

Escuela Agrícola Panamericana Zamorano
Departamento de Administración en Agronegocios
Ingeniería en Administración en Agronegocios



Proyecto Especial de Graduación
Optimización técnico-comercial de la Planta de Cárnicos de Zamorano
mediante programación lineal y benchmarking competitivo.

Estudiantes

Roger Alexander Cowo Gonzales

Darryl Roberto González Martínez

Asesores

Wilmer Roberto Sánchez Barahona, PhD.

Gloria Yezenia Destephen Soler, PhD.

Honduras, agosto 2025

Autoridades

KEITH ANDREWS

Rector a.i.

ANA M. MAIER ACOSTA

Vicepresidenta y Decana Académica

RAUL SOTO

Director Departamento de Administración de Agronegocios

JULIO NAVARRO

Secretario General

Contenido

Índice de Cuadros.....	5
Índice de Figuras	6
Índice de Anexos.....	7
Resumen	8
Abstract.....	9
Introducción.....	10
Metodología.....	13
Enfoque General	13
Contexto de la Investigación.....	13
Recolección y Análisis de Información.....	13
Información Existente	13
Recolección de Datos Primarios.....	14
Entrevistas con Expertos.....	14
Técnica de Cliente Oculto	15
Benchmarking	15
Análisis Comparativo	16
Valor del Benchmarking.....	16
Modelo de Optimización.....	17
Variables de Decisión	18
Restricciones	18
Función Objetivo.....	19
Validación y ética de la investigación	19
Resultados y Discusiones	21
Benchmarking con Otras Plantas Procesadoras	21

Aprovechamiento de Percepción por el Cliente	22
Entrevistas en Profundidad con Expertos en la Industria	23
Benchmarking Dentro de la Zona de Tegucigalpa	26
Cliente Oculto	26
La Perspectiva del Cliente Oculto Acerca del Empaquetado, Presentación en Góndola y Servicio al Cliente.	26
Modelo de Optimización.....	30
Restricciones del Modelo de Optimización de Producción y Ganancia para la Maximización del Beneficio.	30
Conclusiones	38
Recomendaciones	39
Propuestas de mejora basadas en los resultados del modelo de optimización	39
Referencias.....	41
Anexos.....	43

Índice de Cuadros

Cuadro 1 Están representadas por la utilidad por producto derivado de la carne de cerdo.	18
Cuadro 2 Resumen Comparativo de Entrevistas.	25
Cuadro 3 Comparativa de precios de productos cerdos entre El Corral y Zamorano.	27
Cuadro 4 Datos de Zamorano del valor de Cerdos en peso por canal caliente en cada mes del año 2024.	28
Cuadro 5 Datos de la planta de cárnicos de los productos de cerdos utilizados para definir las variables, restricciones y función objetivo.....	29
Cuadro 6 Restricción de presupuesto.....	30
Cuadro 7 Restricción demanda.....	30
Cuadro 8 Restricción oferta técnica máxima por producto.....	30
Cuadro 9 Optimización de Producción y Ganancia con Restricciones de Mercado y Presupuesto	32
Cuadro 10 Restricciones del Modelo de Optimización Mejorados con Margen de Aumento Permitido	33
Cuadro 11 Resultados del Modelo Optimizado con Ajuste de Restricciones incluyendo análisis de Precios Sombra	34

Índice de Figuras

Figura 1 Se presenta una secuencia de la implementación del Benchmarking.....	22
Figura 2 Podemos observar las marcas de cárnicos elegidas dentro de Tegucigalpa y las regiones aledañas.	22

Índice de Anexos

Anexo A Resumen de los productos cárnicos derivados del cerdo que compra el Puesto de Ventas Zamorano a la Planta de Cárnicos en Zamorano.	43
Anexo B Clasificación de los cerdos	44
Anexo C Reporte de Sensibilidad del Modelo de Optimización Generado por Solver	45
Anexo D <i>Máximo del peso de canal</i>	46

Resumen

La presente investigación se enfoca en mejorar la eficiencia técnica y comercial de la Planta de Cárnicos de la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano mediante la aplicación de un modelo matemático de optimización. Se desarrolló una formulación basada en programación lineal utilizando la herramienta Solver de Microsoft Excel, con el fin de identificar la combinación óptima de productos porcinos que maximiza la utilidad bajo restricciones reales de presupuesto, disponibilidad de carne y demanda semanal. El estudio integró métodos cuantitativos y cualitativos, incluyendo análisis de sensibilidad, margen de aumento permitido, benchmarking con empresas cárnicas nacionales, entrevistas a expertos del sector y la técnica de cliente oculto. Los resultados del modelo inicial arrojaron una ganancia de L. 63,195.69, la cual se incrementó a L. 78,162.80 al incorporar ajustes derivados del análisis de sensibilidad, lo que representa un aumento del 23.7% en la rentabilidad sin necesidad de mayor inversión. Asimismo, se identificaron oportunidades de mejora en el diseño de empaque, organización del punto de venta y comunicación del valor institucional de la marca. La investigación demuestra que el uso estratégico de herramientas de optimización y análisis de mercado puede generar decisiones más efectivas para fortalecer la sostenibilidad de la planta en un entorno competitivo.

Palabras clave: optimización, programación lineal, benchmarking, análisis de sensibilidad, percepción de valor, planta de cárnicos.

Abstract

This research focuses on improving the technical and commercial efficiency of the Meat Processing Plant at Zamorano Pan-American Agricultural School through the application of a mathematical optimization model. A linear programming formulation was developed using Microsoft Excel's Solver tool to identify the optimal combination of pork products that maximizes profit under real constraints of budget, carcass availability, and weekly demand. The study integrated quantitative and qualitative methods, including sensitivity analysis based on the allowable increase, benchmarking with national meat companies, interviews with industry experts, and the mystery shopper technique. The results of the initial model showed a profit of L. 63,195.69, which increased to L. 78,162.80 after incorporating adjustments derived from the sensitivity analysis, representing a 23.7% improvement in profitability without requiring additional investment. Furthermore, opportunities for improvement were identified in packaging design, point-of-sale organization, and communication of the brand's institutional value. This research demonstrates that the strategic use of optimization tools and market analysis can lead to more effective decision-making to strengthen the plant's sustainability in a competitive environment.

Keywords: optimization, linear programming, benchmarking, sensitivity analysis, value perception, meat processing plant.

Introducción

El consumo de carne porcina en Honduras ha presentado un comportamiento creciente en la última década, lo cual se atribuye a la diversificación de los hábitos alimentarios de la población y a una mayor aceptación de los productos derivados del cerdo en la dieta diaria. Según Ordoñez (2020), entre 2015 y 2018 el consumo per cápita de carne porcina en Honduras mostró una tasa de crecimiento media anual de 5.4%, al pasar de 8.4 libras/persona/año en 2015 a 9.8 libras/persona/año en 2022, reflejando un entorno de oportunidad para las empresas cárnicas nacionales. Estos datos permiten evidenciar que el consumidor hondureño está dispuesto a destinar una mayor proporción de su presupuesto a productos cárnicos si estos cumplen con estándares de calidad, inocuidad y presentación acordes a sus expectativas.

En este contexto, la Planta de Cárnicos de la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano adquiere un rol estratégico, pues constituye tanto un espacio de formación práctica bajo el modelo pedagógico de “Aprender Haciendo”, como una unidad productiva con retos reales de rentabilidad y competitividad en el mercado agroalimentario. Sin embargo, persisten desafíos significativos en aspectos como la eficiencia en el aprovechamiento de la materia prima, la optimización de los costos de transformación, la gestión de precