanan (1986) añadieron los factores Ecológicos y Legales, estableciendo así el modelo PESTEL que se conoce en la actualidad. Esta adición, fue una respuesta a la creciente importancia de la sostenibilidad ambiental y de las normas legales en el ámbito empresarial.

Esta herramienta es relevante, ya que permite identificar como los factores externos pueden representar una amenaza o generar una oportunidad en el desarrollo de un proyecto. A diferencia de otras metodologías que están centradas en el análisis interno de la organización, el PESTEL se enfoca en el entorno general que se escapa del control directo de la empresa, lo cual lo hace un recurso central para la toma de decisiones estratégicas de inversión, localización y sostenibilidad.

A continuación, se presenta el desglose de los factores que hacen parte del

Análisis PESTEL, para comprender de forma más detallada en que consiste.

- Político: este factor analiza el impacto de las decisiones gubernamentales en la organización, incluye factores como políticas fiscales, estabilidad, tratados internacionales, subsidios y regulaciones específicas del sector.
- Económico: Se refiere a las condiciones económicas generales que pueden afectar el desarrollo de la empresa, como la inflación, tasas de interés, niveles de desempleo, crecimiento de PIB, etc.
- Social: Considera los cambios culturales, demográficos y de comportamientos sociales, como los estilos de vida, el nivel educativo, distribución poblacional y tendencias de consumo.
- Tecnológico: Este factor evalúa el nivel de innovación y desarrollo tecnológico, así como la velocidad a la que se innova en el sector. Incluye aspectos como la automatización, la digitalización, plataformas de comunicación y el acceso a tecnologías emergentes.
- Legal: Analiza el marco jurídico que se relaciona con la actividad empresarial, incluye aspectos como las normativas laborales, regulaciones sanitarias y normativas de seguridad, etc.

3.2.2. Modelo de las Cinco Fuerzas de Porter

El modelo fue propuesto por Michael E. Porter en 1980 en su obra *Competitive Strategy*. Es una de las herramientas más populares para analizar la estructura de un sector y la intensidad competitiva del mismo. La propuesta de Porter, se basa en la idea de que la rentabilidad de una industria no depende únicamente de los competidores ya

existentes, sino que también de una serie de factores externos que modifican el comportamiento de las empresas.

Las cinco fuerzas que se consideran en el modelo corresponden a la amenaza de nuevos entrantes, el poder de negociación de los proveedores, el poder de negociación de los clientes, la amenaza de productos sustitutos, y la rivalidad entre los competidores ya existentes. Colectivamente, estas fuerzas determinan el atractivo del sector y ayudan a determinar si una empresa puede sostener una posición a largo plazo en el mismo.

Su importancia reside en que ofrece una perspectiva integral para comprender la dinámica del sector, los factores que pueden debilitar la posición de una empresa, y las oportunidades que se pueden aprovechar.

A continuación, se describen las cinco fuerzas que componen el modelo, las cuales permiten analizar la intensidad competitiva y la rentabilidad potencial del sector.

- Amenaza de nuevos entrantes: Evalúa la facilidad o dificultad para ingresar a la industria. Analiza los factores como las barreras de entrada, economías a escala, acceso a canales de distribución y regulaciones que influyen en este aspecto.
- Poder de negociación de los proveedores: Se refiere a la influencia que poseen los proveedores para influenciar el precio y la calidad de la materia prima. Este poder es mayor cuando existen pocos proveedores o cuando los insumos son altamente especializados.
- Poder de negociación de los clientes: Considera la influencia que poseen los compradores sobre las condiciones del mercado. Si existen pocos clientes con gran volumen de compra, o si hay alternativas fácilmente disponibles,

se incrementa el poder de negociación.

- Amenaza de productos sustitutos: Analiza el grado en que otros productos o servicios puedan reemplazar los ofrecidos por la industria. Cuantos más productos sustitutos existan y más accesibles sean, mayor será la presión sobre la rentabilidad.
- Rivalidad entre competidores existentes: Considera la intensidad de la competencia entre las empresas ya existentes en el sector. Distintos factores como número de competidores, tasa de crecimiento del mercado, la diferencia de productos y las estrategias de precios establecen.

3.2.3. *Análisis DOFA*

El análisis DOFA es una herramienta de diagnóstico estratégico, que fue desarrollada a comienzos de la década de 1960 en la Universidad de Stanford, en el estudio desarrollado por Albert Humphrey y su equipo. Este método se basa en la identificación de los factores internos y externos influyen de la situación de una empresa o proyecto, permitiendo organizar la información para facilitar la toma de decisiones.

El modelo se compone de cuatro elementos clave. Las fortalezas y debilidades corresponden a elementos internos de la organización, mientras que las oportunidades y las amenazas, corresponden a los factores externos de la empresa. Al incorporarse en una matriz, permite visualizar de forma conjunta las variables que pueden ser aprovechadas y las que deben ser gestionadas.

La importancia del análisis DOFA radica en la simplicidad y la utilidad práctica, ya que permite tener una perspectiva amplia, ya que permite visualizar las capacidades internas y las condiciones externas.

A continuación, se presentan los elementos que conforman el análisis DOFA,

- **Fortalezas:** Se refiere a los atributos internos de la organización que representan una ventaja competitiva frente a las otras. Incluye factores como capacidades, recursos, experiencias previas o características diferenciadoras que aportan al éxito del proyecto.
- **Oportunidades:** Son los factores externos que pueden favorecer el crecimiento y la realización del proyecto. Generalmente son correspondientes a las tendencias del mercado, cambios en la regulación, innovación tecnológica o las condiciones sociales y económicas favorables.
- **Debilidades:** Hacen referencia a las limitaciones que pueden dificultar el proceso de desarrollo del proyecto. Se pueden relacionar con una escasez de recursos, limitación de conocimientos técnicos, estructura organizacional o procesos poco eficientes.
- **Amenazas:** Se refiere a los factores externos que generan riesgo o limitaciones para el proyecto. Se puede asociar con la competencia, cambios en la legislación, fluctuaciones económicas, cambios en la demanda etc.

3.2.4. Modelo de Negocio Canvas

El modelo de Negocio Canvas fue desarrollado por Alexander Osterwalder e Yves Pigneur en 2010, a partir las investigaciones que desarrollo anteriormente sobre los patrones de modelos de negocio. Esta herramienta se estableció como una de las más

utilizadas para diseñar, describir y analizar modelos empresariales, gracias a su carácter visual que es adaptable y práctico para los diferentes sectores económicos.

El Canvas se compone de nueve bloques que representan las áreas fundamentales de cualquier modelo de negocio: segmentos de clientes, propuesta de valor, canales de distribución, relaciones con clientes, fuentes de ingresos, recursos clave, actividades clave, socios clave y estructura de costos. Cada uno de estos aspectos es clave para entender como una empresa crea, entrega y captura valor dentro de su sector.

A continuación, se describe brevemente los 9 bloques que hacen parte del modelo Canvas,

- Segmento de clientes: Se define claramente los distintos grupos de personas o empresas a los que el proyecto busca servir, se identifica características, necesidades y comportamiento.
- Propuesta de valor: Se refiere a los productos o servicios que generan valor para el segmento específico de clientes, resaltando el factor diferenciador de la empresa.
- Canales de distribución: Explican la forma en que la empresa tiene comunicación con sus clientes, incluye canales de distribución físicos y digitales.
- Relaciones con Clientes: Corresponde a el tipo de vínculo que la empresa establece con cada segmento de clientes.
- Fuentes de ingreso: Indican el flujo de dinero que la empresa recibe por parte de cada segmento de clientes.
- Recursos clave: Hace referencia a los activos estratégicos que permiten

que el modelo de negocio funcione, se puede relacionar con la infraestructura, capital humano, tecnología, etc.

- **Actividades clave:** Se refiere a las principales acciones que realiza la empresa para que su modelo de negocio sea viable, factores como la producción, la logística, marketing, etc.
- **Socios Clave:** Se refiere a las alianzas estratégicas necesarias para el mejoramiento de operaciones, reducir riesgos o acceder a recursos que la empresa no posee internamente.
- **Estructura de costos:** Detalla los gastos que implica la operación del modelo de negocio, abarca desde costos fijos y variables hasta la inversión en tecnología, talento humano, etc.

4. Metodología

(Se encuentra en el Apéndice B. Metodología general)

5. Estudio de mercado

5.1. Caracterización de la población objetivo

Con el fin de dar cumplimiento a los objetivos relacionados con la identificación de las necesidades del sector porcicultor, la estimación de la demanda potencial del servicio de sacrificio y la obtención de insumos para la definición de la localización y el

tamaño preliminar de la planta de beneficio, se diseñó un instrumento de recolección de información primaria basado en la aplicación de una encuesta estructurada dirigida a productores porcinos en Santander.

La caracterización de la población objetivo del presente estudio se realiza a partir de la información secundaria obtenida de fuentes oficiales e institucionales, ante la ausencia de un registro directo y actualizado de porcicultores como personas naturales o jurídicas en Colombia, y más específicamente, en el departamento de Santander.

Teniendo en cuenta lo anterior, la población de porcicultores se caracteriza de forma indirecta teniendo en cuenta variables utilizadas en estudios sectoriales, como lo son, el número de predios porcícolas, el inventario de animales y la dinámica de sacrificio a nivel nacional y regional.

5.1.1. Principales departamentos con acceso a sacrificio formal

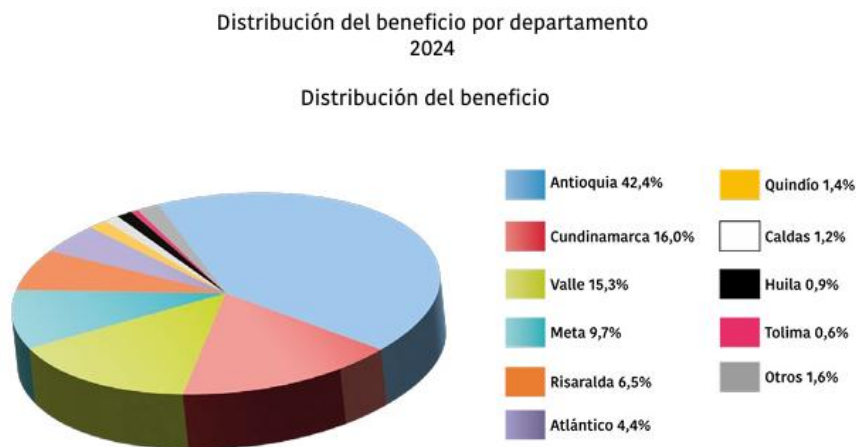
La porcicultura colombiana presenta una estructura productiva altamente segregada, caracterizada por la existencia de un gran número de unidades productivas que se encuentran distribuidas a lo largo del territorio nacional. Según FINAGRO (2020), en el año 2019 se registraron aproximadamente 233.000 predios porcícolas, responsables de una producción cercana a las 447.000 toneladas de carne de cerdo, mientras que para este año solo se contaban con 56 plantas de beneficio autorizadas por el INVIMA.

Esta relación entre el número de predios productivos y la cantidad de plantas de beneficio evidencia una brecha estructural significativa, en la cual la oferta de infraestructura formal resulta limitada frente al tamaño y dispersión de la base productiva, que adicionalmente se ha incrementado con los años, ya que para el 2023 se

contaba con solo 41 plantas autorizadas (INVIMA,2023). Desde el punto de vista de la caracterización poblacional, esta brecha sugiere que una proporción importante de porcicultores enfrentan problemas logísticos y sanitarios que limitan el acceso a servicios de sacrificio formal, situación que adquiere una mayor relevancia en regiones intermedias o alejadas de las principales zonas productivas del país.

Figura 27

Distribución porcentual del beneficio porcino por departamento en Colombia (2024)



Nota. Tomado de Porkcolombia, Economía Porcina 2024–2025.

La figura muestra la distribución del sacrificio porcino formal según el departamento donde se realiza el mismo, lo cual refleja la ubicación territorial de la infraestructura autorizada en el país. Se observa que el sacrificio se concentra en departamentos como Antioquia, Cundinamarca y Valle del Cauca, donde se encuentran la mayoría de plantas de beneficio autorizadas. En este contexto, departamentos como Santander no presentan una participación en el sacrificio formal, no por ausencia de actividad porcícola, sino por la limitación que representa la falta de disponibilidad de una infraestructura de beneficio autorizada. Esta situación implica el traslado de animales hacia otros departamentos para acceder a los servicios formales de sacrificio, lo que incrementa los costos y refuerza la pertinencia de evaluar alternativas de infraestructura a

nivel regional.

5.1.2. *Predios porcícolas como aproximación a la población de porcicultores*

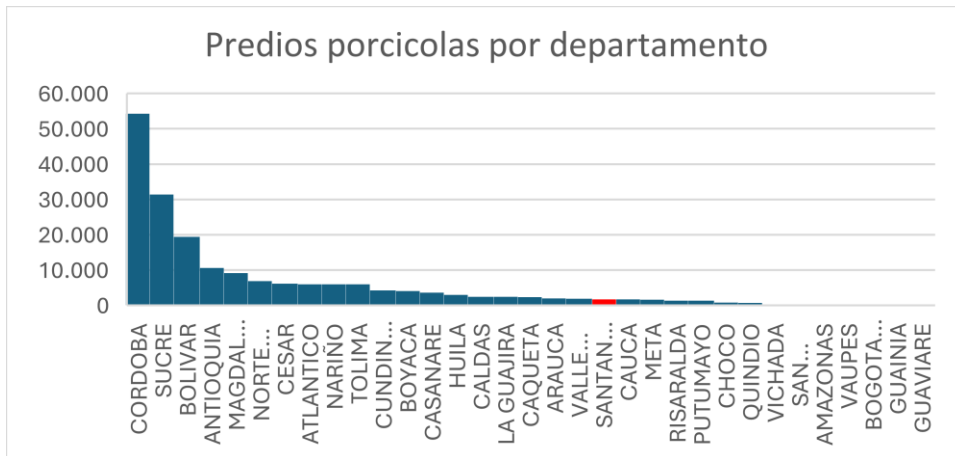
Ante la falta de un registro directo de porcicultores, el número de predios dedicados a la porcicultura constituye una variable que permite aproximar el tamaño de la población objetivo. El Censo Nacional Porcino del ICA (2023) reporta una distribución heterogénea de los predios porcícolas a nivel nacional, con departamentos que concentran un número elevado de unidades productivas y otros donde la actividad es más dispersa.

5.1.2.1. Predios porcícolas como aproximación a la población de porcicultores. El

número de predios porcícolas constituye una aproximación adecuada para estimar el tamaño de la población de porcicultores, debido a que cada predio representa una unidad productiva independiente dentro del sector. A partir de la información del Censo Nacional Porcino del Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), es posible analizar de forma conjunta la distribución territorial de los predios y el inventario de porcinos, con el fin de identificar las diferencias en la escala productiva entre departamentos y caracterizar la estructura general del sector porcícola en el país.

Figura 28

Número de predios porcícolas por departamento en Colombia



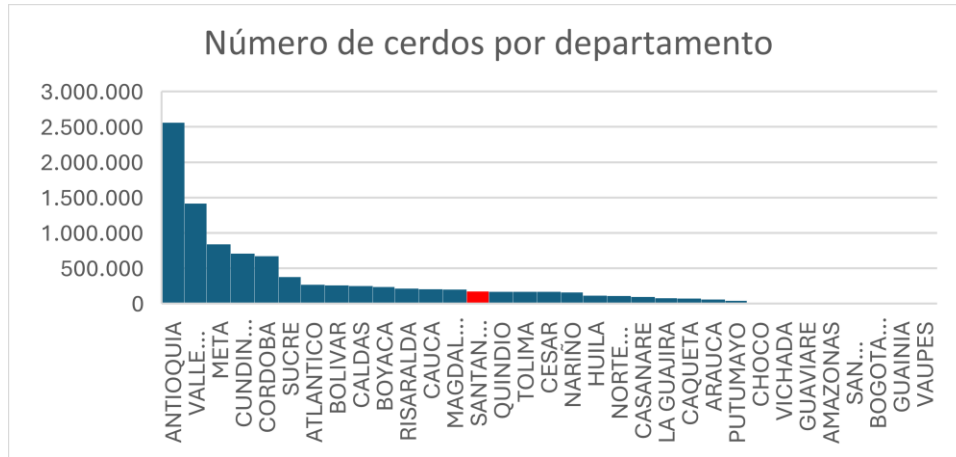
Nota. elaboración propia a partir del Censo Nacional Porcino 2023, Instituto Colombiano Agropecuario (ICA).

La figura evidencia que hay una amplia dispersión territorial, con presencia de predios porcícolas en la mayoría del país. Sin embargo, la distribución no es homogénea, ya que algunos departamentos concentran una mayor proporción de predios que otros. El caso del departamento de Córdoba resulta particularmente representativo, al registrar alrededor de 54.345 predios dedicados a la porcicultura, lo que lo posiciona como el departamento con mayor número de unidades productivas a nivel nacional. Esta gran cantidad de predios sugiere una estructura productiva altamente fragmentada, con una base amplia de pequeños productores.

Sin embargo, el número de predios por sí solo no permite caracterizar adecuadamente la capacidad productiva del sector, por lo que es necesario analizar esta variable de forma complementaria con el inventario de porcinos.

Figura 29

Número de porcinos por departamento en Colombia



Nota. elaboración propia a partir del Censo Nacional Porcino 2023, Instituto Colombiano Agropecuario (ICA).

La figura muestra que la distribución del inventario porcino por departamento difiere de manera significativa de la distribución observada en el número de predios. El departamento de Antioquia concentra el mayor número de inventario porcino del país, con aproximadamente 2,5 millones de animales, a pesar de no ubicarse entre los primeros con mayor número de predios. Este comportamiento contrasta con el caso de Córdoba, que, aun siendo el departamento con mayor número de predios, registra un inventario considerablemente menos, con alrededor de 673.960 porcinos.

Esta diferencia entre ambas variables permite inferir que los predios porcícolas en Antioquia presentan, en promedio, una escala productiva mayor que otros departamentos con mayor dispersión como Córdoba. Al relacionar el inventario porcino con el número de predios en el departamento, se estima que Antioquia presenta un promedio de 241,6 cerdos por predio, mientras que Córdoba registra aproximadamente 12,4 cerdos por predio, lo cual evidencia la diferencia productiva presente dentro del sector porcícola colombiano.

Al analizar las dos variables en conjunto se profundiza en la caracterización de la escala productiva promedio de los porcicultores en distintas regiones de país. Esta

relación es particularmente relevante al comparar departamentos con dinámicas productivas y territoriales diferentes.

En el caso de Santander, se registran aproximadamente 1.770 predios con un inventario cercano a 172.914 porcinos, lo que corresponde a un promedio estimado de 97,7 cerdos por predio. Esta cifra ubica al departamento en una posición intermedia a nivel nacional, reflejando una estructura productiva que está compuesta principalmente por pequeños y medianos productores, con una escala superior a la observada en departamentos con una alta dispersión como Córdoba, pero inferior a la de departamentos altamente concentrados y tecnificados como Antioquia.

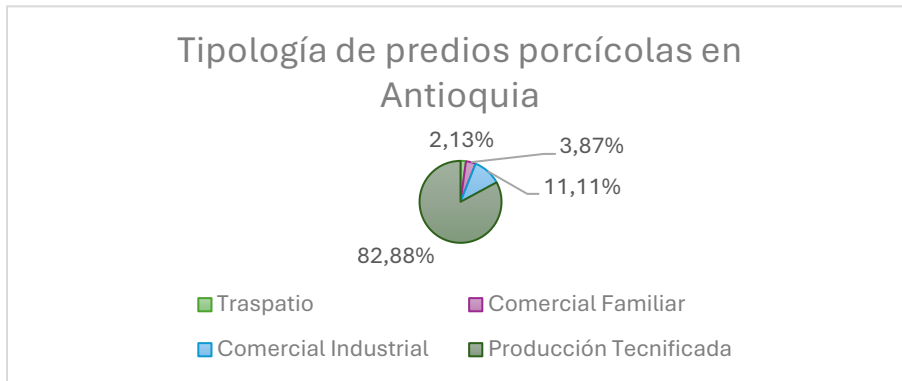
La comparación con Norte de Santander tiene una alta relevancia desde una perspectiva territorial y operativa. Este departamento presenta un promedio aproximado de 15,9 cerdos por predio, lo que evidencia una estructura productiva dominada por pequeños productores. Sin embargo, a diferencia de Santander, este departamento cuenta con una infraestructura formal destinada al sacrificio de porcinos. En la práctica, una proporción de porcicultores santandereanos optan por el sacrificio legal en el vecino departamento.

Este análisis permite observar la desconexión entre la escala productiva departamental y la localización de la infraestructura de beneficio porcino. Ya que, Santander, aun contando con una mayor cantidad de animales por predio que Norte de Santander, no dispone con una planta de beneficio formal, mientras que Norte de Santander concentra esta función a nivel regional.

5.1.2.2. **Tipología de los predios porcícolas.** La tipología de los predios porcícolas permite profundizar en la caracterización estructural de la población productiva, al identificar el tipo de unidades que predominan en cada territorio según su nivel de organización y tecnificación. A partir de la información del Censo Nacional Porcino del Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), se analiza la composición de los predios en cinco departamentos representativos del sector: Antioquia, Valle del Cauca, Córdoba, Santander y Norte de Santander, seleccionados por sus diferencias en escala productiva, participación en el sacrificio formal y relevancia dentro de la cadena porcícola.

Figura 30

Tipología de predios porcícolas–Antioquia



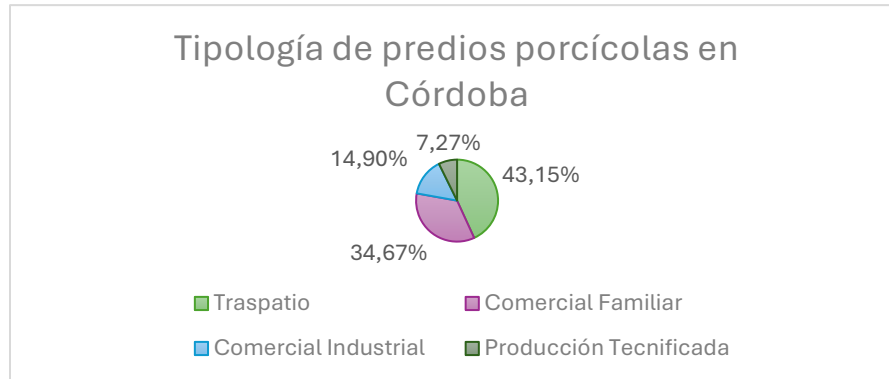
Nota. elaboración propia a partir del Censo Nacional Porcino 2023, Instituto Colombiano Agropecuario (ICA).

La figura evidencia que el departamento de Antioquia presenta una estructura productiva marcadamente concentrada en predios de tipo comercial industrial y de producción tecnificada. Aunque los predios de traspatio y comercial familiar están presentes, su participación es significativamente menor frente a los sistemas de mayor escala. Esta composición es consistente con el elevado inventario porcino promedio por predio observado previamente y con la posición de Antioquia como líder nacional en el sacrificio porcino formal. La predominancia de predios de mayor escala y con un mayor nivel de tecnificación sugiere un sector altamente organizado, con la capacidad de

concentrar volúmenes significativos de animales y para integrarse de manera eficiente con los esquemas formales de sacrificio porcino.

Figura 31

Tipología de predios porcícolas–Córdoba

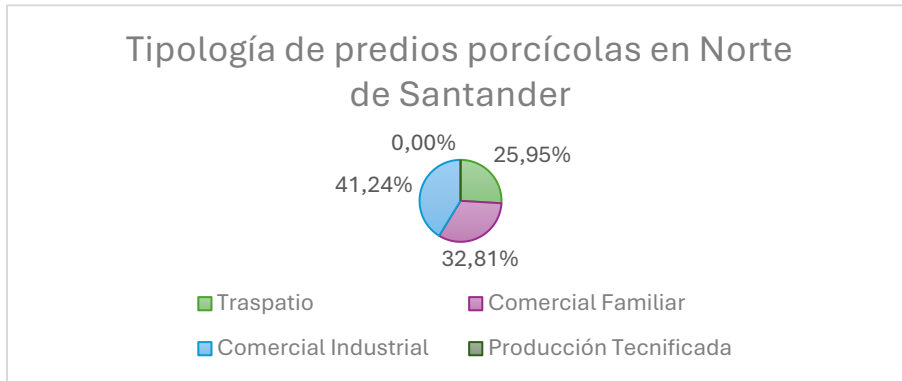


Nota. elaboración propia a partir del Censo Nacional Porcino 2023, Instituto Colombiano Agropecuario (ICA).

La figura evidencia que la estructura productiva del departamento de Córdoba está compuesta principalmente por predios de traspatio y de tipo comercial familiar, mientras que la participación de predios industriales y tecnificados es considerablemente menor. Esta composición explica el bajo promedio de animales por predio identificado en el análisis realizado anteriormente y confirma la alta dispersión del sector en el departamento. Ya que está compuesto principalmente por unidades de producción pequeñas lo que sugiere un modelo de explotación de baja escala individual, con limitadas posibilidades de concentración de animales y con una menor integración a esquemas de producción intensiva.

Figura 32

Tipología de predios porcícolas–Norte de Santander

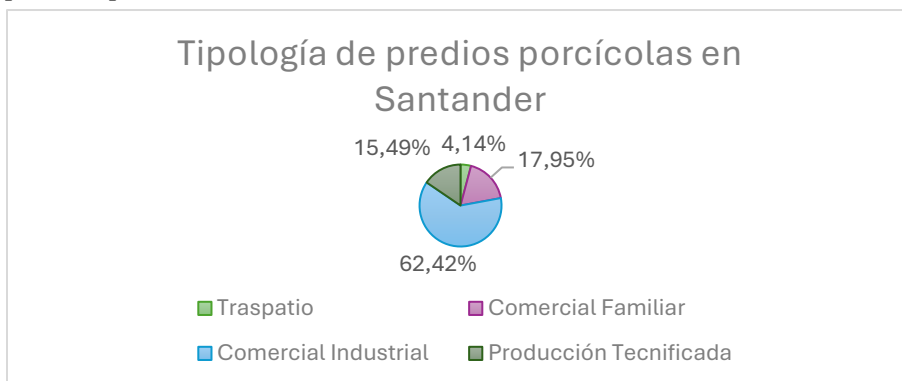


Nota. elaboración propia a partir del Censo Nacional Porcino 2023, Instituto Colombiano Agropecuario (ICA).

La figura evidencia que Norte de Santander se desarrolla principalmente en predios tipo traspatio y comercio familiar, con una participación nula de predios tecnificados. Esta composición evidencia una escala promedio reducida y la alta dispersión de predios del sector. Sin embargo, a pesar de esta configuración, el departamento cuenta con infraestructura formal de beneficio porcino, lo cual contrasta con su baja escala productiva y refuerza su papel como centro regional de sacrificio formal para productores de departamentos aledaños, como Santander.

Figura 33

Tipología de predios porcícolas-Santander



Nota. elaboración propia a partir del Censo Nacional Porcino 2023, Instituto Colombiano Agropecuario (ICA).

La figura evidencia que Santander presenta una estructura productiva constituida principalmente por predios tipo comercial industrial y comercial familiar, con una

participación limita de predios tecnificados y una menor presencia de sistemas traspatio en comparación con otros departamentos con alta dispersión como Córdoba. Esta composición explica el promedio intermedio de animales por predio calculado previamente y sugiere un sector con una mayor capacidad productiva que Norte de Santander, aunque sin alcanzar los niveles de tecnificación y concentración observados en Antioquia. La ausencia de infraestructura formal en el departamento, a pesar de contar con una infraestructura productiva intermedia, demuestra la brecha entre la capacidad productiva regional y la oferta de servicios de sacrificio formal.

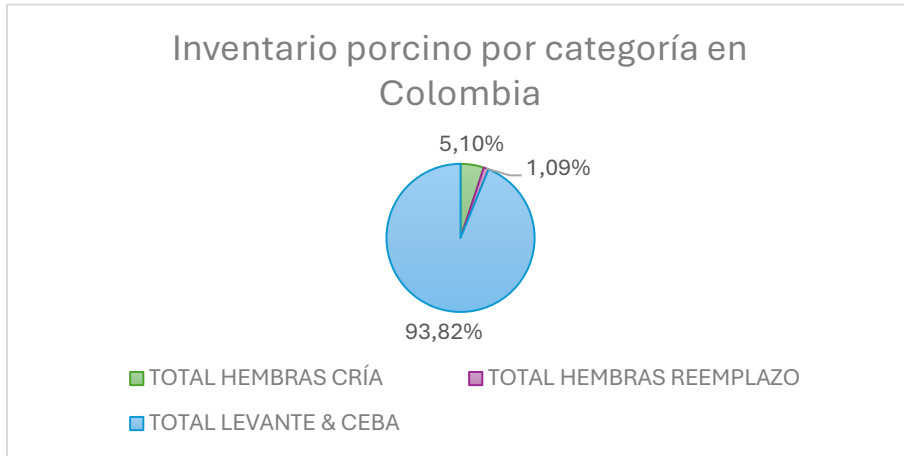
El análisis comparativo realizado permite observar la coexistencia de diferentes modelos productivos distintos dentro del sector porcícola a nivel nacional. Mientras Antioquia presenta una estructura dominada por predios industriales y tecnificados, coherente con su liderazgo en inventario y nivel de sacrificio formal, departamentos como Córdoba o Norte de Santander muestran una predominancia de predios a pequeña escala. Santander por su parte, se ubica en una posición intermedia, con una base productiva más robusta que la de Norte de Santander, pero sin contar con una infraestructura de sacrificio formal que si existe en este último.

5.1.2.3. Composición del inventario porcino. Con el fin de complementar la

caracterización de la población porcícola, se analiza la composición del inventario porcino según la categoría productiva, diferenciando entre hembras de cría, hembras de reemplazo y porcinos destinados al levante y la ceba. Este análisis se realiza a nivel nacional y departamental, con el propósito de contrastar la orientación productiva del sector y su coherencia con la disponibilidad de animales para el sacrificio.

Figura 34

Inventario porcino por categoría (%) – Colombia

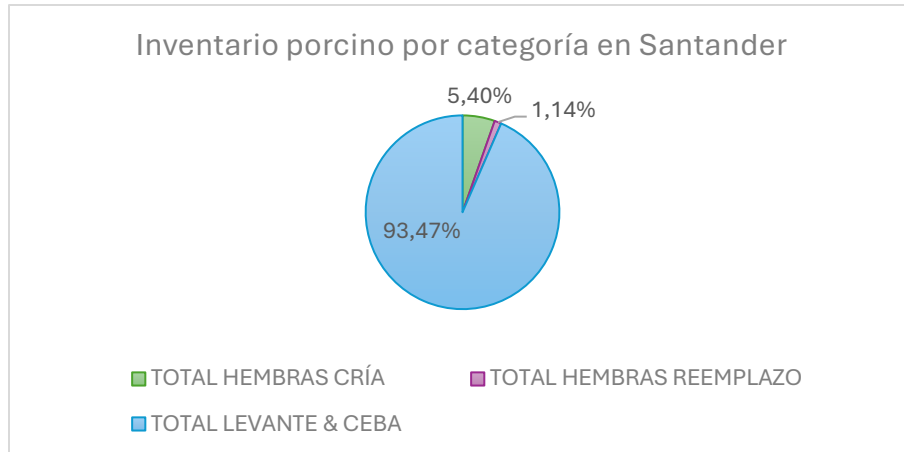


Nota. elaboración propia a partir del Censo Nacional Porcino 2023, Instituto Colombiano Agropecuario (ICA).

En la figura se evidencia, que, a nivel nacional, el inventario se encuentra principalmente concentrado en animales destinados al levante y ceba, los cuales representan el 93,8% del total. Las hembras de cría y de reemplazo son una porción significativamente menor del inventario, lo que demuestra que la estructura nacional está enfocada a la producción de animales para sacrificio, más que a la reproducción. Esta configuración sugiere una base amplia y constante de animales potencialmente disponibles para el sacrificio porcino.

Figura 35

Inventario porcino por categoría (%) – Santander



Nota. elaboración propia a partir del Censo Nacional Porcino 2023, Instituto Colombiano Agropecuario (ICA).

En la figura se observa que la composición a nivel departamental presenta un comportamiento muy similar al observado a nivel nacional. En Santander, los porcinos destinados al levante y la ceba representan aproximadamente el 93,5% del inventario total, mientras que las hembras de cría y de reemplazo mantienen su baja proporción. Esta similitud indica que la estructura productiva de Santander esta alineada con la dinámica nacional, con una clara orientación hacia la producción de animales para el sacrificio.

5.1.3. Caracterización específica del sector porcino en el departamento de Santander

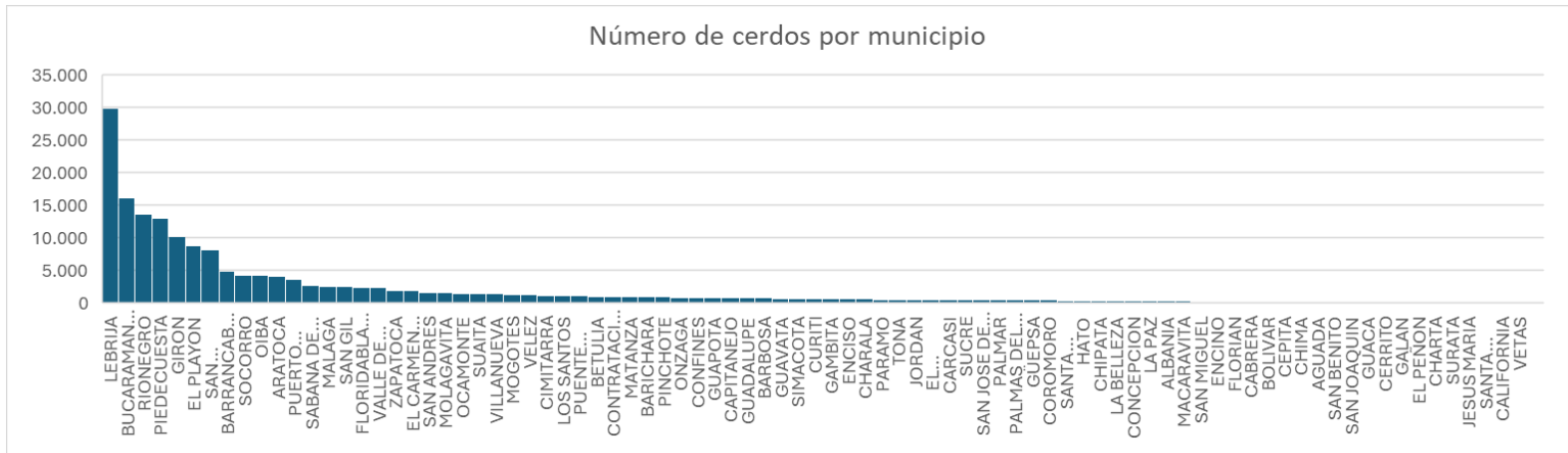
Con el fin de robustecer la caracterización del sector porcino en el departamento donde se proyecta la localización de la planta, a continuación, se realiza un análisis más específico de Santander. Este apartado permite observar de forma más detallada del territorio, identificando la distribución interna de la actividad porcícola, la estructura de los predios y la concentración del inventario animal.

En primer lugar, se analiza la distribución municipal del inventario porcino, la

cual se presenta en la siguiente figura, donde se observa el número de cerdos por municipio en el departamento de Santander.

Figura 36

Número de cerdos por municipio en el departamento de Santander



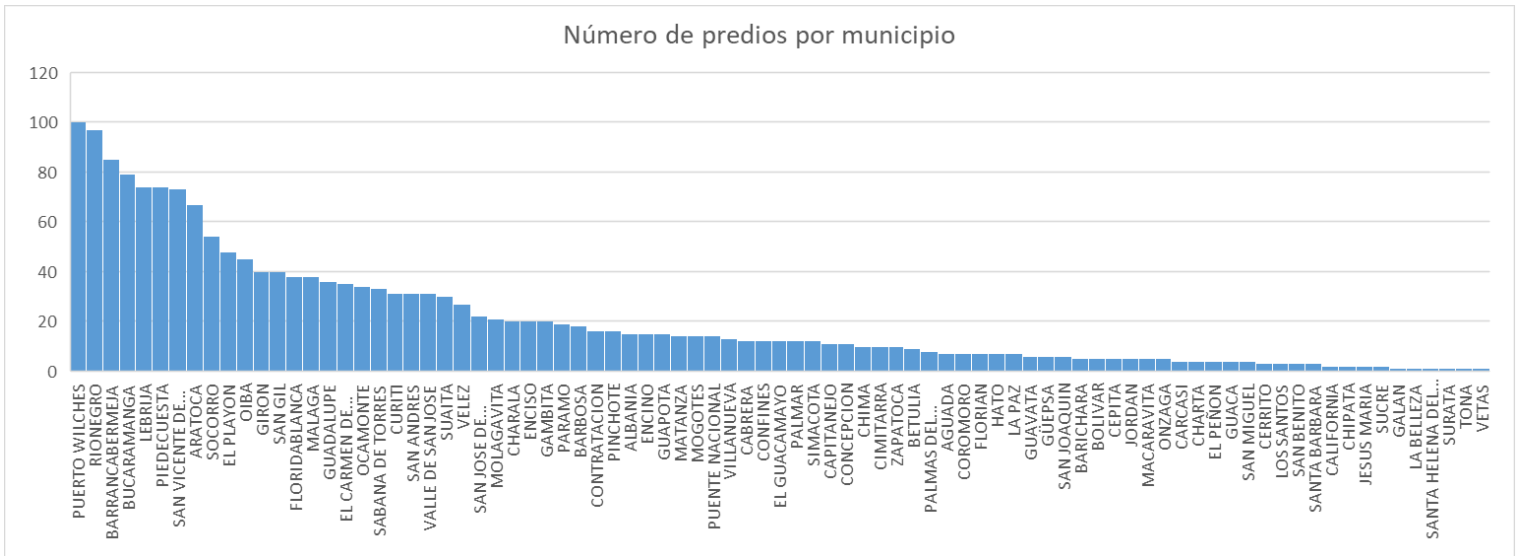
Nota. elaboración propia a partir del Censo Nacional Porcino 2023, Instituto Colombiano Agropecuario (ICA).

La figura evidencia que la producción no está distribuida uniformemente en el territorio, si no que se concentra de forma significativa en un número reducido de municipios. Se destaca especialmente el municipio de Lebrija con 29.792 cerdos, seguido por Bucaramanga con 16.075 cerdos, Rionegro (13.583), Piedecuesta (12.934) y Girón (10.232). Estos municipios concentran la mayoría del inventario departamental, esta configuración muestra la clara existencia de focos productivos definidos, lo cual resulta relevante para el análisis de accesibilidad y cercanía al servicio de beneficio.

Para complementar lo anterior se analiza la distribución de los predios porcícolas por municipio, que se presenta en la siguiente figura, lo que permite comparar la localización de las explotaciones con el volumen existente en cada municipio.

Figura 37

Número de predios por municipio en el departamento de Santander



Nota. elaboración propia a partir del Censo Nacional Porcino 2023, Instituto Colombiano Agropecuario (ICA).

A partir de la figura se identifican los municipios con mayor número de predios, que como se vio en el análisis nacional, no coinciden necesariamente con aquellos que concentran el mayor inventario porcino. Puerto Wilches, por ejemplo, registra el mayor número de predios con 100 en total, seguido por Rionegro y Barrancabermeja, sin que estos municipios lideren el inventario total de animales. Esta diferencia entre la distribución de predios y la distribución de cerdos sugiere la predominancia de explotaciones de pequeña y mediana escala en estos municipios, en los cuales la densidad poblacional del hato es menor y la producción municipal se encuentra más dispersa.

Para profundizar en esta estructura productiva, se presenta a continuación la tipología de predios en Santander y la distribución del inventario porcino por tipo de explotación, considerando categorías como traspatio, comercial familiar, comercial industrial y producción tecnificada.

Tabla 6

Tipología de predios porcícolas y distribución del inventario porcino en el departamento de Santander

DEPARTAMENTO	Estrato	TOTAL PREDIOS	HEMBRAS CRÍA	HEMBRAS REEMPLAZO	MACHOS REPRODUCIBLES	PORCINOS LEVANTE & CEBA	TOTAL CERDOS
SANTANDER	TOTAL	1.770	9.266	1.950	1.207	160.491	172.914
	Traspatio	793	504	305	133	6.212	7.154
	Comercial Familiar	724	2.622	742	558	27.110	31.032
	Comercial Industrial	246	5.018	751	491	101.678	107.938
	Producción Tecnificada	7	1.122	152	25	25.491	26.790

Nota. elaboración propia a partir del Censo Nacional Porcino 2023, Instituto Colombiano Agropecuario (ICA).

La información contenida en la misma permite confirmar que el sector porcino esta caracterizado por una fuerte presencia de predios tipo comercial familiar y comercial industrial, con una capacidad limitada de explotaciones tecnificadas. Esta composición permite explicar en gran medida, el comportamiento observado en las figuras anteriores, donde se observa un alto número de predios con inventarios relativamente bajos y una

mayor densidad animal en un conjunto limitado de explotaciones con mayor grado de tecnificación. En consecuencia, el tamaño promedio del hato por predio en Santander se mantiene por debajo del observado en departamentos como Antioquia o Valle del Cauca, que presentan un mayor grado de tecnificación, lo cual condiciona la frecuencia y el volumen de animales enviados a sacrificio.

Por último, la siguiente tabla permite analizar la estructura productiva del sector porcino en municipios estratégicos de Santander, evidenciando las diferencias significativas de escala y de nivel de tecnificación de la producción.

Tabla 7

Tipología de predios porcícolos y distribución del inventario porcino en municipios seleccionados de Santander

MUNICIPIO	TOTAL	TOTAL	TOTAL	TOTAL
	CERDOS	PORCINOS	PORCINOS	PORCINOS
	TRASPATIO	COMERCIAL	COMERCIAL	TECNIFICADA
		FAMILIAR -	INDUSTRIAL	
		2021	- 2021	
BUCARAMANGA	111	1.345	13.600	0
FLORIDABLANCA	154	812	1.463	0
GIRON	41	801	6.352	3.038
LEBRIJA	208	1.364	11.727	16.493
PIEDECUESTA	181	1.626	5.889	5.238

Nota. elaboración propia a partir del Censo Nacional Porcino 2023, Instituto Colombiano Agropecuario (ICA).

En los municipios del área metropolitana de Bucaramanga se observa una alta predominancia de la producción bajo tipo comercial, con una participación baja del traspatio. En Bucaramanga, el inventario porcino se concentra principalmente en la producción tipo comercial industrial, con 13.600 cerdos, mientras que en traspatio solo hay 111 animales, lo que sugiere una producción organizada. En Floridablanca se observa un comportamiento similar, donde la producción industrial supera ampliamente al traspatio, reforzando la idea de una actividad porcícola más estructurada en estos municipios urbanos y periurbanos.

En el caso de Girón y Piedecuesta, aunque también se observa una presencia importante de producción comercial industrial, se evidencia una mayor diversidad tipológica. Girón destaca con 3.038 cerdos en producción tecnificada, además de 6.352 cerdos en producción comercial industrial, lo que lo posiciona como un municipio con un nivel de tecnificación superior al promedio departamental. Con un comportamiento similar, Piedecuesta muestra una producción más equilibrada entre producción comercial familiar, comercial industrial y tecnificada, lo cual sugiere una estructura productiva mixta.

El caso de Lebrija resulta particularmente relevante dentro del análisis departamental. Este municipio no solo concentra el mayor inventario porcino del departamento, sino que también muestra una participación significativa en la producción tecnificada, con 16.493 cerdos, sumada a una alta producción comercial industrial. Esta combinación indica la existencia de explotaciones de mayor escala y con mayor capacidad productiva, consolidando Lebrija como uno de los principales nodos porcinos del departamento y como un territorio estratégico para el análisis de la demanda del

servicio de beneficio.

5.2. Estimación de la demanda potencial del servicio

5.2.1. Consideraciones generales sobre la demanda

La demanda del presente proyecto corresponde al servicio de beneficio porcino y no al consumo final de carne. Por lo que se trata de una derivada, originada de la actividad productiva de los porcicultores y en la necesidad de transformar animales vivos en canal bajo condiciones sanitarias, de inocuidad y bienestar animal. Por lo que, el tamaño de la demanda no se estima a partir del consumidor final, sino que se utiliza el flujo de animales potencialmente destinados a sacrificio dentro del área de influencia del proyecto.

5.2.2. Base poblacional para la estimación

Para estimar la demanda potencial se utilizó como base el inventario porcino del departamento de Santander, considerando la información del Censo Nacional Porcino 2023 (ICA,2023). El inventario total departamental reportado es de 172.914 porcinos. Sin embargo, para la demanda de servicios de beneficio se tiene en cuenta únicamente la categoría de porcinos de levante y ceba, debido a que corresponden al grupo de animales cuyo único fin es el sacrificio.

En Santander, esta población está conformada por 160.491 animales, mientras que las categorías de hembras de cría, hembras de reemplazo y machos reproductores se excluyen del cálculo principal, debido a que no representan un flujo regular destinado al sacrificio en el corto plazo, sino que son una población reproductiva y de reposición del

sistema.

5.2.3. *Supuesto técnico del ciclo productivo y rotación anual*

El inventario de levante y ceba corresponde a un stock. Para convertirlo en un flujo de animales potencialmente enviados a sacrificio, se requiere establecer un supuesto de rotación anual, asociado a la duración del ciclo productivo del cerdo hasta peso de mercado.

La literatura técnica señala que un cerdo destinado a sacrificio alcanza su peso comercial aproximadamente entre 5 y 6 meses, dependiendo de las condiciones de alimentación, genética y manejo productivo (FAO,2011). Con base en ese rango, para el presente estudio se adopta una rotación anual promedio (R) de 2,18 ciclos por año, lo que es equivalente a un ciclo de 5,5 meses. Este valor representa un punto intermedio y técnicamente sustentado para el contexto departamental.

5.2.4. *Factores de ajuste*

Una planta localizada en un punto específico del territorio no puede captar la totalidad del flujo potencial departamental. Debido a esto, se aplican factores de ajuste para estimar la demanda efectiva del servicio. En este estudio, dichos factores se definen en base a la caracterización territorial realizada en la sección 6.1.3. y en la estructura productiva del departamento.

a) Factor de accesibilidad logística

Este factor representa la proporción de inventario porcino departamental que, por su concentración geográfica en municipios clave, se consideran con mayor

probabilidad de acceder regularmente al servicio de sacrificio. Con base en el análisis realizado a nivel municipal, se determinó que la suma de los porcinos ubicados en Lebrija, Bucaramanga, Rionegro, Piedecuesta y Girón equivalen al 47,78% del total del inventario porcino del departamento. Por lo que se adopta $A=0,4778$ obtenido de los datos observados en el departamento (ICA,2023).

b) Factor de estructura productiva

Este factor representa la proporción de inventario que, por su escala y forma de operación, es compatible con el uso regular del beneficio formal. Según el Censo Nacional Porcino, en Santander los estratos, comercial industrial y producción tecnificada concentran 127.169 porcinos de levante y ceba, lo que representa el 79,24% del total.

Sin embargo, aun dentro de sistemas comerciales, pueden existir practicas mixtas e informalidad residual lo que reduce la utilización efectiva del beneficio formal. Por tal motivo, se hace un ajuste conservador y se establece un factor operativo $E=0,65$ coherente con estudios de prefactibilidad y con la heterogeneidad sectorial (FAO,2011; Porkcolombia-FNP, 2024)

c) Factor de fuga hacia otros servicios

Este factor representa la proporción de animales que, a pesar de la existencia de una planta en Santander, podrían continuar beneficiándose en otros departamentos o mediante alternativas diferentes, debido a relaciones comerciales históricas y dinámicas regionales. Debido a que la transición a un nuevo servicio suele ser gradual se adopta $F=0,20$ consistente con la idea que

parte de los flujos se mantienen fuera en el corto plazo.

d) Factor de adopción del servicio

El factor de adopción representa la proporción de productores que, aun teniendo accesibilidad logística y compatibilidad productiva, decidirán efectivamente utilizar la planta propuesta. Debido a que esta decisión depende de variables como precio, confianza, tiempos y percepción de valor, se considera como el principal componente de incertidumbre del modelo.

La literatura técnica reconoce que, en sistemas pecuarios con alta dispersión territorial, la utilización de servicios formales depende fuertemente de la reducción de barreras logísticas y de la disponibilidad de una alternativa cercana y confiable (FAO,2011). Adicionalmente, la dinámica del sacrificio formal reportada en Colombia evidencia que el uso de plantas autorizadas tiende a concentrarse en zonas donde existe una oferta instalada y relaciones comerciales consolidadas, lo que sugiere que la entrada de una nueva planta genera adopción, pero esta se presenta de forma gradual (DANE,2024).

Con base a lo anterior, el presente estudio adopta un valor central de 50% como escenario base, y se evalúa una sensibilidad simétrica de ± 10 puntos porcentuales, construyendo tres posibles escenarios:

- **Escenario conservador U=40%:** representa una adopción inicial baja-moderada, asociada a un periodo de transición donde parte de los productores se mantienen en las practicas precios por inercia comercial, desconfianza inicial o sensibilidad en el precio.
- **Escenario base U=50%:** representa un nivel de adopción intermedio,

coherente con la existencia de incentivos claros derivados de una planta de sacrificio formal localizada en el departamento (reducción de distancias, mejora sanitaria e integración logística), pero reconociendo que no toda la población objetivo migrara inmediatamente al nuevo servicio.

- **Escenario optimista U=60%:** representa una adopción alta, plausible en el caso de que la planta ofrezca condiciones competitivas (tarifas, tiempos de respuesta, cumplimiento sanitario y facilidad operativa) y logre consolidar de forma rápida confianza y relaciones comerciales con los principales núcleos productivos del departamento, tal como suele ocurrir cuando se reduce significativamente la fricción logística del servicio (PorkColombia-FNP,2024).

5.2.5. *Cálculo del flujo anual potencial*

Después de definir el modelo de estimación de la demanda potencial y de calcular el flujo anual potencial de animales disponibles para el sacrificio, se procese a estimar la demanda efectiva del servicio de beneficio porcino. Este valor corresponde a la cantidad de porcinos, que, bajo condiciones más reales, podrían usar una planta de beneficio formal localizada en el área de influencia del proyecto, incorporando restricciones territoriales, productivas y de comportamiento de los productores.

La demanda efectiva se obtiene aplicando los factores de ajuste previamente definidos: accesibilidad logística, estructura productiva, adopción del servicio y fuga hacia otros servicios. Estos factores en conjunto, permiten pasar de un flujo teórico a una

estimación más realista para el estudio de factibilidad.

La demanda efectiva anual se determina mediante la siguiente expresión general:

$$DE = FP \times A \times E \times U \times (1 - F)$$

Donde:

- DE = Demanda efectiva anual del servicio (cerdos/año)
- FP = Flujo anual potencial (cerdos/año)
- A = Factor de accesibilidad logística
- E = Factor de estructura productiva
- U = Factor de adopción del servicio
- F = Factor de fuga hacia otros servicios

Para el caso de Santander, el flujo anual potencial calculado anteriormente corresponde a 349.870 cerdos, en consecuencia, la demanda efectiva del servicio se calcularía como:

$$DE = 349.870 \times A \times E \times U \times (1 - F)$$

Para el caso de Santander, el flujo anual potencial calculado anteriormente corresponde a 349.870 cerdos, en consecuencia, la demanda efectiva del servicio se calcularía como:

$$DE = 349.870 \times 0,4778 \times 0,65 \times U \times (1 - 0,20)$$

Dado que el factor de adopción U se evalúa mediante escenarios, se calculan los tres valores de demanda efectiva anual:

Tabla 8

Estimación de la demanda efectiva anual del servicio de beneficio porcino en Santander bajo diferentes escenarios de adopción

Escenario	FP	A	E	(1-F)	U	Demanda efectiva anual
Conservador	349870	47,78%	65,00%	80,00%	40%	34770
Base	349870	47,78%	65,00%	80,00%	50%	43463
Optimista	349870	47,78%	65,00%	80,00%	60%	52156

Nota. Elaboración propia con base en información del ICA (2023), FAO (2011), DANE (2024) y

Porkcolombia-FNP (2024).

Los resultados obtenidos muestran que la demanda efectiva anual del servicio se ubica entre 34.770 y 52.156 porcinos por año, dependiendo del nivel de adopción del servicio por parte de los productores. Estas diferencias evidencian la importancia de la adopción del servicio, lo cual es consistente con la naturaleza del sector porcino, donde la transición hacia esquemas formales suele presentarse de forma gradual y condicionada por factores económicos logísticos y culturales.

Para el desarrollo técnico y el dimensionamiento preliminar de la planta, se opta por seleccionar como escenario de referencia el escenario conservador correspondiente a 34.770 porcinos al año.

La literatura señala que, en sectores agropecuarios con alta dispersión territorial y presencia histórica de informalidad, la adopción de nuevos servicios formales no suele ser inmediata ni total, incluso cuando estas ofrecen mejoras en términos sanitarios y logísticos. La FAO (2011) indica que los productores tienden a mantener prácticas tradicionales mientras evalúan los costos, beneficios y confiabilidad de los nuevos esquemas operativos. De igual manera, estudios sectoriales en Colombia evidencian que la utilización del sacrificio formal se consolida de manera progresiva y está fuertemente

influenciada por hábitos productivos, relaciones comerciales previas y sensibilidad al precio (DAE,2024; Porkcolombia-FNP,2024).

En este contexto, la adopción de un escenario conservador permite evitar la sobreestimación de la demanda y garantiza que el dimensionamiento de la planta se realice bajo supuestos realistas, reduciendo el riesgo técnico y operativo del proyecto. No obstante, los escenarios base y optimista son una referencia para evaluar el potencial de crecimiento del servicio a mediano plazo, una vez se consolide la operación y se genere mayor confianza en los productores santandereanos.

5.2.6. *Dimensionamiento preliminar del servicio de beneficio porcino*

Después de estimar la demanda efectiva anual del servicio de beneficio porcino y definido el escenario conservador como el escenario de referencia para el diseño del proyecto, se procede a realizar el dimensionamiento preliminar del servicio, expresado en términos de capacidad diaria.

Con el objetivo de convertir la demanda anual en capacidad diaria operativa, se adoptó un esquema de funcionamiento de 260 días al año, correspondiente a una jornada de operación de 5 días a la semana durante 52 semanas. Este supuesto considera, además, la necesidad de disponer tiempos para mantenimiento preventivo, ajustes operativos y cumplimiento de la normativa sanitaria, sin afectar la continuidad del servicio.

El cálculo de la capacidad diaria requerida se realiza mediante la siguiente expresión:

$$CD = \frac{DE}{D}$$

Donde:

- CD = Capacidad diaria requerida del servicio (cerdos/día)
- DE = Demanda efectiva anual (cerdos/año)
- D = Días de operación al año (días/año)

$$CD = \frac{34.770}{260}$$

$$CD = 133.73 \text{ cerdos diarios}$$

El resultado de cálculo arroja una capacidad diaria que se aproxima al entero más cercano inferior, estableciendo una capacidad diaria preliminar de 133 porcinos por día. Esta aproximación conserva un enfoque prudente en el dimensionamiento del servicio, evitando una sobreestimación de la capacidad operativa requerida y manteniendo coherencia con los supuestos conservadores adoptados en la estimación de la demanda.

6. Localización y tamaño preliminar de la planta

6.1. Metodología de la localización

La localización preliminar de la planta de beneficio se aborda mediante un proceso estructurado en dos etapas, con el fin de garantizar una selección técnica, objetiva y operativamente viable. Dado el alcance del estudio, la localización se define a nivel municipal, sin llegar a la selección de un predio específico.

La primera etapa corresponde al proceso de preselección de municipios, basado exclusivamente en la disponibilidad de materia. La segunda etapa consiste en una

evaluación multicriterio, aplicada únicamente a los municipios previamente preseleccionados, agregando variables logísticas, normativas y de factibilidad territorial.

6.1.1. Etapa de preselección

La preselección de municipios tiene como objetivo reducir el universo de análisis a un número limitado de alternativas con potencial real para la localización del proyecto. Esta etapa se fundamenta únicamente en el criterio de concentración de porcinos, dado que la existencia de un volumen significativo de animales destinados al sacrificio es una condición fundamental para la viabilidad de una planta de beneficio.

Para este análisis se consideran exclusivamente los porcinos de levante y ceba, ya que son los destinados principalmente al sacrificio. La información se obtuvo del Censo Nacional Porcino del Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), utilizando los datos de inventario porcino por municipio para Santander.

El criterio se expresa mediante el número absoluto de porcinos de levante y ceba por municipio, permitiendo identificar aquellos territorios con mayor concentración de porcinos. A partir de esta información, se selecciona un grupo reducido de municipios que, en conjunto representen aproximadamente el 60% del inventario porcino departamental, asegurando así que el análisis posterior se enfoque en las zonas con mayor relevancia productivo y potencial de uso del servicio de beneficio.

6.1.2. Etapa de evaluación multicriterio de alternativas de localización

Una vez definida la preselección de municipios, se desarrolla una evaluación multicriterio con el fin de identificar la alternativa que presenta las mejores condiciones

relativas para la localización preliminar del proyecto. En esta etapa se incorporan criterios adicionales, los cuales se aplican únicamente a los municipios preseleccionados, evitando análisis innecesarios sobre los municipios con bajo potencial productivo.

Los criterios utilizados son los siguientes:

- Proximidad a la capital del departamento
- Acceso a vías principales y conectividad logística
- Disponibilidad potencial de servicios públicos
- Compatibilidad normativa y de uso del suelo

6.2. Criterios de evaluación

Una vez definida la metodología de la localización, se establecen los criterios de evaluación que permitirán hacer la comparación entre las alternativas de localización de la planta de beneficio porcino. Estos criterios se basan en aspectos productivos, logísticos, normativos y económicos, estos aspectos se alinean con la naturaleza del proyecto y con la información secundaria disponible para el departamento de Santander.

Con el fin de reflejar la importancia relativa de cada criterio dentro del proceso de decisión, a cada uno se le asigna un peso porcentual, la asignación de pesos corresponde a la incidencia esperada de cada criterio en la viabilidad operativa del proyecto, priorizando aquellos factores que condicionan directamente el flujo de animales y la eficiencia logística del servicio de beneficio.

6.2.1. Concentración de porcinos

La concentración de porcinos constituye el criterio principal dentro del análisis de

localización, debido a que la viabilidad de la planta depende directamente de la disponibilidad de animales susceptibles de ser sacrificados de forma regular. Debido a que la producción en Santander presenta una distribución heterogénea, este criterio permite priorizar los municipios con mayor potencial de demanda del servicio. En función de su papel estructural dentro del proyecto y su relación directa con el volumen de operación de la planta, este criterio recibe la mayor ponderación dentro del modelo, correspondiente al 35%.

6.2.2. Proximidad a la capital del departamento

La proximidad a la capital del departamento, Bucaramanga, se incorpora como un criterio importante debido a su papel como principal nodo administrativo, logístico y de conectividad vial de Santander. Este criterio se evalúa mediante el tiempo promedio de desplazamiento, expresado en minutos, desde el municipio candidato hasta Bucaramanga, considerando el tiempo de recorrido, en lugar de la distancia en kilómetros, ya que permite reflejar de una forma más realista las condiciones de movilidad y la calidad de la infraestructura vial. Debido a su alta incidencia en la eficiencia logística del proyecto, pero reconociendo que no sustituye la necesidad de una base productiva sólida, este criterio recibe una ponderación del 25%.

6.2.3. Acceso a vías principales y conectividad logística

El criterio de acceso a vías principales y conectividad logística evalúa la facilidad con la que el municipio se integra a la red vial del departamento, considerando su cercanía a vías primarias o secundarias de alto flujo. Este aspecto es fundamental para el

transporte de animales vivos y para la operación continua de la planta de beneficio.

La evaluación se realizará a partir del tiempo de acceso del municipio candidato hasta las principales vías. Este criterio permite identificar municipios que presenten limitaciones en términos de conectividad. Por su impacto logístico y operativo, pero subordinado a los criterios productivos y de localización estratégica, este criterio recibe una ponderación del 15%.

6.2.4. Disponibilidad potencial de servicios públicos

La disponibilidad potencial de servicios públicos básicos, ya que son un requisito indispensable para la operación de una planta de beneficio porcino. En esta etapa de prefactibilidad, el análisis se realiza a nivel municipal, considerando la existencia general de cobertura de servicios y no la capacidad técnica específica. La información se obtiene de documentos de planeación territorial y diagnósticos municipales. Dado que eventuales deficiencias pueden ser resueltas posteriormente mediante inversiones técnicas, este criterio recibe una ponderación del 10%.

6.2.5. Compatibilidad normativa y uso del suelo

Este criterio evalúa la compatibilidad del municipio con la normatividad vigente y con los Planes de Ordenamiento Territorial (POT), considerando las restricciones de uso de suelo, así como los requerimientos sanitarios y ambientales necesarios para una planta de beneficio porcino.

La evaluación se realiza de manera preliminar, identificando si el municipio cuenta con condiciones favorables para la localización del proyecto o si existen

restricciones evidentes que pueden representar riesgos normativos. Este criterio se incorpora con una ponderación del 10%, reconociendo su importancia como factor habilitante del proyecto y como elemento de reducción de riesgos institucionales.

6.3. Preselección de municipios con base en la concentración del inventario porcino

Después de definir la metodología, se desarrolló la primera etapa de preselección de municipios, con el fin de identificar aquellos territorios con mayor relevancia productiva dentro de Santander. Esta etapa se basó exclusivamente en la concentración del inventario porcino, considerando que la viabilidad de la planta depende directamente de la disponibilidad de animales destinados potencialmente al sacrificio. A continuación, se presenta el análisis desarrollado.

(La Tabla se encuentra en el Apéndice Distribución y participación acumulada para la preselección de municipios en Santander)

A partir de la información que se presenta en la tabla se observa una alta concentración de porcinos en un número reducido de municipios. Específicamente, los primeros ocho municipios correspondientes a Lebrija, Bucaramanga, Rionegro, Piedecuesta, Girón, El Playó, San Vicente de Chucurí y Barrancabermeja concentran aproximadamente el 60% del total de cerdos del departamento.

Lebrija se posiciona como el principal municipio porcicultor del departamento, con 29.792 animales, que equivalen al 17% del inventario total, lo que confirma su relevancia dentro del sector, seguida por Bucaramanga (9%) y Rionegro (8%), municipios que, además de su peso productivo, presentan ventajas logísticas y de conectividad departamental. Piedecuesta y Girón complementan este núcleo, alcanzando

en conjunto un 48% del inventario acumulado, lo que demuestra una clara concentración porcina en el eje metropolitano y su zona de influencia inmediata.

La inclusión de municipios como El Playón y San Vicente de Chucuri amplía el análisis hacia zonas rurales con participación porcícola significativa, mientras que Barrancabermeja completa el umbral del 60% acumulado. A partir de ese punto, el incremento porcentual se reduce de manera notable, lo que refleja una dispersión del inventario restante en un gran número de municipios con participaciones individuales inferiores al 2%.

Este comportamiento muestra una producción porcícola altamente concentrada, en consecuencia, la selección de estos municipios como alternativas permite enfocar el análisis posterior en municipios con suficiente volumen de producción, optimizando los costos logísticos y aumentando la viabilidad operativa del proyecto.

6.4. Evaluación multicriterio de alternativas de localización

Después de desarrollar la preselección de los municipios, se procedió a desarrollar la evaluación multicriterio a los municipios seleccionados, para identificar la alternativa más favorable para la localización de la planta en Santander. Este análisis se desarrolló en los siguientes pasos que se describen a continuación.

6.4.1. Consolidación de la información base por criterios

En esta etapa se construyó la matriz inicial de evaluación, recopilando la información cuantitativa correspondiente a cada uno de los criterios definidos anteriormente. Por cada municipio preseleccionado se recopiló información proveniente

de fuentes secundarias oficiales y herramientas de análisis geográfico.

La concentración de porcinos se obtuvo a partir del Censo Porcino del Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), en base al número total de animales reportados por municipio. Este criterio es la base productiva del análisis, al reflejar el potencial de demanda del servicio de beneficio.

La proximidad a la capital de Santander se evaluó mediante el tiempo promedio de desplazamiento, expresado en minutos, desde el centro urbano de cada municipio hasta Bucaramanga. Este tiempo se estimó usando la herramienta Google Maps utilizando el tiempo de recorrido real, para representar de manera más precisa las condiciones de movilidad y conectividad.

Para el acceso a las vías principales y conectividad logística se midió también el tiempo de desplazamiento, en minutos, desde el centro del municipio hasta la vía nacional más cercana. La identificación de dichas vías y la estimación del tiempo de acceso, se realizó igualmente con Google Maps, considerando únicamente los corredores viales nacionales por su relevancia para el transporte de animales vivos.

La cobertura de servicios públicos se realizó usando la información de ArcGIS donde se hizo un promedio de cobertura de los siguientes servicios públicos, energía, alcantarillado, acueducto y gas.

Finalmente, la compatibilidad territorial se aproximó mediante el porcentaje de suelo rural dentro del territorio municipal, información obtenida de la plataforma TerriData del Departamento Nacional de Planeación (DNP). Este indicador se utilizó para estimar la disponibilidad potencial del suelo apto para usos agroindustriales.

Con esta información se construyó la matriz base que sirve como insumo para el

análisis multicriterio.

Tabla 9

Matriz de información base para la evaluación multicriterio de localización

PONDERACION	35%	25%	15%	15%	10%
SE BUSCA	MAX	MIN	MIN	MAX	MAX
Municipio	Concentración de porcinos (número de cerdos)	Proximidad a Bucaramanga (minutos)	Acceso a vías principales (minutos a vía primaria)	Cobertura de servicios públicos (%)	Suelo rural (%)
Lebrija	29.792	30	3	61,12%	51,66 %
Bucaramanga	16.075	0	28	94,96%	2,78%
Rionegro	13.583	39	3	47,11%	66,16 %
Piedecuesta	12.934	23	40	82,51%	25,36 %
Girón	10.232	16	14	84,51%	15,65 %
El Playón	8.707	76	2	49,82%	53,22 %

San Vicente de	8.189	129	73	57,61%	58,20
Chucurí					%
Barrancabermeja	4.837	141	7	87,45%	8,39%

Nota. Elaboración propia, con base en información secundaria del Censo Porcino del ICA para el departamento de Santander; tiempos de desplazamiento y acceso vial obtenidos mediante Google Maps; cobertura de servicios públicos a partir de capas oficiales en ArcGIS; y porcentaje de suelo rural con base en información de TerriData – DNP.

6.4.2. Homogeneización de los criterios de evaluación

Debido a que los criterios utilizados presentan sentidos de optimización diferentes, se realizó una homogeneización previa de los datos. En este proceso se identificaron como criterios de maximización la concentración de porcinos, la cobertura de servicios públicos y el porcentaje de suelo rural, mientras que la proximidad a Bucaramanga y el acceso a vías principales corresponden a criterios de minimización, al estar expresados en unidades de tiempo.

Para garantizar la coherencia del análisis, los criterios de maximización fueron transformados mediante su relación inversa. Con esta transformación, todos los criterios quedaron orientados hacia el mismo objetivo de minimización.

Tabla 10

Matriz de criterios homogeneizados

PONDERACION	35%	25%	15%	15%	10%
SE BUSCA	MIN	MIN	MIN	MIN	MIN

Municipio	Concentraci ón de porcinos (número de cerdos)	Proximidad a Bucaraman ga (minutos) (minutos)	Acceso a vías principales (minutos a vía primaria)	Cobertura de servicios públicos (%)	Suelo rural (%)
Lebrija	0,00003357	30,00	3,00	1,64	1,94
Bucaramanga	0,00006221	0,00	28,00	1,05	35,97
Rionegro	0,00007362	39,00	3,00	2,12	1,51
Piedecuesta	0,00007732	23,00	40,00	1,21	3,94
Girón	0,00009773	16,00	14,00	1,18	6,39
El Playón	0,00011485	76,00	2,00	2,01	1,88
San Vicente de Chucurí	0,00012212	129,00	73,00	1,74	1,72
Barrancabermeja	0,00020674	141,00	7,00	1,14	11,92
TOTAL	0,00078815	454,000000	170,000000	12,094408	65,267595
		00	00	01	04

Nota. Elaboración propia, con base en información secundaria del Censo Porcino del ICA para el departamento de Santander; tiempos de desplazamiento y acceso vial obtenidos mediante Google Maps; cobertura de servicios públicos a partir de capas oficiales en ArcGIS; y porcentaje de suelo rural con base en información de TerriData – DNP.

6.4.3. Normalización de la matriz de evaluación

Después, se procedió a la normalización de los valores de cada criterio, con el fin

de eliminar las diferencias de escala entre variables expresadas en unidades heterogéneas.

Para ello, se calculó la suma total de cada criterio y se dividió el valor de cada municipio entre el total correspondiente, de manera que cada columna normalizada sumara uno.

Este procedimiento permite obtener una matriz, en la cual todos los criterios pueden compararse en igualdad de condiciones.

Tabla 11

Matriz de criterios normalizada

Municipio	Concentración de porcinos (número de cerdos)	Proximidad a Bucaramanga (minutos)	Acceso a vías principales (minutos a vía primaria)	Cobertura de servicios públicos (%)	Suelo rural (%)
Lebrija	0,043	0,066	0,018	0,135	0,030
Bucaramanga	0,079	0,000	0,165	0,087	0,551
Rionegro	0,093	0,086	0,018	0,176	0,023
Piedecuesta	0,098	0,051	0,235	0,100	0,060
Girón	0,124	0,035	0,082	0,098	0,098
El Playón	0,146	0,167	0,012	0,166	0,029
San Vicente de Chucurí	0,155	0,284	0,429	0,144	0,026
Barrancabermeja	0,262	0,311	0,041	0,095	0,183

TOTAL	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------

Nota. Elaboración propia, con base en información secundaria del Censo Porcino del ICA para el departamento de Santander; tiempos de desplazamiento y acceso vial obtenidos mediante Google Maps; cobertura de servicios públicos a partir de capas oficiales en ArcGIS; y porcentaje de suelo rural con base en información de TerriData – DNP.

6.4.4. Aplicación de ponderaciones y obtención del puntaje final

Una vez normalizada la matriz, se aplicaron las ponderaciones definidas previamente para cada criterio, multiplicando los valores normalizados por sus respectivos pesos: 35% para la concentración de porcinos, 25% para la proximidad a la capital del departamento, 15% para el acceso a vías principales, 15% para la cobertura de servicios y 10% para la compatibilidad territorial.

Tabla 12

Resultado del análisis multicriterio ponderado para la selección de municipios candidatos a la localización de la planta de beneficio porcino en Santander

PONDERACION	35%	25%	15%	15%	10%	TOTAL
SE BUSCA	MIN	MIN	MIN	MIN	MIN	MIN
Municipio	Concentración de porcinos (número de cerdos)	Proximidad a Bucaramanga (minutos)	Acceso a vías principales (minutos)	Cobertura de servicios públicos (%)	Suelo rural (%)	

	a vía primaria)					
Lebrija	1,5%	1,7%	0,3%	2,0%	0,3	5,7%
					%	
Bucaramanga	2,8%	0,0%	2,5%	1,3%	5,5	12,1%
					%	
Rionegro	3,3%	2,1%	0,3%	2,6%	0,2	8,5%
					%	
Piedecuesta	3,4%	1,3%	3,5%	1,5%	0,6	10,3%
					%	
Girón	4,3%	0,9%	1,2%	1,5%	1,0	8,9%
					%	
El Playón	5,1%	4,2%	0,2%	2,5%	0,3	12,2%
					%	
San Vicente de Chucurí	5,4%	7,1%	6,4%	2,2%	0,3	21,4%
					%	
Barrancabermeja	9,2%	7,8%	0,6%	1,4%	1,8	20,8%
					%	

Nota. Elaboración propia, con base en información secundaria del Censo Porcino del ICA para el departamento de Santander; tiempos de desplazamiento y acceso vial obtenidos mediante Google Maps; cobertura de servicios públicos a partir de capas oficiales en ArcGIS; y porcentaje de suelo rural con base en información de TerriData –

DNP

Los resultados del análisis multicriterio ponderado muestran diferencias significativas entre los municipios evaluados, derivadas de la combinación de criterios productivos, logísticos y territoriales considerados. Los municipios de San Vicente de Chucurí y Barrancabermeja presentan mayores puntajes totales, asociados principalmente asociados a mayores tiempos de desplazamiento, menores niveles de accesibilidad logística y una localización menos favorable respecto a los principales nodos administrativos y viales del departamento, lo que limita su competitividad para la localización de una planta de beneficio porcino.

Por otra parte, Lebrija obtuvo el menor puntaje total con 5,7%, ubicándose como la alternativa más favorable dentro de los municipios analizados. Este resultado se explica por su alta concentración de inventario porcino, su proximidad a la capital del departamento, el acceso inmediato a vías principales y condiciones territoriales que son compatibles con el desarrollo de actividades agroindustriales, factores que en conjunto reducen costos logísticos y favorecen la viabilidad operativa del proyecto.

6.5. Definición del tamaño preliminar de la planta de beneficio porcino

Basándose en la demanda efectiva estimada, se define una estrategia gradual al mercado para la nueva planta de sacrificio porcino. Se escoge una captura inicial del 40% del mercado potencial, la cual considera que, aunque no existe una planta formal de beneficio porcino en el área de influencia inmediata, los productores ya realizan el proceso de sacrificio mediante otras alternativas, principalmente mediante el sacrificio informal o en departamentos aledaños. La implementación de una planta formal en la región representa una mejora en términos operativos y sanitarios, sin embargo, se tiene en

cuenta que la adopción del servicio no es inmediata ni total, debido a la inercia operativa del sector, a la existencia de prácticas tradicionales arraigadas y la necesidad de consolidar confianza en la nueva infraestructura. Por tanto, el porcentaje del 40% refleja una entrada prudente pero consistente con la ventaja competitiva del proyecto.

También, se establece un crecimiento anual del 5% en la participación del mercado durante los primeros cinco años de operación, como una hipótesis de expansión progresiva y conservadora. Este crecimiento responde a la expectativa de formalización gradual del beneficio porcino, al fortalecimiento de la operación de la planta, a la reducción sostenida de los costos logísticos para los productores y a la mejora en la percepción de la confiabilidad sanitaria del servicio. Un crecimiento más acelerado podría sobreestimar la velocidad real de transición del mercado hacia alternativas formales. Especialmente en la etapa inicial del proyecto. Por tanto, el crecimiento anual del 5% permite construir una proyección coherente con el carácter de prefactibilidad del estudio y sirve como una base sólida para el posterior dimensionamiento técnico del proyecto.

Tabla 13

Proyección de la capacidad diaria requerida del servicio de beneficio porcino bajo un escenario de captura y crecimiento del mercado

Porcentaje de 40%
captura del
mercado (%)

Porcentaje de crecimiento anual (%)	5%
Capacidad diaria preliminar (porcinos/día)	133

Año	Capacidad diaria requerida (cerdos/día)
1	53
2	55
3	57
4	59
5	61

Nota. Elaboración propia, con base en la demanda efectiva estimada del servicio de beneficio porcino y los supuestos de captura inicial del mercado y crecimiento anual.

Los resultados obtenidos muestran que, bajo el escenario planteado, la capacidad diaria requerida del servicio de beneficio porcino se sitúa inicialmente en 53 porcinos para el primer año de operación. A lo largo del horizonte de cinco años, la capacidad diaria requerida presenta un incremento gradual y sostenido, alcanzando 61 porcinos por día para el quinto año. Este comportamiento muestra un crecimiento moderado del

volumen del servicio, coherente con el proceso de adopción del mismo por parte de los porcicultores santandereanos.

7. Análisis técnico del proceso

7.1. Descripción general del proceso de beneficio porcino

El proceso de sacrificio animal comprende un conjunto de operaciones técnicas que tienen la finalidad de convertir animales vivos aptos para consumo en canales y subproductos comestibles, garantizando condiciones de bienestar animal, inocuidad sanitaria, eficiencia operativa y la calidad del producto final.

De acuerdo con la FAO, el beneficio de animales para consumo humano debe cumplir dos obligaciones fundamentales: provocar la muerte de forma humana, minimizando el dolor, el estrés y la incomodidad del animal, y procesar de manera higiénica y eficiente, evitando cualquier tipo de contaminación durante el procedimiento.

7.1.1. Preparación del ganado previo al sacrificio

Antes del sacrificio, los animales deben encontrarse clínicamente sanos y fisiológicamente normales. La preparación previa tiene la finalidad de reducir el estrés, facilitar la inspección ante mortem y asegurar condiciones adecuadas para el aturdimiento y el sangrado. En términos generales, la FAO recomienda un periodo de descanso previo, idealmente durante la noche; sin embargo, en el caso de los cerdos, esta práctica puede

ajustarse, dado que se suelen transportarse distancias relativamente cortas y el confinamiento prolongado en corrales puede incrementar el estrés. (FAO, 2011, pag.2)

Durante el periodo de espera, los animales deben tener acceso permanente a agua potable, mientras que el suministro de comida debe darse únicamente si es necesario. Este período permite también, identificar cuales animales deben ser separados y, de ser necesario, puestos en cuarentena. La correcta preparación previa reduce la incidencia de lesiones, mejora la eficiencia del aturdimiento y contribuye a una mejor calidad de la carne.

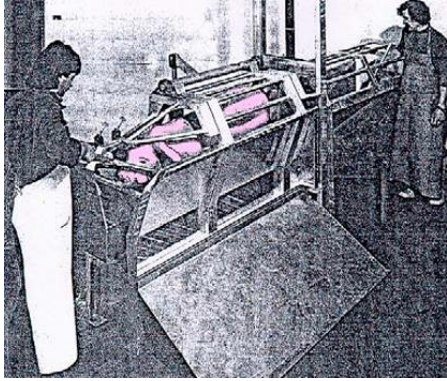
7.1.2. Conducción y sujeción de los animales

Cuando los animales están listos para el sacrificio, deben ser conducidos de forma calmada hacia el área de aturdimiento. La FAO recomienda el uso de herramientas no traumáticas, como correas plásticas o paletas, para guiar a los cerdos en la fila, evitando gritos, golpes o el uso de estímulos dolorosos. (FAO, 2011, pag.3)

Previo al aturdimiento, los animales deben ser inmovilizados de forma adecuada para garantizar la precisión del procedimiento. En cerdos, el dispositivo más utilizado es la caja de aturdimiento, ya que está diseñada para limitar el movimiento y asegurar una correcta aplicación del método seleccionado. En algunos sistemas específicos, también se emplean compartimentos reducidos, siempre que la inmovilización sea la adecuada. En ningún caso es válida la sujeción manual del animal, ya que compromete la seguridad del operario y la eficiencia del aturdimiento.

Figura 38

Caja de aturdimiento para cerdos



Nota. Extraído de FAO, Guidelines for Humane Handling, Transport and Slaughter of Livestock.

7.1.3. Aturdimiento del animal

El aturdimiento tiene como objetivo inducir un estado inmediato de inconsciencia, eliminando la percepción del dolor y manteniendo al animal inconsciente durante el tiempo suficiente para que el sangrado provoque la muerte por anoxia cerebral. Es fundamental que el animal no recupere la conciencia en ningún momento del proceso.

La FAO describe tres métodos principales de aturdimiento: percusión mecánica, aturdimiento eléctrico y aturdimiento por gas. Todos requieren personal capacitado y equipos adecuados para garantizar su correcta aplicación. (FAO, 2011, pag.3-5)

7.1.3.1. Aturdimiento por percusión mecánica. Este método emplea dispositivos de perno cautivo, los cuales producen una lesión cerebral inmediata. Su uso requiere alta precisión, mantenimiento constante del equipo y disponibilidad de más de un operario debido a la fatiga. Aunque es efectivo, su aplicación en cerdos es menos frecuente en plantas modernas.

7.1.3.2.**Aturdimiento por gas.** Consiste en la exposición controlada de los animales mediante la utilización de gases, generalmente dióxido de carbono, hasta inducir la pérdida de conciencia. Este método permite aturdir varios animales de forma simultánea, pero requieren instalaciones especializadas, mayor inversión inicial y un estricto control del proceso para evitar el sufrimiento innecesario durante la inducción.

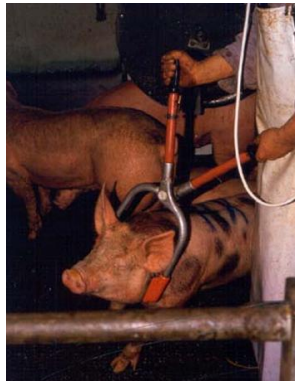
7.1.3.3.**Aturdimiento eléctrico.** La FAO identifica el aturdimiento eléctrico como el método más adecuado para cerdos en plantas de beneficio, debido a su rapidez, eficacia y menor complejidad operativa. Este método induce un shock electropléctico caracterizado por una actividad cerebral intensa que genera inconsciencia inmediata.

El procedimiento consiste en la aplicación de una corriente eléctrica a través del cerebro del animal mediante electrodos correctamente posicionados. Para cerdos, la FAO recomienda una corriente mínima de 1,25 amperios, con un voltaje máximo de hasta 125 V, durante un tiempo máximo de 10 segundos o hasta que se cause el shock electropléctico. Es fundamental que la aplicación se mantenga hasta lograr el efecto deseado, sin exceder el tiempo máximo recomendado.

Durante el shock electropléctico, el animal debe presentar rigidez muscular seguida de espasmos, los cuales pueden durar hasta 30 segundos aproximadamente. Estos movimientos son de reflejo y no deben interpretarse como signos de sensibilidad.

Figura 39

Posicionamiento de electrodos para aturdimiento eléctrico en cerdos.



Nota. Extraído de FAO, Guidelines for Humane Handling, Transport and Slaughter of Livestock.

7.1.4. Sangrado y verificación de la muerte

Una vez que el animal haya sido aturdido correctamente, debe realizarse el sangrado inmediato, ya que el aturdimiento, especialmente el eléctrico, no es letal por sí mismo, sino que tiene como finalidad provocar un estado reversible de inconsciencia. La muerte del animal ocurre como consecuencia del desangrado efectivo, el cual produce anoxia cerebral irreversible.

De acuerdo con la FAO, el intervalo de aturdimiento y el inicio del sangrado debe ser lo más corto posible, preferiblemente inferior a 30-60 segundos, para evitar cualquier posibilidad de recuperación de la conciencia. Un retraso excesivo compromete tanto el bienestar animal como la calidad del producto. (FAO, 2011, pag.7)

7.1.4.1. Técnica de sangrado en cerdos. En cerdos, el sangrado se debe realizar mediante un corte profundo en la región cervical o torácica anterior, diseñado para seccionar los principales vasos sanguíneos que irrigan el cerebro. La FAO describe como técnica recomendada el corte longitudinal dirigido hacia el pecho, el cual permite un drenaje rápido y completo de la sangre.

El procedimiento de cumplir las siguientes condiciones:

- El corte debe ser realizado utilizando un cuchillo largo, afilado y desinfectado, para asegurar que la incisión sea limpia y profunda.
- La incisión debe seccionar al menos una de las arterias carótidas y, preferiblemente, también las venas yugulares, garantizando un sangrado abundante.
- La profundidad del corte debe ser suficiente para evitar los sangrados parciales, ya que estos prolongan la agonía del animal y genera retención de sangre en el canal.
- El animal se debe mantener en una posición que facilite el drenaje gravitacional, generalmente suspendido o colocado de forma que la sangre fluya libremente sin contaminar las otras áreas del proceso.

Un sangrado incompleto no solo representa una falla grave en bienestar animal, sino que también afecta negativamente la calidad de la carne, favoreciendo la aparición de alteraciones en el color y una menor vida útil del producto.

Figura 40

Técnica de sangrado en cerdos



Nota. Extraído de FAO, Guidelines for Humane Handling, Transport and Slaughter of Livestock.

El sangrado debe mantenerse durante un tiempo suficiente para asegurar la pérdida total de la consciencia y la muerte efectiva del animal. Según la FAO, el flujo sanguíneo intenso suele mantenerse durante los primeros 60 a 90 segundos, aunque el proceso completo se puede extender hasta entre 3 y 5 minutos.

Durante este periodo, el operario debe observar de manera continua para identificar signos que indiquen una posible recuperación de la consciencia, lo cual implicaría una falla en el procedimiento, y requiere un reaturdimiento.

Figura 41

Buena disposición para el aturdimiento e inmediato sangrado de cerdos



Nota. Extraído de FAO, Guidelines for Humane Handling, Transport and Slaughter of Livestock.

7.1.4.2. Verificación de la inconsciencia y confirmación de la muerte. Antes de iniciar cualquier proceso posterior (escalado, depilado o eviscerado), es obligatorio verificar que el animal sigue inconsciente y que la muerte es irreversible. En el caso del aturdimiento eléctrico, esta verificación debe ser realizada después de que finalicen los espasmos musculares reflejos, los cuales son normales y no indican sensibilidad.

La FAO establece los siguientes criterios técnicos de verificación:

- Ausencia de respiración rítmica: no debe observarse movimiento regular del tórax.
- Ausencia de reflejo corneal: al tocar el ojo, no debe producirse parpadeo.
- Ausencia de vocalización.
- Ausencia de reflejo de enderezamiento: el animal no debe intentar incorporarse.
- Pérdida completa del tono muscular voluntario.

Solo cuando se cumplen todos los signos se confirma la pérdida total de la consciencia y la muerte del animal, y se autoriza la continuación del proceso de beneficio. Iniciar operaciones sobre un animal no muerto constituye una violación grave a las normas de bienestar animal.

7.1.5. Escaldado, depilado y chamuscado del canal

Después de confirmar la muerte del animal mediante el sangrado efectivo, el porcino es dirigido inmediatamente a la etapa de escaldado, el objetivo es facilitar el retiro del pelo sin dañar la piel ni comprometer la calidad higiénica de la carne. De acuerdo con las *Guidelines of slaughtering, meat cutting and further processing* de la FAO, el escaldado consiste en la inmersión del animal en agua caliente a una temperatura controlada, generalmente entre 60 y 62°C, durante un periodo de entre 5 y 6 minutos, dependiendo del tamaño del animal y del sistema de escaldado empleado. (FAO, 2011, pag.8)

El control de la temperatura y del tiempo es un aspecto crítico del proceso, debido a que una temperatura inferior dificulta la eliminación del pelo, mientras que una

temperatura excesiva puede provocar daños en la piel, desnaturalización de las proteínas y defectos visuales en el producto. Durante el escaldado, el calor actúa sobre los folículos pilosos, relajándolos y permitiendo su posterior remoción mecánica.

Figura 42

Escaldado de canales porcinas por inmersión en agua caliente



Nota. Extraído de FAO, Guidelines for slaughtering, meat cutting and further processing.

Posteriormente, el animal pasa al proceso de depilado, el cual se realiza utilizando equipos mecánicos rotativos o dispositivos específicos diseñados para la remoción del pelo en porcinos. Esta operación debe ser ejecutada de manera uniforme, evitando daños en la piel y asegurando la remoción total del pelo desprendido durante el escaldado.

Después de finalizar el depilado, la FAO recomienda la aplicación de un chamuscado superficial, mediante la exposición breve del animal a una llama controlada. Este procedimiento se realiza con el objetivo de eliminar pelos residuales y eliminar la carga microbiana superficial. Finalizado el chamuscado, se realiza un lavado con agua potable, para remover los restos carbonizados y preparar el animal para operaciones posteriores. (FAO, 2011, pag.8)

Figura 43*Depilado manual del porcino*

Nota. Extraído de FAO, Guidelines for slaughtering, meat cutting and further processing.

7.1.6. Evisceración

La evisceración es una de las etapas más críticas del proceso de beneficio porcino debido al elevado riesgo de contaminación fecal del canal si no se realiza correctamente. Según la FAO, esta operación debe realizarse inmediatamente después del depilado y lavado, bajo condiciones estrictas de higiene y con personal especializado. (FAO, 2011, pag.14)

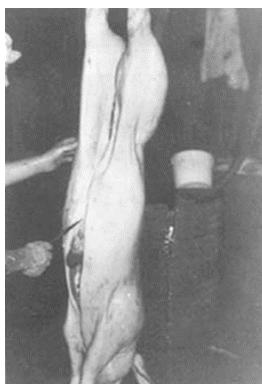
El proceso inicia con la ligadura del recto, esta técnica es fundamental para prevenir la liberación del contenido intestinal durante la extracción de las vísceras. Después, se realiza un corte ventral longitudinal a lo largo de la línea media del animal, cuidando no perforar el tracto gastrointestinal ni otros órganos internos.

Las vísceras abdominales y torácicas son extraídas de forma ordenada y controlada. Según la FAO cualquier ruptura del intestino o contaminación visible obliga a la limpieza inmediata de la zona afectada y, en casos severos, al decomiso parcial o total del canal. Las vísceras comestibles se deben separar e identificar para su posterior

inspección sanitaria, mientras que los subproductos que no son comestibles se gestionan conforme a la normativa ambiental y sanitaria vigente. (FAO, 2011, pag.14)

Figura 44

Procedimiento de evisceración en porcinos



Nota. Extraído de FAO, Guidelines for slaughtering, meat cutting and further processing.

7.1.7. División, lavado y presentación del canal

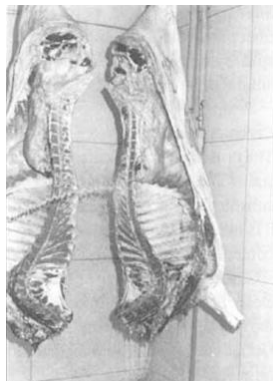
Una vez completada la evisceración, el canal porcino puede ser dividida de forma longitudinal a lo largo de la columna vertebral, dependiendo del sistema de comercialización y de los requerimientos del mercado. Esta operación se puede realizar utilizando sierras manuales o mecánicas especialmente diseñadas para su uso en plantas de beneficio animal, garantizando cortes limpios y precisos.

Posteriormente, el canal es sometido a un lavado final, con el objetivo de eliminar restos visibles de sangre, tejido o contaminantes generados en etapas anteriores. De acuerdo con la FAO, el lavado se debe realizar con agua potable con una presión moderada, evitando el uso excesivo de agua que pueda favorecer la dispersión de los microorganismos por la superficie de la carne. Después de esta operación, el canal se

considera apto para su traslado inmediato a la zona de enfriamiento.

Figura 45

Canal porcino listo para el proceso de enfriamiento



Nota. Extraído de FAO, Guidelines for slaughtering, meat cutting and further processing.

7.1.8. Enfriamiento del canal

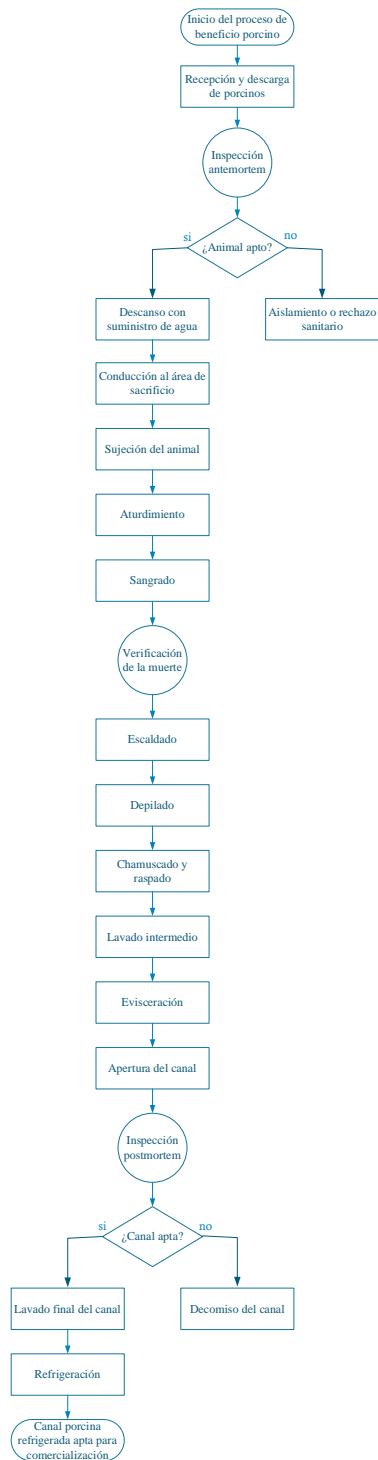
El enfriamiento es la etapa final del proceso de beneficio porcino y es fundamental para la conservación de la calidad microbiológica y fisicoquímica de la carne. Según las directrices de la FAO, los canales porcinos deben ser enfriados hasta alcanzar una temperatura interna aproximada de 6 a 7°C, lo cual se logra generalmente en un periodo de enfriamiento de 12 a 16 horas, dependiendo del peso del animal y las condiciones de la cámara frigorífica.

El enfriamiento se debe realizar en cámaras con control de la temperatura, la humedad relativa y la circulación del aire, evitando el contacto entre canales y asegurando una distribución homogénea del frío. Un correcto enfriamiento evita el crecimiento microbiano, reduce la actividad enzimática y prepara el canal para su posterior desposte, procesamiento o comercialización.

7.2. Diagrama general del proceso

Figura 46

Diagrama general del beneficio porcino



Nota. Elaboración propia a partir de los lineamientos técnicos establecidos en Guidelines for slaughtering, meat cutting and further processing y Guidelines for Humane Handling, Transport and Slaughter of Livestock (FAO).

El diagrama general del proceso de beneficio porcino sintetiza de forma secuencial y ordenada las principales operaciones que se desarrollan desde la recepción de los animales hasta la obtención del canal apto para el consumo humano. Este diagrama integra las etapas previamente descritas en la descripción general del proceso, esto permite visualizar el flujo continuo del proceso, la relación entre las diferentes operaciones y los puntos donde se concentran los mayores requerimientos de control sanitario.

En el diagrama se distinguen las fases de espera y preparación de los porcinos, el aturdimiento, el sangrado, el depilado, la evisceración, la inspección sanitaria y la conformación del canal, así como los puntos de verificación e inspección para garantizar la inocuidad del producto. La representación gráfica facilita la comprensión integral del proceso productivo y sirve como base para el posterior análisis de requerimientos de infraestructura y equipos, asegurando la coherencia con los lineamientos técnicos establecidos para el beneficio humanitario e higiénico de los animales destinados al consumo humano.

7.3. Requerimientos de infraestructura y equipos

El dimensionamiento de la infraestructura y los equipos de una planta de beneficio porcino debe responder tanto al requerimiento normativo establecido por la autoridad sanitaria competente y también corresponder con la capacidad operativa definida para el proyecto. Por lo que en este apartado se integra, primeramente, las

exigencias técnicas y sanitarias aplicables a este tipo de instalaciones en Colombia y, posteriormente, desarrollar una aproximación preliminar del dimensionamiento de las áreas y equipos, en función de la capacidad diaria proyectada de sacrificio. De esta forma se garantiza que las decisiones de diseño se alineen con los criterios regulatorios, técnicos y operativos coherentes con el alcance del proyecto.

7.3.1. Requerimientos normativos de infraestructura

Los requerimientos normativos de infraestructura para una planta de beneficio porcino se establecen con base en la Resolución 240 de 2013 del INVIMA, la cual establece las condiciones sanitarias y constructivas mínimas que deben cumplir las plantas de beneficio animal en Colombia. Estos requisitos buscan garantizar un flujo higiénico del proceso, evitar la contaminación cruzada, facilitar las operaciones de limpieza y desinfección, asegurar el bienestar animal y la inocuidad del producto final. Por lo que la estructura debe diseñarse de forma que las diferentes etapas del proceso se encuentren claramente separadas, con materiales adecuados, pendientes, drenajes y condiciones ambientales que permitan el control sanitario durante toda la operación.

(La Tabla se encuentra en el Apéndice D. Requerimientos normativos de infraestructura para plantas de sacrificio)

En conjunto, los requerimientos normativos de infraestructura establecidos por la normativa colombiana muestran que para el diseño de una planta de beneficio porcino debe fundamentarse en la estricta separación física y funcional de las áreas del proceso, para garantizar un flujo unidireccional desde las zonas sucias hacia las áreas limpias, para prevenir la contaminación cruzada y asegurar la inocuidad del producto final.

La correcta diferenciación entre las áreas de recepción y sacrificio, evisceración, inspección, lavado y refrigeración, además de la asignación de espacios específicos para la manipulación de vísceras comestibles y el manejo de decomisos, es un elemento estructural del proceso. Estos lineamientos condicionan directamente la distribución espacial de la planta, los materiales que se deben utilizar, el diseño de los sistemas de drenaje y ventilación, y la organización general de las operaciones, por lo que se convierte en un marco obligatorio para el diseño del proyecto.

7.3.2. Requerimientos normativos de equipos

De acuerdo con la Resolución 240 de 2013, los elementos utilizados en una planta de beneficio porcino constituyen un elemento crítico para asegurar la inocuidad del proceso, el bienestar animal, y la calidad sanitaria de la carne para consumo humano. La normativa define exigencias específicas sobre los materiales, el diseño, la disposición y el uso de equipos, para evitar la contaminación cruzada, facilitar las operaciones de limpieza y desinfección, y para asegurar que cada etapa del proceso se realice bajo condiciones controladas.

(La Tabla se encuentra en el Apéndice E. Requerimientos normativos de equipos para plantas de beneficio porcino)

Los equipos exigidos por la normativa del INVIMA no solo responden a criterios funcionales, sino que se vinculan directamente con la prevención de riesgos sanitarios a lo largo del proceso de beneficio porcino. La obligatoriedad en el uso de materiales no absorbentes, resistente a la corrosión y garantizar una fácil limpieza para que los equipos no se conviertan en un foco de contaminación microbiológica. Adicionalmente, la

diferenciación de equipos por área y por tipo de producto (canales, vísceras comestibles y decomisos) para reforzar el principio de separación entre flujos limpios y sucios, para minimizar la posibilidad de contaminación cruzada.

7.3.3. Requerimientos de infraestructura operativa y maquinaria para el proceso

Para identificar los elementos físicos y operativos necesarios para la puesta en marcha de una planta de beneficio porcino, a continuación, se presenta la relación de la infraestructura operativa y la maquinaria requerida en cada una de las etapas del proceso. Se realizó teniendo en cuenta la normativa sanitaria vigente colombiana, complementado con los lineamientos técnicos internacionales. La tabla permite visualizar como cada componente se articula dentro del proceso productivo y se evalúa su importancia en la capacidad operativa de la planta, diferenciando aquellos elementos que condicionan críticamente el ritmo de sacrificio de aquellos cuya función es principalmente secundaria, logística o de soporte.

(La Tabla se encuentra en el Apéndice F. Requerimientos de infraestructura operativa y maquinaria para el proceso de beneficio porcino)

Del análisis de los requerimientos de infraestructura y maquinaria se evidencia que no todos los elementos tienen el mismo impacto sobre la capacidad operativa de la planta. Mientras que gran parte de la infraestructura cumple una función de apoyo, ordenamiento, transporte o aseguramiento de las condiciones sanitarias, existen equipos específicos que actúan como los recursos restrictivos de capacidad. Específicamente la maquinaria relacionada con las etapas de aturdimiento, sangrado, depilado y enfriamiento son los principales factores limitantes, dado que operan por ciclos definidos o presentan

restricciones físicas de capacidad. Esta diferenciación es fundamental para el dimensionamiento posterior, necesaria para la correcta selección de los equipos críticos, garantizando que la capacidad instalada sea coherente con la demanda proyectada.

7.3.4. Dimensionamiento de equipos por capacidad

El dimensionamiento de la maquinaria en una planta de beneficio es una etapa importante del análisis técnico, ya que permite verificar que el proceso se pueda ejecutar dentro de los límites operativos definidos, sin generar cuellos de botella, acumulaciones o afectaciones al bienestar animal o a la inocuidad del producto.

En este apartado se realiza el dimensionamiento de los equipos cuya cantidad puede determinarse directamente por su capacidad de procesamiento (cerdos/hora) o de un tiempo máximo permitido de operación por animal. El desempeño de estos equipos se evalúa comparando la demanda operativa del proyecto con la capacidad técnica declarada por el fabricante o con los límites temporales establecidos en el procedimiento de sacrificio.

7.3.4.1. Capacidad de diseño considerada. Para desarrollar el dimensionamiento de los equipos se adopta como referencia una capacidad de diseño de 61 porcinos al día, que corresponde al escenario de operación objetivo del proyecto en su horizonte de consolidación (aproximadamente a cinco años, según el crecimiento proyectado). Este enfoque permite diseñar la planta para un nivel de operación estable a mediano plazo, evitando que la infraestructura quede subdimensionada poco tiempo después de su puesta en marcha.

La planta se plantea para operar 6 días por semana, con una jornada de 7 horas

diarias, lo que resulta coherente con la normativa laboral colombiana vigente y sin dependencia estructural de horas extras.

La demanda horaria equivalente se calcula como:

$$Q_h = \frac{61 \text{ porcinos/día}}{7 \text{ horas/día}} = 8,71 \text{ porcinos/hora}$$

Este valor permite verificar si los equipos tienen la capacidad suficiente para atender el volumen diario necesario para no convertirse en una restricción del proceso.

7.3.4.2. Supuestos operativos para el cálculo

Para reflejar condiciones reales de operación, se adoptan los siguientes supuestos generales:

- Factor de utilización global del 85%, que representa tiempos de lavado, desinfección, maniobras, inspección sanitaria, micro paradas y variabilidad operativa propia de una planta de beneficio.
- Criterio de redondeo conservador, donde la cantidad de equipos se aproxima siempre al entero superior, garantizando capacidad suficiente.

7.3.4.3. Metodología general del dimensionamiento por capacidad. Para los equipos cuya capacidad se expresa en porcinos hora, el número de unidades requeridas se determina mediante la siguiente expresión:

$$N = \left[\frac{Qh}{C \cdot n} \right]$$

Donde:

- N = número de equipos requeridos
- Qh = demanda horaria equivalente (porcinos/hora)

- C = capacidad nominal del equipo (porcinos/hora)
- n = factor de utilización (85%)

7.3.4.4. Box de aturdido porcino. El box de aturdido tiene la función de inmovilizar al animal previo al aturdimiento, garantizando un posicionamiento adecuado, reduciendo el estrés, minimizando riesgos para el operario y asegurando que el aturdimiento se realiza de manera precisa y repetible.

Ficha técnica del equipo:

Figura 47

Box de aturdido porcino



Nota. Imagen e información técnica del equipo empleadas como referencia para el dimensionamiento del proceso de sacrificio porcino, tomadas del fabricante Tecnoincar.

- Material de fabricación: acero inoxidable AISI 304
- Elementos de contacto: componentes opcionales en polietileno
- Puerta de entrada: accionamiento neumático
- Puerta lateral de salida: accionamiento neumático, cierre en dos etapas
- Configuración: apertura adaptable a derecha o izquierda
- Presión de trabajo: 6 bar

- Capacidad nominal: 100 porcinos/ hora
- Dimensiones aproximadas: 1700×750×1600 mm

Aplicando la metodología de dimensionamiento:

$$N = \left[\frac{8,71}{100 \cdot 85\%} \right] = 0,10 = 1$$

La capacidad nominal del equipo es superior a la demanda horaria del proyecto, por lo que un solo box de aturrido es suficiente para entender el flujo diario sin generar acumulaciones ni retrasos.

7.3.4.5.Sistema de aturdimiento eléctrico. El sistema de aturdimiento eléctrico tiene el objetivo de provocar la pérdida inmediata de la consciencia del animal mediante un shock electropléctico, para garantizar el bienestar animal y para facilitar una sangría adecuada y eficaz.

El procedimiento debe ser aplicado por un máximo de 10 segundos por animal. Este límite constituye el criterio técnico principal para el dimensionamiento del equipo, ya que un tiempo excesivo podría afectar negativamente el bienestar animal y el correcto desarrollo de las etapas posteriores.

Ficha técnica del equipo:

Figura 48

Sistema de aturdimiento eléctrico porcino



Nota. Imagen e información técnica del equipo empleadas como referencia para el dimensionamiento del proceso de sacrificio porcino, tomadas del fabricante Tecnoincar.

- Cuadro eléctrico hermético IP55
- Microprocesador con registro de parámetros eléctricos por animal
- Memoria de datos y registro por lotes (fecha y hora)
- Visualización de corriente aplicada
- Transformador de aislamiento
- Protección contra sobrecarga y cortocircuito
- Bloqueo de operación si no se alcanza la corriente mínima
- Alarmas acústicas y visuales

Realizando el cálculo, un solo equipo puede realizar teóricamente:

$$\frac{3600s}{10 s/animal} = 360 \text{ animales/hora}$$

Este valor es superior a la demanda real del proyecto. Sin embargo, el criterio decisivo no es únicamente el tiempo sino la configuración del proceso.

Ya que el sistema de aturdimiento opera directamente asociado al box de aturdido, constituyendo un único puesto de aturdimiento. Dado que se contempla un solo box, únicamente se necesita un sistema de aturdimiento eléctrico.

7.3.4.6. Escalde porcino rotativo. El escalde porcino permite la apertura de los poros mediante la inmersión en agua caliente, facilitando la remoción del pelo en la etapa posterior de depilado.

Ficha técnica del equipo:

Figura 49*Escalde porcino rotativo*

Nota. Imagen e información técnica del equipo empleadas como referencia para el dimensionamiento del proceso de sacrificio porcino, tomadas del fabricante Tecnoincar.

- Cuba abierta en acero inoxidable AISI 304
- Paneles de aislamiento térmico
- Bombo giratorio para inmersión del animal
- Sistema de vapor directo
- Control de temperatura mediante sonda PT100
- Válvula gradual de vapor
- Rebosadero y desagüe controlado
- Capacidad nominal: 25 a 80 porcinos/hora

Para efectos conservadores de dimensionamiento se adoptó el valor mínimo de capacidad (25 porcinos/hora)

$$N = \left[\frac{8,71}{25 \cdot 85\%} \right] = 0,41 = 1$$

Para el caso del escalde porcino rotativo se calcula que es suficiente una máquina para atender el flujo diario del proyecto.

7.3.4.7. Depiladora porcina

La depiladora se utiliza para eliminar el pelo después del escaldado, para contribuir a la higiene superficial del canal y darle continuidad al proceso de faenado.

Ficha técnica del equipo:

Figura 50

Depiladora Porcino Tec-60



Nota. Imagen e información técnica del equipo empleadas como referencia para el dimensionamiento del proceso de sacrificio porcino, tomadas del fabricante Tecnoincar.

- Potencia instalada: 7,5 kW
- Capacidad nominal: 60 porcinos/h
- Número de ejes: 1
- Número de discos: 11
- Número de palas: 55
- Material: acero al carbono galvanizado
- Peso aproximado: 1500 kg
- Dimensiones: 2637 × 1634 × 2200 mm

- Condiciones de uso: cerdos blancos; peso máximo 110 kg

Utilizando la capacidad nominal dada por el fabricante:

$$N = \left[\frac{8,71}{60 \cdot 85\%} \right] = 0,17 = 1$$

Para el caso de la depiladora porcina se calcula que es suficiente una máquina para atender el flujo diario del proyecto.

7.3.5. Dimensionamiento de equipos por ocupación y volumen

A diferencia de los equipos analizados anteriormente, cuya cantidad se determina a partir de su capacidad nominal o de un tiempo máximo de operación por animal, existen equipos cuya criticidad no depende de una tasa de procesamiento, sino por su capacidad para alojar, transportar o sincronizar el producto en un tiempo determinado.

7.3.5.1. Flageladora de limpieza. Las flageladoras de limpieza tienen la función de eliminar la suciedad superficial mediante fricción mecánica con látigos de goma y duchas automáticas, estos equipos contribuyen al control higiénico del canal en etapas clave del proceso.

En el esquema operativo definido para la planta se identifican dos momentos obligatorios y diferenciados de limpieza:

- Un lavado intermedio, previo a continuar con etapas posteriores del faenado
- Un lavado final, previo al ingreso a la etapa de enfriamiento

Estos momentos no son equivalentes ni intercambiables, ya que sea deben realizar

en zonas distintas del proceso respondiendo a las necesidades sanitarias específicas.

Ficha técnica del equipo:

Figura 51



Flageladoras Limpieza Porcino

Nota. Imagen e información técnica del equipo empleadas como referencia para el dimensionamiento del proceso de sacrificio porcino, tomadas del fabricante Tecnoincar.

- Sistema de duchas automáticas integradas
- Bastidor en acero inoxidable AISI 304
- Paneles desmontables para limpieza y mantenimiento
- Motorreductores de aproximadamente 3 kW
- Velocidad de operación aproximada: 213 RPM
- Dimensiones típicas: 2400 × 2000 × 2900 mm
- Peso aproximado: 700 kg

El dimensionamiento de esta máquina no se basa en porcinos/hora, debido a que su función no es la transformación del producto, sino que se encarga de asegurar condiciones higiénicas en puntos específicos del proceso. Dado a que se realizan en diferentes ubicaciones y no puede ejecutarse con una sola máquina, sin generar

retrocesos, cruces de flujo, se requiere tener dos máquinas, una para cada punto.

7.3.5.2. Elevadores y descensores automáticos. Los elevadores y descensores permiten la transferencia del canal entre distintos niveles o hacia la vía aérea, reduciendo la manipulación manual, mejorando la ergonomía del operario y disminuyendo el riesgo de contaminación cruzada.

Ficha técnica del equipo:

Figura 52

Elevadores y descensores automáticos



Nota. Imagen e información técnica del equipo empleadas como referencia para el dimensionamiento del proceso de sacrificio porcino, tomadas del fabricante Tecnoincar.

- Transportador de cadena inclinada
- Cadena tipo MC-56
- Botonera de marcha y paro
- Longitud y potencia dependientes del diseño del edificio
- Construcción diseñada para integración con vía aérea

Estos equipos no se dimensionan por capacidad productiva, sino por la necesidad de resolver puntos de transferencia física definidos en el diseño de la planta. Se identifica por lo menos un punto de elevación indispensable después del aturdimiento para elevar al

animal al área de sangrado, para garantizar el flujo continuo hacia esta etapa del proceso debido al peso propio del animal.

7.3.5.3. Transporte de vísceras. El transportador de vísceras permite el correcto traslado, inspección y clasificación de vísceras blancas y rojas, asegurando su correcta identificación y sincronización con el canal correspondiente durante la inspección sanitaria.

Ficha técnica del equipo:

Figura 53

Transportadora de vísceras



Nota. Imagen e información técnica del equipo empleadas como referencia para el dimensionamiento del proceso de sacrificio porcino, tomadas del fabricante Tecnoincar.

- Bandejas y ganchos en acero inoxidable AISI 304
- Cadena tipo X-458
- Retorno neumático
- Cabinas de desinfección integradas
- Velocidad regulable y sincronizable
- Presión neumática de operación: 4 bar

Este equipo no representa una restricción por capacidad horaria para el volumen del proyecto. Su importancia radica en que permite sincronizar la inspección sanitaria y

el ritmo de sanitario, por lo que se dimensiona una sola línea, siempre que cuente con regulación de la velocidad lo que permite coordinar el flujo de vísceras con el avance de los canales en la vía aérea.

7.3.5.4. Vía birrail para sangrado, eviscerado y faenado. La vía birrail es el elemento estructural que permite el transporte o manipulación de los canales durante las etapas de sangrado, faenado y eviscerado. Su dimensionamiento es fundamental, ya que define la capacidad de ocupación simultánea del sistema y la continuidad del flujo productivo.

Ficha técnica del equipo:

Figura 54

Vía Aérea Birrail Inoxidable Altas Cargas



Nota. Imagen e información técnica del equipo empleadas como referencia para el dimensionamiento del proceso de sacrificio porcino, tomadas del fabricante Tecnoincar.

- Perfil birrail con capacidad estructural elevada
- Separación estándar entre canales: 0,25 m
- Cambios de dirección con radios mínimos de 350 mm
- Compatibilidad con sistemas manuales o neumáticos

- Capacidad estructural superior a 2.500 kg por metro lineal

Las vías aéreas se deben dimensionar para absorber la simultaneidad del producto, no solo el promedio horario. Por lo que se consideran los siguientes factores:

- Capacidad diaria: 61 porcinos/día
- Separación entre canales de 0,25 m

A continuación, se calcula la longitud necesaria para garantizar una operación fluida, por lo que se calcula la capacidad para alojar la totalidad de la producción diaria en la vía aérea.

$$L = 61 \times 0,25 = 15,25 \text{ m}$$

Se considera un margen adicional por curvas, necesidad de mayor separación entre canales y zonas no operativas, se adopta un incremento del 10-20%, por lo que se sugiere una longitud de entre 15-19 m en cada una de las tres zonas que necesitan estas estructuras.

7.3.5.5.Sistema de cuartos fríos y enfriamiento rápido. El sistema de cuartos fríos tiene la finalidad de reducir la temperatura del canal desde aproximadamente 65°C hasta 6-7°C, para garantizar la estabilidad microbiológica y la calidad del producto. En el proyecto se establecen dos etapas diferenciadas del sistema de frío, cada uno con un objetivo técnico específico:

- **Enfriamiento rápido:** etapa destinada a reducir la temperatura del producto recién faenado, que ingresa con una temperatura aproximada entre 65-67°C, hasta un rango cercano a 6-7°C, en un tiempo limitado, con el fin de garantizar la estabilidad microbiológica y la calidad del producto.
- **Conservación o enfriamiento:** Esta etapa es posterior y su función es

mantener el producto ya estabilizado dentro de un rango entre 0-10°C, esperando el despacho al cliente final

Aunque el esquema operativo del proyecto contempla como objetivo ideal el despacho del producto el mismo día, sin embargo, se realiza el dimensionamiento de manera conservadora, de modo que la operación no dependa de una rotación perfecta y pueda absorber variaciones logísticas y operativas.

Definición de unidad de cálculo y base productiva

Diariamente se sacrificarían 61 cerdos/día por lo que la producción diaria de canales que se refiere a la mitad del cerdo después de faenado sería de 122 canales/día.

$$\text{Canales hora} = \frac{122}{7} = 17,43 \text{ canales/hora}$$

Esta tasa permite estimar simultaneidades para efectos del dimensionamiento del sistema de frío.

Ficha técnica del equipo:

Figura 55
Sistema de cuarto frío



Nota. Imagen e información técnica del equipo empleadas como referencia para el dimensionamiento del proceso de sacrificio porcino, tomadas del fabricante Frigomaster.

Para el dimensionamiento del sistema de cuartos fríos se toma como referencia un

cuarto frío comercial de 3×3×2,5m, fabricado por Frigomaster, el cual se puede configurar tanto para conservación como para enfriamiento rápido según el sistema frigorífico instalado.

- Dimensiones externas
 - Frente: 3,00 m
 - Fondo: 3,00 m
 - Alto: 2,50 m
- Dimensiones internas
 - Frente: 2,84 – 2,80 m
 - Fondo: 2,84 – 2,80 m
 - Alto: 2,34 – 2,30 m
- Paneles aislantes
 - Poliuretano expandido recubierto en PVC
 - Espesor: 80 – 100 mm (3 – 4 pulgadas)
- Piso
 - Paneles de poliuretano de 80 – 100 mm
 - Capa superior de hormigón de 70 – 100 mm
- Rangos de temperatura según aplicación
 - Conservación o enfriamiento: 0 a 10°C
 - Enfriamiento rápido: -20 a -10°C

Criterio de capacidad adoptado

La capacidad de un cuarto frío se determina por la longitud útil del riel colgado y la separación mínima requerida entre canales, necesaria para permitir la correcta

circulación del aire y evitar el contacto entre productos.

Para el cuarto frío de referencia se adopta una configuración interna conservadora realista:

- 2 líneas paralelas de riel interno, ubicadas de forma que se garantice la circulación de aire y espacio de maniobra
- Longitud por riel aproximadamente 2,80m acorde con la dimensión interna del cuarto frío
- Separación entre canales: 0,25m/canal

Longitud total de riel útil:

$$L_{riel} = 2 \times 2,8 = 5,6m$$

La capacidad aproximada por cuarto:

$$Capacidad\ cuarto = \frac{5,6}{0,25} = 22,4\ canales$$

Cada cuarto frío tiene la capacidad aproximada de 22 canales colgados, bajo los supuestos conservadores planteados.

Dimensionamiento de cuartos de enfriamiento rápido

Para el enfriamiento rápido del producto se adopta un tiempo conservador de 6 horas, a continuación, se calcula la cantidad de canales simultáneas requeridas:

$$\begin{aligned} Cantidad\ simultanea &= Canales/h * tiempo\ enfriamiento = 17,43 \times 6 \\ &= 104,6\ canales \end{aligned}$$

La cantidad estimada de canales es de aproximadamente 105 canales. A continuación, se calcula el número de cuartos de enfriamiento requeridos:

$$N_{rapido} = \frac{105}{22} = 5$$

Se requieren 5 cuartos fríos de enfriamiento rápido, configurados para temperaturas entre -20 a -10°C, para garantizar la reducción térmica del producto en un tiempo máximo de 6 horas.

Dimensionamiento de cuartos de conservación

Aunque en condiciones ideales se plantea que el despacho del producto se realice el mismo día, se adopta como criterio la conservación equivalente a un día de producción, lo que permitiría absorber variaciones operativas y logísticas sin comprometer la continuidad del proceso, la producción diaria a conservar sería de 122 canales.

La cantidad estimada de cuartos de conservación necesaria sería la siguiente:

$$N_{rapido} = \frac{122}{22} = 6$$

Se requieren 6 cuartos fríos de conservación, configurados para temperaturas entre -20 a -10°C, para almacenar una producción diaria equivalente a un día completo.

7.3.6. Dimensionamiento preliminar de infraestructura operativa

En la etapa de prefactibilidad, el dimensionamiento de infraestructura no busca un desarrollo detallado, sino la verificación de las áreas operativas clave con dimensiones suficientes para soportar la capacidad de diseño sin generar congestiones, incumplimientos normativos o afectar el bienestar del animal.

En este contexto, y debido a las limitaciones de cálculo en otras áreas del proceso, se limita de manera intencional a aquellas áreas que se pueden estimar de forma técnica,

específicamente:

- Corrales de recepción
- Corrales de descanso
- Corrales de pre-sacrificio

7.3.6.1. Metodología general de dimensionamiento de corrales. El

dimensionamiento se realiza utilizando el número máximo de animales que pueden ocupar cada área y del espacio mínimo recomendado por animal, incorporando un margen adicional para circulación, bebederos, separaciones internas y maniobras operativas.

De acuerdo con guías técnicas internacionales de bienestar animal, como las publicadas por la FAO, los porcinos de sacrificio con pesos cercanos a 100kg requieren un área mínima aproximada de 0,6 m² por animal (FAO,2010).

Además, se adopta un factor de holgura del 25% para evitar sobreocupación y reflejar condiciones reales de operación.

Se utilizarán las siguientes expresiones:

$$A_{util} = N \times a$$

$$A_{diseño} = A_{util} \times (1 - f)$$

Donde:

- N = número máximo de porcinos simultáneos
- a = área mínima por animal (m²/animal)
- f = factor de holgura (adimensional)

7.3.6.2. Corrales de recepción. El corral de recepción constituye el primer punto de contacto del animal con la planta y cumple la función de recibir los porcinos provenientes del transporte, para permitir su identificación inicial y facilitar su distribución posterior hacia

los corrales de descanso. Su función es transitoria y está directamente asociada a la descarga de los vehículos.

En ausencia de una definición exacta del tamaño de los vehículos de transporte en esta fase del proyecto, se considera un lote máximo de descarga de 20 porcinos simultáneos. A continuación, se presenta el cálculo del área:

$$a = 0,6 \text{ m}^2/\text{animal}$$

Luego se calcula el área útil:

$$A_{\text{util}} = 20 \times 0,6 \text{ m}^2 = 12\text{m}^2$$

Finalmente se calcula el área de diseño:

$$A_{\text{diseño}} = 12 \times 1,25 = 15\text{m}^2$$

El corral de recepción debe tener un área aproximada de 15m^2 , sería suficiente para absorber picos de descarga y permitir una transición ordenada hacia los corrales de descanso.

7.3.6.3. Corrales de descanso. Los corrales de descanso permiten el reposo previo al sacrificio, garantizando el acceso al agua potable y condiciones que minimicen el estrés del animal. Esta etapa es fundamental para el bienestar animal y para la calidad final del producto.

Para este cálculo, se dimensiona el área de descanso considerando la capacidad total diaria de sacrificio, asumiendo un escenario en el que la totalidad de los animales programados pueda encontrarse simultáneamente en descanso.

Luego se calcula el área útil:

$$A_{util} = 61 \times 0,6 \text{ m}^2 = 36,6\text{m}^2$$

Finalmente se calcula el área de diseño:

$$A_{diseño} = 36,6 \times 1,25 = 45,75\text{m}^2$$

Los corrales de descanso requieren tener un área aproximada de 46m^2 , para facilitar el manejo por lotes y reducir la mezcla de animales, se recomienda que esta área se encuentre distribuida en módulos independientes.

7.3.6.4. Corrales de pre-sacrificio. El corral de pre-sacrificio permite alimentar el box de aturdido de manera controlada y continua. Este corral es clave para mantener la estabilidad operativa sin congestionar pasillos ni forzar el manejo del animal.

Se establecen lotes aproximados de 10 porcinos en esta etapa.

Luego se calcula el área útil:

$$A_{util} = 10 \times 0,6 \text{ m}^2 = 6\text{m}^2$$

Finalmente se calcula el área de diseño:

$$A_{diseño} = 6 \times 1,25 = 7,5\text{m}^2$$

Los corrales de pre-sacrificio deben contar con un área aproximada de 8m^2 , suficiente para operar con lotes pequeños sin generar presión sobre el sistema de aturdimiento.

7.4. Consideraciones ambientales y sanitarias

La implementación de las medidas ambientales y sanitarias es un factor fundamental para la operación sostenible de la planta de beneficio porcino. En esta sección, se abordan aspectos como, la gestión de efluentes y residuos, los controles ambientales (olores, ruidos, plaga) y los programas sanitarios operativos (POES y BPM),

en el cumplimiento de la normativa vigente, especialmente la Resolución 240 de 2013 y las directrices técnicas internacionales (Ministerio de Salud y Protección Social,2013; FAO,1985)

7.4.1. Manejo de aguas residuales

Un aspecto fundamental es el tratamiento de las aguas residuales generadas durante el beneficio porcino. Estos efluentes contienen una alta carga orgánica (sangre, grasa, materia fecal y otros sólidos) por lo que deben ser tratados antes de su vertimiento. La normativa colombiana en la Resolución 0631 de 2015 establece los parámetros máximos de contaminación posible para vertimientos de plantas de beneficio. Para garantizar el cumplimiento, la planta debe implementar una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) adecuada. De hecho, es una exigencia establecida en la Resolución 240 de 2013 que toda planta de sacrificio cuente con un sistema integrado de tratamiento de agua.

En la PTAR propuesta se contemplan, como mínimo, las etapas de pretratamiento y el tratamiento primario/secundario. Siguiendo las recomendaciones técnicas de la FAO, se debe implementar (FAO,1085):

- Separación y recolección de la sangre desde el momento del beneficio evitando el paso a los drenajes
- Cribado o tamizado de los sólidos para retener restos de carne, pelo, hueso, entre otros.
- Trampas de grasa en los desagües para captar aceites y cebos flotantes.

Estas medidas reducen significativamente la carga contaminante del agua

residual. Posteriormente, el efluente debe pasar por un tratamiento primario (por ejemplo, decantación) y, de ser necesario, un tratamiento biológico (como reactores anaerobios o lagunas de estabilización) para disminuir la Demanda Bioquímica de Oxígeno y otros contaminantes hasta niveles bajo los límites normativos (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2015).

Operativamente, se debe obtener el permiso de vertimiento ante la autoridad ambiental competente, en el caso del proyecto, la CDMB de Santander, demostrando que el efluente tratado cumple los límites legales (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2015). Además, se debe implementar un monitoreo periódico de la calidad del agua descargada (pH, DBO₅, DQO, SST, etc.) y se deben llevar registros de dicho control para garantizar el cumplimiento continuo de la norma. Todo el sistema de tratamiento debe estar documentado en el Plan de Manejo Ambiental del proyecto, como lo exigen las autoridades ambientales para este tipo de instalaciones.

7.4.2. Manejo de residuos sólidos y subproductos

El proceso de beneficio porcino genera residuos sólidos y subproductos orgánicos que requieren un correcto manejo para prevenir la contaminación y aprovechar recursos cuando sea posible. La Resolución 240 de 2013 exige implementar un programa de gestión de residuos sólidos que cumpla con la legislación sanitaria y ambiental vigente (Ministerio de Salud y Protección Social). También, estipula que los desechos del proceso deben manejarse de tal forma que no contaminen la carne ni las áreas del proceso, y que los recipientes utilizados deben ser de material lavable y desinfectable (Ministerio de Salud y Protección Social, 2013).

7.4.2.1. Clasificación de subproductos. En la planta se deben diferenciar los subproductos comestibles de los no comestibles o de desecho. Los órganos y vísceras comestibles (hígado, corazón, riñones, etc.) que hayan aprobado la inspección post-mortem se consideran productos aprovechables; por lo que se deben manejar higiénicamente, con lavado y refrigeración inmediata en un área limpia y separada para su posterior comercialización (Ministerio de Salud y protección Social, 2013). Por otra parte, los subproductos no comestibles (contenido gastrointestinal, tejidos condenados por la inspección sanitaria, fetos, órganos con lesiones, etc.) se deben recolectar por separado en contenedores cerrados. La planta debe contar con un área de subproductos y decomisos claramente delimitada, separando los subproductos no comestibles y los materiales decomisados de las áreas limpias evitando la contaminación cruzada. (Ministerio de Salud y protección Social, 2013).

7.4.2.2. Disposición y tratamiento. La sangre es un subproducto particular por su alta capacidad contaminante si no se maneja adecuadamente. Se debe instalar un sistema específico de recolección higiénica de sangra desde el momento del sangrado. De acuerdo con la Resolución 240 de 2013, si la sangre va a estar destinada para el consumo humano, su manejo debe ser independiente, higiénico y supervisado por la inspección oficial, se debe incluir drenajes exclusivos para que no se mezcle con otros residuos. En caso de no aprovecharla como comestible, la sangre no se puede verter en el alcantarillado; por lo que debe ser enviado a un establecimiento autorizado para su procesamiento industrial. Esta práctica sigue también las recomendaciones internacionales, que siguieren recolectar la sangre por separado y destinarla a usos benéficos siempre que las condiciones culturales lo permitan, evitando así que se coagule

y obstruya los drenajes (FAO, 1985).

Los demás residuos orgánicos no comestibles (vísceras rechazadas, partes condenadas, material ruminal o intestinal, estiércol de corrales), se deben manejar de modo que no representen un foco de insalubridad. Diariamente, al finalizar la jornada, se deben retirar de la planta y disponer mediante métodos seguros (Ministerio de Salud y Protección Social, 2013). La planta debe estar equipada con un sistema de incineración in situ para eliminar los decomisos de alto riesgo sanitario. Por tanto, aquellas carnes u órganos retenidos por riesgo (enfermedades, contaminación severa) se incineran bajo control, reduciendo los riesgos de propagación de patógenos. Ciertos desechos orgánico de bajo riesgo pueden enviarse a plantas de rendering externas registradas para la producción de subproductos industriales (harina de carne y hueso, cebo industrial, etc.), siempre cumpliendo con las disposiciones sanitarias. Únicamente se puede despachar subproductos no disponibles a terceros cuando la empresa sea aprobada por la autoridad competente.

7.4.3. Control de olores

Los olores ofensivos son un impacto ambiental recurrente en las plantas de beneficio debido a la naturaleza orgánica de los residuos producidos. Por lo que un control efectivo de los olores es necesario tanto para mantener un ambiente de trabajo idóneo como para evitar molestias a la comunidad aledaña.

La estrategia comienza por la prevención en la fuente, la rápida remoción y limpieza de los residuos sólidos y efluentes reducirá los olores por descomposición. Por ejemplo, la sangre y las vísceras deben retirarse y procesarse o almacenarse en

refrigeración lo antes posible, para minimizar su tiempo de exposición a temperatura ambiente. Las áreas de evisceración y corrales se deben limpiar con frecuencia para evitar la acumulación de material orgánico. Estas labores deben estar integradas en los POES diarios. (Ministerio de Salud y Protección Social, 2013; FAO, 1985).

De igual forma, se debe garantizar una ventilación adecuada en todas las secciones de la planta. La Resolución 240 de 2013 establece que se debe contar con sistemas de ventilación ya sea natural o mecánica que aseguren la renovación continua del aire, con controles de olores, humedad y temperatura. Para dar cumplimiento, se debe disponer de extractores de aire en zonas críticas para extraer olores concentrados, complementados con ventilación natural donde sea posible. Los extractores podrán canalizar el aire hacia filtros con material de absorción para neutralizar compuestos olorosos antes de su liberación al ambiente.

De igual forma, los subproductos se deben almacenar en recipientes cerrados, y en el caso de materiales de descomposición, se deben mantener en áreas refrigeradas o bajo aditivos neutralizantes, para la emanación de olores. Aunque la normativa aplicable no fija parámetros cuantitativos del olor, el control de olores tiene el objetivo general de no causar molestias ni insalubridad a la población (Ley 9 de 1979; Ley 99 de 1993).

7.4.4. Control de ruidos

La actividad de beneficio puede generar ruidos por diversas fuentes como el sonido de los animales, el funcionamiento de las máquinas y el tránsito de vehículos de carga. Por lo que en plan de control de ruidos es necesario por el respeto a la comunidad y a la salud ocupacional de los trabajadores y el bienestar animal (FAO,2019).

Se deben diseñar medidas para la atenuación acústica. La planta se debe ubicar en una zona acorde a su actividad. Estructuralmente, se pueden incorporar barreras acústicas o cerramientos perimetrales que absorban o reflejen el sonido hacia el interior. Como lo pueden ser pantallas con materias fonoabsorbente que pueden ser instalados cerca de corrales o salas de máquinas para disminuir la propagación del ruido.

En cuanto a la operación, se debe contar con un mantenimiento preventivo de la maquinaria para evitar ruidos que no sean propios de su función. Para los trabajadores expuestos a fuentes sonoras intensas, se deben implementar elementos de protección auditiva y rotación de tareas, en cumplimiento con los lineamientos de la Seguridad y la Salud en el Trabajo (SG-SST). Desde la perspectiva del bienestar animal, se debe capacitar al personal en técnicas de manejo silencioso del ganado, evitando gritos o ruidos bruscos en los corrales, esta práctica es esencial para la disminución del estrés del animal (FAO, 2019).

En términos normativos, Colombia dispone de la Resolución 0627, del año 2006, que establece los límites máximos permitidos para las emisiones de ruido ambiental (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2006). En el caso de áreas industriales se comprobará el cumplimiento mediante mediciones en la periferia de la instalación y, si es necesario, se llevarán a cabo medidas correctivas.

7.4.5. Control de plagas

La presencia de plagas en una planta de beneficio representa un grave riesgo sanitario, porque pueden contaminar la carne y transmitir enfermedades. Por lo que la legislación exige la implementación de un programa permanente de control integrado de

plagas.

Específicamente, la Resolución 240 de 2013 exige que cada planta de beneficio tenga un programa documentado enfocado en prevenir que las plagas estén presentes, se reproduzcan o encuentren refugio. Este programa tiene un enfoque integral e incluye el diagnóstico inicial, medidas de control con seguimiento constante y registros de las acciones que se han llevado a cabo (Ministerio de Salud y Protección Social, 2013). La gestión integrada de plagas (MIP) en la planta incluirá una serie de estrategias complementarias:

7.4.5.1. Diseño e infraestructura anti-plagas. Las barreras físicas se incluirán desde la construcción para evitar que las plagas entren en el establecimiento. Todas las aberturas al exterior estarán resguardadas: las puertas contarán con burletes para sellar rendijas y cierres automáticos; las ventanas, por su parte, dispondrán de vidrios fijos o mallas que faciliten la ventilación, pero que no dejen pasar insectos voladores. Los desagües contarán con sifones y rejillas apropiados para impedir que los roedores entren a través del alcantarillado. Además, el perímetro de la planta estará cercado con el fin de evitar que animales como perros, gatos o cualquier otro tipo que pueda atraer plagas puedan acceder a ella (FAO, 1985).

7.4.5.2. Manejo sanitario y orden. Un principio esencial será no atraer ni alimentar a las plagas. Para esto se implementarán rigurosas prácticas de higiene: limpieza diaria de residuos orgánicos, almacenamiento de subproductos en recipientes cubiertos y disposición frecuente de basura. Se eliminarán posibles criaderos de insectos y lugares donde los roedores puedan esconderse, manteniendo las áreas externas de la planta libres de maleza y charcos. Además, se

fijarán horarios para la recolección de residuos con el fin de impedir que estos se acumulen por mucho tiempo.

7.4.5.3. Control químico y biológico. Se debe contratar una empresa especializada será contratada para llevar a cabo desratizaciones y fumigaciones periódicas de acuerdo con un plan establecido. Este control se llevará a cabo de manera preventiva, sin esperar la aparición de infestaciones. Se dará preferencia a la utilización de productos que estén autorizados y que se encuentren ubicados de forma segura (trampas para insectos, cebos en cajas bloqueadas y numeradas, etc.), dejando constancia documental y registros según lo demandado por las exigencias de control sanitario (Ministerio de Salud y Protección Social, 2013).

7.4.5.4. Monitoreo y verificación. El programa de MIP realizará revisiones periódicas de las estaciones de control, examinará señales de plagas y evaluará tendencias (como el consumo de cebos, la detección de excrementos, entre otros). Si se detecta alguna actividad, se incrementarán las medidas y se examinará la causa, fortaleciendo los controles de higiene y estructurales.

7.4.6. Procedimiento Operativos Estandarizados de Saneamiento (POES)

Los POES son protocolos de limpieza y desinfección documentados que se llevan a cabo en la planta de manera regular con el fin de asegurar condiciones higiénicas antes, durante y después del funcionamiento. La legislación colombiana los considera un requisito sanitario que debe cumplirse obligatoriamente: según la Resolución 240 de

2013, cada planta de beneficio está obligada a crear y poner en práctica su POES con el fin de minimizar la contaminación directa o indirecta de la carne, garantizando que todas las áreas en contacto con la comida, así como las instalaciones y los equipos, estén limpias y desinfectadas antes del comienzo de las operaciones y durante estas (Ministerio de Salud y Protección Social, 2013).

El programa de MIP realizará revisiones periódicas de las estaciones de control, examinará señales de plagas y evaluará tendencias (como el consumo de cebos, la detección de excrementos, entre otros). Si se detecta alguna actividad, se incrementarán las medidas y se examinará la causa, fortaleciendo los controles de higiene y estructurales.

El programa de POES incluirá procesos minuciosos para la higiene en toda área. Incluirá actividades antes, durante y después de las operaciones. De acuerdo con la normativa, los POES tienen que detallar cada procedimiento de modo preciso, así como la frecuencia y los encargados de llevarlo a cabo (Ministerio de Salud y Protección Social, 2013). Cada proceso estará soportado por registros realizados a diario. En particular, los POES de la planta abarcarán, entre otras cosas, estos subprocesos:

7.4.6.1.Limpieza y desinfección de equipos y superficies. Al comienzo de cada jornada, todo el equipo de proceso habrá sido limpiado y desinfectado. Se establecerán rutinas para eliminar los desechos acumulados y se usarán esterilizadores de cuchillos con agua caliente en varios puestos a lo largo de la operación. El método de aplicación y la selección de desinfectantes deberán tener en cuenta el área del proceso y el tipo de superficie. Se aconsejan técnicas de verificación y aplicación controlada para prevenir la re contaminación (FAO, 1985).

7.4.6.2.Limpieza de áreas generales y drenajes. Al finalizar la jornada, se debe aplicar un protocolo de limpieza profunda, prestando especial atención a drenajes, trampas de grasa y puntos de acumulación, debido a que la acumulación de residuos puede ser foco de bacterias y malos olores (FAO, 1985). Se debe definir la frecuencia de limpieza de áreas no diarias según el cronograma. Se deben incluir procedimientos de sanitización de manos y botas al ingresar a áreas de producción.

7.4.6.3.Verificación y acciones correctivas. Se deben implementar controles microbiológicos periódicos sobre superficies, así como registros diarios. Si se evidencian no conformidades, se deben ejecutar acciones correctivas (repetición de limpieza, ajuste de concentraciones, capacitación), conforme a la lógica de verificación y mejora continua de los programas de saneamiento (FAO, 1985). La implementación de los POES es fundamental, ya que una higiene deficiente puede favorecer la persistencia de contaminación en superficies y equipos, por lo que la verificación y el control documentado son esenciales para el proyecto. (FAO, 1985).

7.4.7. Buenas Prácticas de Manufactura (BPM)

Las Buenas Prácticas de Manufactura (BPM) son un conjunto de normas y métodos generales relacionados con la higiene y la manipulación que se utilizan en toda la cadena de producción para asegurar que los productos sean seguros y de calidad. En el ámbito de una planta de procesamiento de animales, las BPM incluyen todo, desde las instalaciones y el equipo de sanidad, hasta el manejo correcto de los procesos y la higiene personal de los empleados. La adopción de BPM está integrada en el conjunto de requisitos necesarios para

la habilitación sanitaria, junto con los Procedimientos Operativos Estandarizados de Saneamiento (POES) y la gestión de plagas (Ministerio de Salud y Protección Social, 2013).

Entre las principales BPM que se adoptarán en la planta, se destacan:

- Diseño higiénico y flujo del proceso: La distribución física seguirá el principio de separación de áreas sucias y limpias, con un flujo unidireccional, evitando contaminación cruzada (Ministerio de Salud y Protección Social, 2013).
- Control de insumos y materias primas: Solo se aceptarán animales con documentación sanitaria verificable, y se realizará inspección ante-mortem y post-mortem por personal competente (Ministerio de Salud y Protección Social, 2013).
- Higiene del personal y capacitación: Se implementarán reglas estrictas de higiene personal, dotación adecuada y capacitación periódica, con controles de cumplimiento.
- Limpieza, desinfección y mantenimiento: Además de POES, se implementará mantenimiento preventivo de equipos para evitar fallas que comprometan la higiene y la inocuidad.
- Trazabilidad y control de calidad: Se mantendrán registros por lotes, identificación del producto y verificación microbiológica según el esquema de control del establecimiento.

En conjunto, estas prácticas establecen un sistema que previene problemas relacionados con la seguridad alimentaria. Sirven como base para la implementación de programas más detallados como HACCP, y facilitan la habilitación formal del proyecto

por parte de la autoridad sanitaria (Ministerio de Salud y Protección Social, 2013).

8. Análisis organizacional preliminar

El análisis organizacional preliminar tiene como objetivo definir la estructura básica de personal que permita la operación eficiente, sanitaria y administrativa de la planta de beneficio porcino, acorde con la capacidad de diseño establecida anteriormente y cumpliendo los requerimientos normativos vigentes.

Debido a que el proyecto se encuentra en una etapa de prefactibilidad, la estructura propuesta no corresponde a una organización definitiva ni altamente jerarquizada, sino que corresponde a un esquema funcional mínimo, escalable y coherente con el nivel de operación proyectado, priorizando los cargos críticos para la continuidad del proceso productivo, el control sanitario y la gestión administrativa.

8.1. Estructura organizacional propuesta

8.1.1. Criterios para el diseño de la estructura organizacional

La estructura organizacional que se propone para la planta de beneficio se diseñó con base en criterios técnicos, sanitarios y operativos, coherentes con la capacidad de diseño del proyecto (61 cerdos/día) y el marco normativo vigente para las plantas de beneficio en Colombia.

Uno de los criterios más importantes, es la naturaleza regulada del proceso de beneficio animal, que exige una clara diferenciación de responsabilidades entre

producción, inspección sanitaria e inocuidad. En una planta de beneficio porcino la toma de decisiones no se puede centrar únicamente en el área operativa, ya que existen funciones como la inspección veterinaria y el control sanitario que deben mantener independencia técnica para proteger la salud pública.

Adicionalmente, el diseño organizacional corresponde con la separación funcional de las áreas entre zonas sucias y limpias, principio que influye tanto en el diseño físico de la planta como en la organización del trabajo. Cada etapa del proceso debe contar con responsables claros, evitando el cruce de funciones que puedan generar riesgos de contaminación cruzada o pérdida de trazabilidad.

Por último, se adoptó un criterio de escalabilidad, de modo que la estructura se pueda ampliar en un futuro sin requerir un rediseño completo del esquema organizacional, en caso de incrementarse la capacidad de sacrificio o incorporarse nuevas líneas de proceso.

8.1.2. Modelo organizacional general adoptado

Basado en los criterios anteriores, se propone una estructura organizacional de tipo funcional, que se caracteriza por una jerarquía sencilla y por la agrupación de cargos según funciones clave del proceso. Este es un modelo adecuado para el proyecto, ya que la especialización funcional permite un mayor control del proceso sin generar niveles jerárquicos innecesarios.

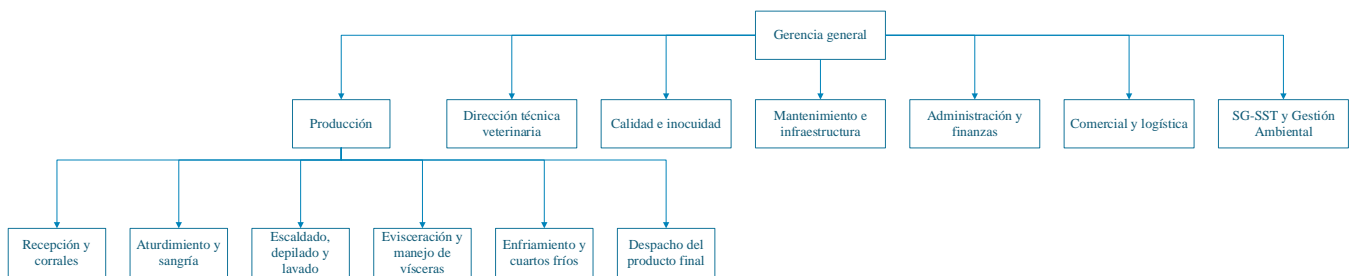
La estructura consta de tres niveles principales: el nivel estratégico, conformado por la dirección general de la planta; un nivel táctico, conformado por las jefaturas funcionales; y un nivel operativo, integrado por el personal encargado de desarrollar las

actividades propias del proceso de beneficio y servicios de apoyo. La interacción entre estos niveles permite una toma de decisiones ágil y una supervisión directa de las operaciones críticas.

8.1.3. Organigrama propuesto

Con base en todos los criterios definidos anteriormente y las características técnicas del proceso, se diseñó la estructura organizacional que esta propuesto a continuación, en dicha figura se ilustra la estructura organizacional encabezada por la gerencia general y la distribución de las principales áreas funcionales, así como la desagregación del área de producción de acuerdo con las etapas del proceso productivo.

Figura 56
Organigrama general de la planta de beneficio porcino



En el esquema, la Gerencia General se establece como la máxima autoridad organizacional, responsable de la dirección estratégica del establecimiento, la asignación de los recursos y la supervisión integral del cumplimiento normativo.

Debajo de la gerencia general se ubican las áreas funcionales consideradas críticas para la operación de la planta. Una de ellas corresponde al área de producción, que se encarga de ejecutar el proceso de beneficio porcino. Esta área está organizada conforme a

la secuencia técnica del proceso productivo, abarcando desde la recepción del animal hasta el despacho del producto final.

De manera paralela se encuentra la Dirección Técnica Veterinaria, cuyo objetivo es ejercer el control sanitario pertinente del proceso mediante la inspección ante-mortem y post-mortem, la evaluación de la aptitud de los canales y las vísceras y la toma de decisiones sobre decomisos. Se encuentra al mismo nivel de producción ya que responde a la necesidad de garantizar la independencia técnica de las decisiones sanitarias, evitando que los criterios operativos interfieran con el cumplimiento de los requisitos de salud pública.

También, se incorpora un área de Calidad e Inocuidad, cuyo objetivo es la implementación y seguimiento de las BMP y los POES. Esta área actúa transversalmente sobre todo el proceso productivo, verificando que las condiciones higiénicas se mantengan antes, durante y después de la operación, y que los procedimientos de limpieza y desinfección se lleven a cabo de la manera adecuada.

Se contempla también, un área de Mantenimiento e Infraestructura, para encargarse de asegurar la disponibilidad y el correcto funcionamiento de los diferentes quipos, los sistemas de refrigeración y la infraestructura sanitaria.

Desde el punto de vista administrativo, se define un departamento de Administración y Finanzas, será la responsable de la gestión del talento humano, las compras, el control de costos, la contabilidad y la facturación del servicio.

Adicionalmente, se incluye un área Comercial y de Logística, con el objetivo de programar el sacrificio, la coordinación con los productores y el despacho final del producto.

Por último, se incluye también el área de Seguridad y Salud en el Trabajo y Gestión Ambiental, responsable de la prevención de riesgos laborales y del cumplimiento de los programas relacionados con el manejo de residuos, vertimientos, control de plagas, olores y ruido.

8.2. Descripción general de cargos

La estructura organizacional propuesta para el proyecto se desarrolla definiendo los cargos necesarios para la operación, el control sanitario y el soporte administrativo del proceso productivo. En esta sección se presenta una descripción general de los cargos asociados a cada área funcional, para establecer sus responsabilidades y su relación con el proceso de sacrificio.

8.2.1. Área de Producción

El área de producción es el núcleo operativo del proyecto, ya que en ella se desarrollan de forma directa todas las actividades propias del proceso de sacrificio y faenado. El diseño de estos cargos corresponde a la secuencia técnica del proceso productivo y la necesidad de asignar responsabilidades específicas a cada una de las etapas.

La estructuración de los cargos de producción se debe realizar conforme al flujo físico de proceso, desde la recepción hasta el despacho del producto final, permitiendo una supervisión de cada fase y reduciendo el riesgo de errores operativos y contaminación cruzada.

Cargos del área:

- Jefe de producción: Es el responsable de coordinar de forma integral la operación productiva de la planta. Entre sus funciones se encuentra la planificación diaria del sacrificio, la asignación del personal a cada etapa del proceso, la supervisión del cumplimiento de los procesos operativos y la articulación con las áreas de inspección sanitaria, calidad, mantenimiento y logística. Este cargo tiene autoridad directa sobre el personal operativo y es responsable de que la producción se ejecute conforme a la capacidad instalada, los tiempos establecidos y las condiciones sanitarias exigidas.
- Operario de Recepción y Corrales: Tiene a su cargo el manejo de animales vivos desde su ingreso a la planta hasta su conducción al área de sacrificio. Sus funciones incluyen la recepción de los animales, su ubicación en corrales, el control básico de bienestar animal y el apoyo a la inspección ante-mortem. Este cargo garantiza que los animales ingresen al proceso en condiciones adecuadas y conforme a la programación definida.
- Operario de Aturdimiento: Se responsabiliza específicamente de la operación de aturdimiento de los animales, utilizando el sistema de aturdimiento eléctrico conforme a los parámetros establecidos. Este cargo debe asegurar la pérdida inmediata de la consciencia antes del inicio de la sangría, verificando la correcta aplicación del procedimiento.
- Operación de Sangría: Se responsabiliza exclusivamente de la ejecución inmediata del sangrado posterior al aturdimiento. Este cargo es el encargado de realizar la incisión adecuada para garantizar un sangrado

eficiente y completo. La coordinación con el operario de aturdimiento es fundamental, ya que el sangrado debe realizarse en el menor tiempo posible tras el aturdimiento del animal.

- Operario de Escaldado y Depilado: Es el responsable de la operación de los equipos de escaldado y depilado, asegurando que estas etapas tengan un desarrollo uniforme y conforme los parámetros establecidos. Su función es la preparación del canal para etapas posteriores, contribuyendo con la eliminación adecuada del pelo.
- Operario de Lavado Intermedio de Canal: Tiene como función la limpieza de la canal posterior al depilado, eliminando residuos visibles y reduciendo la carga superficial antes de la evisceración. Este cargo actúa como un punto de control higiénico dentro del proceso productivo.
- Operario de Evisceración y Manejo de Vísceras: Es el encargado de la extracción de las vísceras, de la separación inicial y su conducción hacia las áreas correspondientes, bajo supervisión sanitaria. Este cargo necesita precisión técnica para evitar rupturas del tracto digestivo y prevenir la contaminación cruzada, adicionalmente debe facilitar la inspección post-mortem de órganos y canales.
- Operario de Lavado Final y Conformación del canal: Es responsable de la limpieza final de la canal y de su conformación antes de su ingreso a los sistemas de transporte interno y enfriamiento. Se debe asegurar que el producto cumpla con las condiciones higiénicas requeridas antes de pasar a las áreas limpias del establecimiento.

- Operación de Enfriamiento y Cuartos Fríos: Es el cargado del manejo de las canales dentro de los cuartos de enfriamiento y conservación, apoyando el control de tiempos de permanencia según la temperatura del producto, la organización interna de las cámaras frigoríficas y la correcta disposición del producto conforme a la programación definida.
- Operario de Despacho: Es el responsable del apoyo en la salida del producto final, coordinando con el área de logística la preparación, verificación y entrega de las canales, asegurando que el despacho se realice de manera ordenada y conforme a los requerimientos del cliente.

8.2.2. Área de Inspección Sanitaria

El área de inspección sanitaria tiene una función fundamental dentro de la planta de beneficio porcino, ya que se encarga de garantizar que el proceso de sacrificio y faenado se lleve a cabo conforme a los requisitos de salud pública, bienestar animal e inocuidad establecidos por la normatividad vigente. Dado su carácter regulado, esta área incluye cargos cuya presencia es obligatoria para la operación formal del establecimiento.

Cargos del área:

- Director Técnico Veterinario: Es el encargado del control sanitario del proceso, incluyendo la inspección ante-mortem y post-mortem, la evaluación de canales y vísceras, la determinación de decomisos y la verificación del cumplimiento de los requisitos sanitarios exigidos por la autoridad competente. Este cargo debe actuar con independencia técnica frente al área de producción y ejerce autoridad sanitaria dentro de la

planta.

- **Auxiliar de Inspección Sanitaria:** Su función es de apoyo al Director Técnico Veterinario en las actividades de inspección, el registro de hallazgos sanitarios y el control documental asociado al proceso de beneficio, facilitando la ejecución de las labores de inspección durante la operación.

8.2.3. Área de Calidad e Inocuidad

El área de inspección sanitaria tiene una función fundamental dentro de la planta de beneficio porcino, ya que se encarga de garantizar que el proceso de sacrificio y faenado se lleve a cabo conforme a los requisitos de salud pública, bienestar animal e inocuidad establecidos por la normatividad vigente. Dado su carácter regulado, esta área incluye cargos cuya presencia es obligatoria para la operación formal del establecimiento. El área de calidad e inocuidad tiene la finalidad de asegurar que las condiciones higiénicas del establecimiento se mantengan antes, durante y después del proceso de beneficio, complementando la función de inspección sanitaria mediante la aplicación de programas preventivos.

Cargos del área:

- **Responsable de Calidad e Inocuidad:** Tiene la responsabilidad de coordinar la implementación y seguimiento de las Buenas Prácticas de Manufactura y los Procedimientos Operativos Estandarizados de Saneamiento, también se encarga de verificar el cumplimiento de las condiciones higiénicas del proceso y gestionar los registros asociados.

- Personal de apoyo en saneamiento: Es responsable de llevar a cabo las actividades de limpieza y desinfección en las diferentes áreas de la planta, conforme a los POES establecidos y bajo la supervisión del responsable del área.

8.2.4. Área de Mantenimiento e Infraestructura

El área de mantenimiento e infraestructura tiene el objetivo de garantizar la disponibilidad operativa de los equipos, instalaciones y servicios industriales necesarios para el funcionamiento continuo de la planta.

Cargos del área:

- Responsable de Mantenimiento e Infraestructura: Es el encargado de coordinar las actividades de mantenimiento preventivo y correctivo de los equipos de proceso, los sistemas de refrigeración y la infraestructura sanitaria, contribuyendo a la continuidad operativa del proceso productivo.
- Personal técnico de mantenimiento: Apoya el desarrollo de tareas mecánicas, eléctricas y de soporte básico, de acuerdo con las necesidades de la operación.

8.2.5. Área Administrativa y Financiera

El área administrativa y financiera es la encargada de proporcionar el soporte organizacional y económico necesario para la operación de la planta de beneficio porcino, asegurando el cumplimiento de las obligaciones administrativas, laborales y financieras.

Cargos del área:

- Responsable Administrativo y Financiero: Se encarga de la gestión administrativa general, el control contable y financiero, la facturación del servicio y el apoyo a la toma de decisiones administrativas.
- Auxiliar Contable y Financiero: Su objetivo es apoyar en las actividades de registro contable, control de ingresos y egresos y elaboración de reportes financieros básicos.
- Auxiliar Administrativo: Responsable de la gestión documental, archivo y apoyo administrativo general.

8.2.6. Área Comercial y Logística

El área comercial y logística se encarga de articular la operación productiva de la planta con la programación del servicio de beneficio y el despacho del producto final.

Cargos del área:

- Responsable Comercial y de Logística: Su función es coordinar la programación del sacrificio, la comunicación con productores y clientes, la recepción de la documentación asociada a los animales y la organización del despacho del producto final.
- Auxiliar de Programación y Recepción Documental: Su función es apoyar la gestión documental de los animales y el control de lotes ingresados a la planta, contribuyendo a la trazabilidad del proceso.
- Auxiliar Logístico de Despacho: Se encarga de apoyar la organización y ejecución del despacho del producto final, en coordinación con el área de

producción.

8.2.7. Área Comercial y Logística

Esta área tiene la finalidad de integrar las funciones relacionadas con la prevención de riesgos laborales y la gestión de los impactos ambientales asociados a la operación de la planta.

Cargos del área:

- Responsable de Seguridad y Salud en el Trabajo y Gestión Ambiental: Es encargado de coordinar la implementación de los programas de seguridad laboral y gestión ambiental, incluyendo el manejo de residuos, vertimientos, control de plagas, olores y ruido, en cumplimiento de la normatividad vigente.
- Personal de apoyo o servicios externos especializados: Su objetivo es apoyar la ejecución de actividades específicas de control, capacitación y seguimiento, según la escala de operación de la planta.

8.3. Requerimientos de personal de producción

8.3.1. Enfoque y criterio de cálculo

Debido a que el procesamiento de beneficio porcino es el componente con una mayor definición del proyecto (secuencia operativa, equipos y operaciones), el dimensionamiento cuantitativo se enfoca exclusivamente en el área de Producción. Para ello, se aplica un método de balance de carga-capacidad, en el cual cada puesto se

dimensiona comparando:

- Carga diaria de trabajo del puesto (minutos-hombre/día)
- Tiempo efectivo disponible de operación (minutos/día)

La estimación se apoya en parámetros técnicos de referencia para tiempos críticos del procesamiento (aturdimiento, sangría, escaldado), y en tiempos-hombre operativos (carga, descarga, ejecución manual y control) para actividades que dependen del nivel de mecanización y de la práctica real de planta.

8.3.2. Datos de base de diseño

- Capacidad operativa de diseño: N=61 porcinos/día
- Jornadas: 7 hora/día= 420 min/día
- Factor de eficiencia (n): 85%

Tiempo efectivo disponible por operario:

$$\text{Tiempo disponible} = 420 \times 85\% = 357 \frac{\text{min}}{\text{dia}}$$

Adicionalmente se calcula, como referencia, el tiempo de ritmo global, por lo que el tiempo promedio disponible por animal es:

$$\text{Ritmo global} = \frac{\text{Tiempo disponible}}{N} = \frac{357}{61} = 5,85 \frac{\text{min}}{\text{animal}}$$

8.3.3. Formulas aplicables al proceso

Para cada puesto de trabajo *i*:

- 1) Tiempo-hombre por unidad (supuesto técnico): T_i (min/animal)

- 2) Carga diaria de trabajo (minutos-hombre/día):

$$Carga\ diaria = N \times Ti$$

- 3) Número de operarios requeridos:

$$\#\ operarios = \frac{Carga\ diaria}{Tiempo\ disponible}$$

- 4) Puestos no fusionables: Aunque el cálculo arroje una carga baja, ciertos puestos deben existir de manera separada por secuencia inmediata. Específicamente, en el caso de aturdimiento y sangrado se deben separar debido a que el sangrado debe iniciar dentro del menos tiempo posible posterior al aturdimiento.

8.3.4. Justificación técnica de cada Ti por puesto de trabajo

- a) Recepción y corrales: En este centro de trabajo se desarrollan micro tareas como, la apertura y cierre de compuertas, guiado del animal hacia el pasillo/box, verificación rápida de lote y condiciones básicas del animal, ajustes operativos como lo pueden ser la reubicación de un animal o evitar el retroceso del mismo. Por lo que se asigna 1 min como valor conservador para no subestimar el tiempo de manejo por animal
- b) Aturdimiento: Las micro tareas llevadas a cabo en este centro de trabajo constan principalmente del posicionamiento de los electrodos y la activación del ciclo, y la verificación de la reacción inmediata, por lo que se toma el parámetro máximo definido en la literatura de 10 segundos, equivalentes a 0,17 min/animal.

- c) Sangría: Este puesto consta principalmente de las siguientes micro tareas, realizar la incisión, asegurar el sangrado correcto y liberar y confirmar la continuidad, el tiempo de sangría total puede tardar hasta 6 minutos, sin embargo, el tiempo directo que debe invertir el trabajador se concentra únicamente en la ejecución del corte y el aseguramiento inicial del animal. Por lo que se asigna un tiempo de 0,50 min/animal.
- d) Escaldado y depilado: Las micro tareas que hacen parte de este centro de trabajo son principalmente, cargar al animal al sistema, controlar el ciclo, cargar en el sistema de depilado y descargar y transferir, por lo que, aunque el proceso de escaldado suele tardar 6 minutos, el operario no permanece la totalidad del tiempo realizando una acción directa sobre el animal, por lo que se asigna 1 min/animal.
- e) Lavado intermedio: Este centro de trabajo consta de las siguientes micro tareas, ubicación del animal en el sistema de limpieza, de ser necesario un enjuague adicional para retirar residuos post-depilado, y finalmente una revisión rápida del animal, por tanto, se asigna un tiempo de 0,5min/animal.
- f) Evisceración y manejo de vísceras: Este centro de trabajo cuenta con el trabajo manual más crítico, ya que se compone de la apertura controlada y extracción de las vísceras, separación y organización inicial para la inspección y el manejo cuidadoso del producto para evitar la contaminación cruzada. Se adopta un tiempo aproximado de 4 min/animal como tiempo de trabajo directo, reconociendo que es una de las fases más

delicada para la inocuidad del producto.

- g) Lavado final y conformación del canal: Este puesto de trabajo desarrolla las siguientes micro tareas, el lavado final y la verificación final, la apertura del canal y los ajustes menores para la transferencia del frío, se estima un tiempo de 1 min/animal.
- h) Cuartos fríos: En este centro de trabajo las tareas constan de transferir, ubicar, separar y ordenar los canales que están listos para el proceso de enfriamiento y refrigeración. Se estima un tiempo aproximado de 1 min/animal.
- i) Apoyo al despacho: Este centro de trabajo es el encargado del alistamiento, la verificación básica del producto final y el apoyo a la carga del producto, se estima un tiempo aproximado 1,5min/animal.

8.3.5. Cálculo por puesto de trabajo

a) Recepción y corrales

- Tiempo asignado: $t = 1 \text{ min/animal}$
- Carga diaria de trabajo: $C = 61 \times 1 = 61 \frac{\text{min}}{\text{dia}}$
- Numero de operarios: $\#operarios = \frac{61}{357} = 0,1709 \sim 1$

El resultado muestra que un operario es suficiente para atender las labores de recepción y manejo en corrales durante la jornada diaria. El tiempo asignado incorpora actividades de guiado, control y ajustes operativos, propias del manejo animal, y permite realizar el proceso sin generar acumulaciones o estrés adicional en los animales.

b) Aturdimiento

- Tiempo asignado: $t = 0,17 \text{ min/animal}$
- Carga diaria de trabajo: $C = 61 \times 0,17 = 10,37 \frac{\text{min}}{\text{dia}}$
- Numero de operarios: $\# \text{operarios} = \frac{10,37}{357} = 0,029 \sim 1$

Aunque la carga diaria de trabajo es baja, es necesario un operario exclusivo para el área de aturdimiento debido al carácter crítico del proceso. Este puesto no se puede fusionar con la sangría, debido que el tiempo de espera entre el aturdimiento y la sangría debe ser el mínimo posible.

c) Sangría

- Tiempo asignado: $t = 0,50 \text{ min/animal}$
- Carga diaria de trabajo: $C = 61 \times 0,50 = 30,50 \frac{\text{min}}{\text{dia}}$
- Numero de operarios: $\# \text{operarios} = \frac{30,50}{357} = 0,085 \sim 1$

El cálculo demuestra que el operario dedicado es suficiente para ejecutar la sangría diaria. A pesar de que el proceso total de sangrado se prolonga varios minutos, el tiempo directo de intervención del trabajador se limita a la incisión y aseguramiento inicial, lo que justifica el tiempo adoptado y la dotación resultante.

d) Escaldado y depilado

- Tiempo asignado: $t = 1 \text{ min/animal}$
- Carga diaria de trabajo: $C = 61 \times 1 = 61 \frac{\text{min}}{\text{dia}}$
- Numero de operarios: $\# \text{operarios} = \frac{61}{357} = 0,17 \sim 1$

El tiempo asignado considera únicamente las tareas de carga, control del ciclo, transferencia al sistema de depilado y descarga. Aunque el proceso térmico dura más tiempo, el trabajador no se mantiene todo el tiempo aplicando acciones directas durante

todo el ciclo, por lo que un operario es suficiente para garantizar la continuidad del proceso.

e) Lavado intermedio

- Tiempo asignado: $t = 0,50 \text{ min/animal}$
- Carga diaria de trabajo: $C = 61 \times 0,50 = 30,50 \frac{\text{min}}{\text{dia}}$
- Numero de operarios: $\# \text{operarios} = \frac{30,5}{357} = 0,08 \sim 1$

Este puesto tiene una carga de trabajo moderada relacionada con la limpieza posterior al depilado y a la verificación visual del animal. El tiempo adoptado permite asegurar condiciones higiénicas adecuadas. Aunque la carga de trabajo es moderada esta área no se puede fusionar con el proceso de evisceración y manejo de vísceras debido a que esta se considera un área sucia.

f) Evisceración y manejo de vísceras

- Tiempo asignado: $t = 4 \text{ min/animal}$
- Carga diaria de trabajo: $C = 61 \times 4 = 244 \frac{\text{min}}{\text{dia}}$
- Numero de operarios: $\# \text{operarios} = \frac{244}{357} = 0,683 \sim 1$

La evisceración es el puesto de trabajo con una mayor carga de trabajo directo debido a su complejidad y relevancia sanitaria. Sin embargo, el cálculo indica que un operador puede cubrir la carga diaria dentro del tiempo efectivo disponible, siempre que se mantenga ordenado y sin interrupciones. En escenarios de aumento de capacidad, debe ser uno de los primeros puestos a reforzar.

g) Evisceración y manejo de vísceras

- Tiempo asignado: $t = 4 \text{ min/animal}$

- Carga diaria de trabajo: $C = 61 \times 4 = 244 \frac{\text{min}}{\text{dia}}$
- Numero de operarios: $\#operarios = \frac{244}{357} = 0,683 \sim 1$

La evisceración es el puesto de trabajo con una mayor carga de trabajo directo debido a su complejidad y relevancia sanitaria. Sin embargo, el cálculo indica que un operador puede cubrir la carga diaria dentro del tiempo efectivo disponible, siempre que se mantenga ordenado y sin interrupciones. En escenarios de aumento de capacidad, debe ser uno de los primeros puestos a reforzar.

h) Cuartos fríos

- Tiempo asignado: $t = 1 \text{ min/animal}$
- Carga diaria de trabajo: $C = 61 \times 1 = 61 \frac{\text{min}}{\text{dia}}$
- Numero de operarios: $\#operarios = \frac{61}{357} = 0,17 \sim 1$

Las tareas de colgado, ordenamiento y separación de canales representan una intervención breve por unidad. El cálculo confirma que un operario puede asumir estas funciones sin afectar el ritmo del proceso de enfriamiento.

i) Apoyo al despacho

- Tiempo asignado: $t = 1,5 \text{ min/animal}$
- Carga diaria de trabajo: $C = 61 \times 1,5 = 91,5 \frac{\text{min}}{\text{dia}}$
- Numero de operarios: $\#operarios = \frac{91,5}{357} = 0,25 \sim 1$

Aunque la carga de trabajo diaria no es intensa, se considera que este puesto garantiza la preparación y retirada ordenada del producto. En la práctica, este rol se puede integrar con el de operador de cámara frigorífica cuando el transporte se realiza el mismo día y no hay picos operativos.

El análisis numérico muestra que, para la capacidad establecida, la operación puede llevarse a cabo con un operario en cada puesto de trabajo del proceso productivo. Debido a la separación que se debe tener en ciertos puestos de trabajo para el cumplimiento de las razones técnicas y sanitarias, estos puestos quedan subutilizados lo que permite ampliar la capacidad productiva, sin la necesidad de incrementar operarios en la mayoría de los puestos de trabajo.

9. Conclusiones

9.1. Conclusiones por eje de análisis

9.1.1. Conclusiones técnicas

El análisis técnico del proyecto confirma la viabilidad de establecer una planta de beneficio porcino en Santander cumpliendo estándares de inocuidad, eficiencia y sostenibilidad. La capacidad de diseño propuesta resulta coherente con la demanda proyectada y permitirá absorber una proporción significativa del sacrificio porcino que hoy se realiza de forma informal en el área metropolitana de Bucaramanga. La ingeniería del proceso y los equipos que se seleccionaron garantizan el cumplimiento de la normativa sanitaria nacional, incluyendo requisitos de diseño higiénico, separación entre áreas limpias y sucias, refrigeración adecuada y el control de los procesos exigidos por el INVIMA. Específicamente, se propone la incorporación de una Planta de Tratamiento de Aguas Residual (PTAR) y un plan de manejo de subproductos para garantizar una

disposición ambientalmente segura de efluentes y desechos, en estricto cumplimiento de la Resolución 0631 de 2015 del Ministerio de Ambiente y de la Resolución 240 de 2013.

La implementación de programas HACCP y POES desde el inicio de las operaciones fortalecer el control de los puntos críticos, minimizando el riesgo de contaminación microbiológica del producto. De igual manera, el diseño técnico incorpora prácticas de bienestar animal (insensibilización eléctrica, corrales de descanso previo) conforme a los lineamientos internacionales (FAO, 2008; 2019), lo que no solo robustece la ética del proceso, sino que reduce las pérdidas de peso y mejora la calidad del canal en comparación con las prácticas tradicionales. Un hallazgo importante es que, gracias a la selección de maquinaria, la operación se puede llevar a cabo con un personal reducido pero especializado, sin que se afecte la productividad; de hecho, ciertos puestos quedan subutilizados, lo que permitiría un margen para ampliar el procesamiento diaria sin necesidad inmediata de nuevas contrataciones.

En síntesis, desde el eje técnico se concluye que el proyecto es sólidamente factible, ya que llenaría la brecha de infraestructura certificada en la región, permitiendo formalizar el proceso con estándares de inocuidad elevados y mitigando los riesgos sanitarios y ambientales asociados al sacrificio informal. La materialización de este proyecto dotará al departamento de una infraestructura moderna para garantizar la calidad sanitaria del producto, aportando confianza a los clientes y protegiendo la salud pública.

9.1.2. Conclusiones organizativas

En el eje organizativo, el estudio establece una estructura adecuada para operar la planta de beneficio con eficiencia y control. Se diseñó un modelo estructural de tipo

funcional, con una jerarquía clara que distribuye las responsabilidades en áreas clave: dirección general, producción, aseguramiento de la calidad sanitaria, logística-comercial, mantenimiento y administración.

Cada etapa del proceso productivo cuenta con personal encargado específico, para evitar que el cruce entre funciones que puedan comprometer la inocuidad o eficiencia. El análisis organizativo muestra que, con la dotación de personal planteada, la planta podrá operar a la capacidad proyectada manteniendo los estándares exigidos.

Se resalta la importancia de la capacitación continua del talento humano debido a que muchas prácticas de inocuidad y bienestar animal dependen del correcto proceder del personal, por lo que se contempla la capacitación en normas sanitarias (HACCP, BPM, POES) y seguridad industrial, en concordancia con la normativa laboral vigente (Ministerio del Trabajo, 2015).

No se evidencian vacíos en funciones críticas, ya que todas las tareas desde la recepción hasta la entrega final de los canales y gestión ambiental se asignaron lo que asegura un funcionamiento coordinado. Esto significa que la planta contará con los recursos humanos y procedimentales suficientes para dar cumplimiento al proceso productivo, las obligaciones legales administrativas y responder a eventuales contingencias operativas.

9.1.3. Conclusiones comerciales

Desde la perspectiva comercial, el estudio concluye que existe un mercado potencial sólido y actualmente desatendido para el servicio de sacrificio formal en Santander. El departamento cuenta con una base pecuaria sólida significativa con

aproximadamente 172.000 porcino, sin embargo, carece de acceso local a una planta de beneficio certificada, lo cual se refleja en una alta tasa de sacrificio informal y en la dependencia de plantas ubicadas en departamentos aledaños.

La demanda insatisfecha se estima 34.770 y 52.156 porcinos por año que requieren sacrificio en el departamento, este flujo animal actualmente es sacrificado, en su mayoría de manera informal, aunque estas prácticas cubren la necesidad inmediata de los porcicultores, los mantienen al margen de los canales formales. El proyecto busca capitalizar esta oportunidad, ofreciendo una alternativa legal y técnicamente adecuada para el procesamiento porcino.

El análisis del consumo y producción de cerdo muestran tendencias favorables que refuerzan la viabilidad comercial: a nivel nacional, el consumo per cápita de carne de cerdo alcanzó 14,7 kg/hab/año y la producción anual creció 7,8% en 2024, lo que muestra un mercado en expansión.

En el departamento de Santander, el crecimiento del sector ha estado reprimido por la falta de infraestructura y formalización del sector, hoy más del 56% del sacrificio se concentra en Antioquia y Valle del Cauca, mientras que Santander aporta una fracción mínima al beneficio registrado (DANE-ESAG, 2025), lo que genera sobre costos logísticos a los porcicultores que deben trasladar sus animales a otras regiones. Si bien las proyecciones de demanda del servicio son conservadoras, teniendo en cuenta que el paso de la informalidad a la formalidad no será inmediato, debido a la inercia en las prácticas tradicionales. El ritmo de crecimiento escalonado que fue establecido, es razonable y sustentado en experiencias sectoriales, debido a que los porcicultores tienden a evaluar gradualmente los beneficios de la formalización, antes de abandonar por completo los

canales informales. No obstante, es de esperar una migración creciente hacia el uso de la planta.

De hecho, contar con una planta de beneficio certificada permitiría a la carne de cerdo de la región acceder a mercados de alto valor que actualmente no le son accesibles: grandes cadenas de supermercados, canales institucionales e incluso mercados de exportación, todos los cuales requieren trazabilidad del producto y certificación sanitaria oficial. Según Portafolio, la estandarización del proceso de sacrificio es un requisito previo para la participación en programas de abastecimiento institucional y grandes cadenas minoristas. En este sentido, la instalación no solo generaría ingresos a través de sus servicios, sino que también actuaría como catalizador para mejorar el valor agregado y la reputación de la industria porcina santandereana, elevándola a los estándares de calidad requeridos para que la carne de cerdo colombiana tenga éxito en los mercados nacionales e internacionales (Portafolio, 2025).

Finalmente, analizando la competencia, el proyecto enfrentaría competencia limitada en la región, ya que, al ser una infraestructura única en el departamento, captaría la mayoría de flujo de sacrificio que hoy no está formalizado en la región. En conclusión, los aspectos comerciales demuestran el atractivo del proyecto en el mercado: un gran grupo de clientes potenciales requiere el servicio, las tendencias ambientales favorables y la formalización brindarán a los productores locales una ventaja competitiva a largo plazo, respaldando su viabilidad comercial y el impacto positivo anticipado en la industria porcina regional.

En conclusión, los aspectos comerciales demuestran el atractivo del proyecto en el mercado: un gran grupo de clientes potenciales requiere el servicio, las tendencias

favorables del mercado y la formalización brindarán a los productores locales una ventaja competitiva a largo plazo, respaldando su viabilidad comercial y el impacto positivo anticipado en la industria porcina regional.

9.1.4. Conclusiones legales

En el aspecto legal y normativo, el proyecto evidencia una alta coherencia con el marco jurídico vigente y una clara viabilidad para cumplir los requisitos exigidos para la formalización del sacrificio porcino. El proyecto responde directamente por el Decreto 1500 de 2007, que exige el sacrificio de animales para consumo humano se realice exclusivamente en plantas de beneficio en plantas autorizadas y certificadas por la autoridad competente (Congreso de la República, 2007), esta condición no se cumple actualmente en Santander debido a la ausencia de estructura habilitada.

El análisis normativo realizado indica que las autorizaciones y licencias indispensables para operar el proyecto son factibles desde un punto de vista técnico y no son obstáculos insuperables. En particular, desde su etapa de diseño, el proyecto incluye estrategias para el manejo ambiental que facilitan la obtención de la licencia ambiental de acuerdo con la Ley 99 de 1993, así como la adherencia a los requisitos sanitarios específicos mencionados en la Resolución 240 de 2013. Esto incluye la inspección veterinaria oficial continua, programas documentados de limpieza y desinfección, trazabilidad y un control integral de la inocuidad (Ministerio de Salud y Protección Social, 2013).

Además, la estructura legal y organizativa propuesta se adapta a la legislación empresarial y laboral actual, a través de la creación de una Sociedad por Acciones

Simplificada (Ley 1258 de 2008) y la implementación del Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo, siguiendo lo estipulado en el Decreto 1072 de 2015, asegurando un entorno formal y seguro para los trabajadores. En este marco, el proyecto se encuadra en las políticas públicas nacionales que buscan modernizar la cadena cárnica y eliminar el sacrificio ilegal, integrando a Santander dentro del Sistema Oficial de Inspección, Vigilancia y Control.

En resumen, el componente legal respalda que el proyecto es viable en términos jurídicos y es socialmente relevante, ya que no solo se ajusta a la normativa vigente, sino que también ayuda a fortalecer la legalidad, la trazabilidad y la defensa de la salud pública en la industria porcina regional, creando condiciones propicias para un desarrollo productivo formal y sostenible.

9.2. Recomendaciones para la formalización del sacrificio porcino en Santander

Asegurar la implementación rigurosa del proyecto: Se sugiere llevar a cabo la construcción y el inicio de la planta cumpliendo completamente con las normas técnicas y de salud establecidas. Esto requiere seguir las buenas prácticas en la construcción sanitaria y realizar las pruebas de calibración de equipos y sistemas bajo la supervisión de expertos en inocuidad. El cumplimiento estricto de la normativa desde el inicio ayudará a obtener rápidamente la certificación del matadero por parte del INVIMA y generará confianza entre los productores y consumidores locales. Además, se aconseja comenzar lo antes posible con los trámites para la licencia ambiental y permisos de sanidad ante las autoridades pertinentes, de manera que las condiciones impuestas (como el manejo de desechos o control de olores) se integren en el plan de construcción y dotación de equipos

sin demoras ni costos adicionales.

Fortalecer la vinculación de los porcicultores al esquema formal: Para que los productores tradicionales adopten el servicio, es esencial llevar a cabo acciones de socialización y capacitación. Se recomienda implementar una estrategia de extensión agropecuaria en colaboración con Porkcolombia y el ICA, que contemple talleres y demostraciones sobre las ventajas de llevar a cabo la matanza en una planta certificada. Estos eventos deben mostrar, con datos y ejemplos concretos, cómo la formalización mejora la calidad sanitaria de la carne, minimiza los riesgos de enfermedades zoonóticas, incrementa el rendimiento en canal y abre nuevas oportunidades comerciales que antes no estaban disponibles. Además, se podría establecer un programa piloto de servicio asistido: por ejemplo, ofreciendo inicialmente el faenado a un grupo de productores aliados con tarifas promocionales o facilidades logísticas para que puedan conocer el proceso formal. Los testimonios positivos de estos primeros usuarios ayudarán a difundir la información en la comunidad porcícola y a superar la resistencia al cambio. Al mismo tiempo, se sugiere crear incentivos económicos temporales (subsidios, descuentos o créditos accesibles) que disminuyan el impacto financiero de la transición a la formalidad, especialmente para los pequeños porcicultores; este apoyo podría provenir de programas de incentivo del gobierno local o nacional (por ejemplo, recursos de FINAGRO u otras iniciativas de promoción agroindustrial).

Integrar el proyecto en las políticas públicas locales y regionales: Debido a la importancia de formalizar el sacrificio para la salud pública y el crecimiento económico, es recomendable que la nueva instalación se vincule con las políticas del gobierno. En la

práctica, esto significa trabajar en conjunto con las alcaldías y la gobernación de Santander para que la operación del matadero esté incluida en los planes de desarrollo rural y sanitario. Por ejemplo, las autoridades podrían fijar objetivos para reducir el sacrificio ilegal en sus áreas y ofrecer apoyo al proyecto (en infraestructura de carreteras, seguridad, difusión) como parte de sus compromisos. También sería conveniente promover la firma de un acuerdo entre INVIMA, entidades ambientales (como CDMB) y gobiernos locales, de modo que haya apoyo técnico constante y eficiente en asuntos de inspección veterinaria oficial, monitoreo ambiental y otras áreas regulatorias. La creación de una mesa de trabajo interinstitucional ayudará a solucionar problemas operativos y mantener el proyecto alineado con los requisitos normativos con el tiempo.

Aumentar la presión contra la informalidad de manera gradual: Una vez que la planta esté operativa y haya capacidad disponible, las autoridades de salud y policía deben aumentar el control sobre las actividades de sacrificio clandestino. Se recomienda establecer un plan progresivo: en un primer momento, llevar a cabo campañas de inspección y vigilancia en mercados y lugares de venta de carne, junto con sanciones educativas (como el decomiso de carne no revisada y multas menores) para disuadir la informalidad, al mismo tiempo que se informa a los infractores sobre la opción legal disponible. En fases posteriores, endurecer las medidas poco a poco (multas más altas, cierre de lugares de sacrificio ilegal que reincidan), de tal forma que el costo y riesgo de operar fuera de la ley aumenten. Este enfoque debe ir de la mano con la oferta del servicio formal, es decir, a medida que la planta siga funcionando y pueda manejar más animales, se limita la competencia informal. Así, se protege la inversión hecha en la planta y se acelera el cumplimiento del Decreto 1500 de 2007, que requiere que el

sacrificio se realice en condiciones controladas por temas de salud pública (Función Pública, 2007). Es crucial que este esfuerzo sea claro y comunicativo, para evitar la percepción de una persecución injusta; debe dejarse claro que el objetivo es garantizar carne segura para el consumidor y justicia para quienes cumplen con la ley.

Optimizar el uso de subproductos y la gestión ambiental: Para aprovechar al máximo los beneficios del proyecto y asegurar su sostenibilidad, se sugiere crear líneas de negocio adicionales que estén relacionadas con los subproductos que se obtienen durante el proceso de producción. Por ejemplo, se podrían establecer acuerdos con empresas de procesamiento o plantas que producen harina de sangre y hueso, de forma que materiales como sangre, vísceras no comestibles y grasas no se desechen, sino que se utilicen como insumos industriales. Además, se debería considerar la instalación de un biodigestor o un sistema de compostaje para el estiércol y los residuos orgánicos, lo que generaría biogás o fertilizantes orgánicos, apoyando así una economía circular (DNP, 2020) y ayudando a disminuir la contaminación. Estas acciones, además de proporcionar ingresos extras que aumentan la rentabilidad del proyecto, facilitarían el cumplimiento de las normativas ambientales y presentarán una imagen de responsabilidad social y ambiental de la planta. También se recomienda realizar un monitoreo ambiental continuo y comunicar los resultados de manera regular, para mantener la licencia social de operación y demostrar que la formalización implica una mejora efectiva en las condiciones ambientales en comparación con la situación anterior, que era más dispersa e informal.

Buscar la excelencia en operaciones y certificaciones adicionales: La formalización no debe considerarse como un límite, sino como el estándar mínimo que se

debe cumplir. Una vez que la operación esté estabilizada, se recomienda buscar certificaciones de calidad que distingan aún más el producto local. Por ejemplo, se podría obtener voluntariamente certificaciones internacionales como ISO 22000 en inocuidad alimentaria, lo que permitiría que la planta sea apta para procesar carne con destino a exportaciones en el futuro. Asimismo, adoptar estándares de bienestar animal que estén certificados (como Certified Humane) podría mejorar la reputación. Estas mejoras deben ir de la mano con la formación continua del personal y fomentar una cultura interna enfocada en la mejora constante. Es aconsejable establecer indicadores de rendimiento (por ejemplo, porcentaje de canales con irregularidades, eficiencias por etapa, costo por animal procesado) y llevar a cabo auditorías internas regularmente para detectar oportunidades de optimización en el proceso de sacrificio. El objetivo debe ser que la Planta de Beneficio del Oriente se posicione como un modelo a nivel nacional en cumplimiento y eficiencia, lo cual fortalecerá su sostenibilidad financiera a largo plazo y apoyará el objetivo de formalización en el sector.

Referencias bibliográficas

- Aguilar, F. J. (1967). Scanning the business environment. Macmillan.
- ArcGIS Online. (s. f.). Visor de cobertura de servicios públicos domiciliarios. ESRI.
- Asociación Colombiana de Porcicultores – Porkcolombia. (2021). Informe de gestión 2021.
<https://www.porkcolombia.co>
- Asociación Colombiana de Porcicultores – Porkcolombia. (2024). Informe de gestión vigencia 2024. <https://www.porkcolombia.co>
- Asociación Colombiana de Porcicultores – Porkcolombia. (2025). Boletín de economía porcina 2025.
- Aya García, J. (2016). Estudio de prefactibilidad para la creación de una planta de beneficio animal para especies menores. [Referencia citada en antecedentes].
- Ayala-Romero, M., Bermúdez, D., & Rodríguez, C. (2018). Evaluación microbiológica en plantas de beneficio porcino y análisis de resistencia antimicrobiana de *Salmonella* spp. *Revista Colombiana de Microbiología*, 50(2), 65–78.
- Banco de la República. (2024). Estadísticas del tipo de cambio representativo del mercado (TCRM). <https://www.banrep.gov.co/es/estadisticas>
- Banco de la República. (2025). Informe anual de balanza de pagos 2025.
<https://www.banrep.gov.co>
- Barrera, J., & Serrano, M. (2016). Estudio de factibilidad para la creación de una empresa comercializadora de capones de cerdo en San Gil [Trabajo de grado, Universidad Industrial de Santander]. Repositorio Institucional UIS.
- Becerra Acevedo, A. (2006). Estudio de factibilidad para la creación de un centro infantil como programa de bienestar universitario en la UIS [Trabajo de grado, Universidad Industrial

- de Santander]. Repositorio Institucional UIS.
- Bermúdez, L., Vargas, P., & Osorio, J. (2014). Aislamiento de Salmonella entérica y resistencia antimicrobiana en canales porcinas. *Revista de Medicina Veterinaria y Zootecnia*, 61(1), 45–53.
- Congreso de la República de Colombia. (1993). Ley 99 de 1993: Por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente. *Diario Oficial No. 41.146*.
- Congreso de la República de Colombia. (2007). Decreto 1500 de 2007: Sistema Oficial de Inspección, Vigilancia y Control de la Carne. *Diario Oficial de la República de Colombia*.
- Congreso de la República de Colombia. (2008). Ley 1258 de 2008: Por medio de la cual se crea la sociedad por acciones simplificada (S.A.S.). *Diario Oficial No. 47.194*.
- Congreso de la República de Colombia. (2014). Ley 1715 de 2014: Integración de energías renovables no convencionales. *Diario Oficial No. 49.150*.
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística – DANE. (2021–2025). Boletines técnicos de pobreza monetaria, IPC y empleo. <https://www.dane.gov.co>
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística – DANE. (2024). Boletín Técnico: Cuenta satélite de la agroindustria de ganado porcino (CSAGP) 2019–2023.
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística – DANE. (2024). Encuesta de sacrificio de ganado (ESAG). DANE.
- Departamento Nacional de Planeación – DNP. (2020). Documento CONPES 4011: Política Nacional de Economía Circular.
- Departamento Nacional de Planeación – DNP. (2023). Plan Nacional de Desarrollo 2022–2026.
- Departamento Nacional de Planeación – DNP. (s. f.). TerriData – Perfiles territoriales municipales. <https://terridata.dnp.gov.co>

- Fahey, L., & Narayanan, V. K. (1986). *Macroenvironmental analysis for strategic management*. West Publishing Company.
- FINAGRO. (s. f.). *Ficha de inteligencia: Porcicultura*.
- Food and Agriculture Organization – FAO. (2004). *Guidelines for humane handling, transport and slaughter of livestock*. Roma.
- Food and Agriculture Organization – FAO. (2008). *Good practices for the meat industry*. FAO Animal Production and Health Manual No. 2.
- Food and Agriculture Organization – FAO. (2011). *Guide to good hygiene practices for slaughterhouses*.
- Food and Agriculture Organization – FAO. (2001). *Guidelines for humane handling, transport and slaughter of livestock*.
- FriGoMaster. (s. f.). *Cuarto frío de 3.00 × 3.00 m [Ficha técnica]*. <https://frigomaster.co/>
- Función Pública. (2007). *Decreto 1500 de 2007: Sistema oficial de inspección, vigilancia y control de la carne*.
- Galindo Nájera, C., & García Pineda, J. (2015). *Estudio de viabilidad técnica, financiera y de mercadeo para la creación de una bolera bar en Barrancabermeja [Trabajo de grado, UIS]*.
- Google Maps. (s. f.). *Google Maps Platform*.
- Humphrey, A. (1960s). *SWOT analysis for management consulting*. Stanford Research Institute.
- IDEAM. (2021–2024). *Informe anual del monitoreo de bosque y deforestación en Colombia*.
- IDEAM. (2023). *Inventario Nacional de Emisiones y Absorciones Atmosféricas de Colombia*. <https://www.minambiente.gov.co>
- Instituto Colombiano Agropecuario – ICA. (2021). *Censo porcino nacional*.
- Instituto Colombiano Agropecuario – ICA. (2023). *Censo nacional porcino por departamento y*

estrato productivo.

INVIMA. (2023). Listado oficial de plantas de beneficio, desposte y acondicionadores autorizados. <https://www.invima.gov.co>

INVIMA. (2025). Plantas con certificación HACCP vigentes a 2025.

International Trade Centre – ITC. (2025). Trade Map: International trade statistics. <https://www.trademap.org>

Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. (s. f.). Agronet – Estadísticas (sección pecuaria / porcino). agronet.gov.co

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2006). Resolución 0627 de 2006: Estándares máximos permisibles de niveles de ruido.

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2007). Resolución 1362 de 2007: Registro de Generadores de Residuos Peligrosos.

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2015). Resolución 0631 de 2015: Parámetros y valores límites máximos en vertimientos puntuales.

Ministerio de Hacienda y Crédito Público. (2020–2024). Informes de ejecución del Presupuesto General de la Nación.

Ministerio de Salud y Protección Social. (2013). Resolución 240 de 2013: Requisitos sanitarios para el funcionamiento de plantas de beneficio animal.

Ministerio de Salud y Protección Social. (2024). Actualización normativa al Decreto 1500 de 2007.

Ministerio TIC – MinTIC. (2024). Boletín de conectividad sectorial y Reporte de conectividad rural.

Ministerio del Trabajo. (2015). Decreto 1072 de 2015: Decreto Único Reglamentario del Sector

Trabajo.

Osterwalder, A., & Pigneur, Y. (2010). *Business Model Generation*. Wiley.

Palacio-Arias, J., Correa, A., & Ocampo, S. (2023). Detección del gen *mcr-1* en *E. coli* y *Salmonella* en una planta de beneficio porcino en Medellín. *Revista Colombiana de Ciencia Animal*, 15(3), 231–240.

Portafolio. (2025, julio 17). Carne de cerdo de Colombia gana prestigio internacional.

Porter, M. E. (1980). *Competitive strategy: Techniques for analyzing industries and competitors*. Free Press.

Skaarup, T. (1985). *Slaughterhouse cleaning and sanitation*. FAO Animal Production and Health Paper No. 53.

Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios. (2021). Informe nacional de disposición final de residuos sólidos 2021.

Tecnoincar. (s. f.). Equipos y sistemas para plantas de beneficio porcino [Catálogo técnico]. <https://tecnoincar.com/>

UPRA. (2023). *Microanálisis y evaluaciones agropecuarias – Santander*.

USDA – Foreign Agricultural Service. (2025). *Livestock and Poultry: World Markets and Trade Report*.

Uribe-Corrales, M., Sánchez, J., & Forero, D. (2017). Efectos del transporte y manejo prefaena sobre la calidad de la carne porcina en Colombia. *Revista Colombiana de Ciencia Animal*, 12(1), 25–34.

Vanguardia. (2025, junio 9). La caída en el precio y la falta de plantas de sacrificio en Santander.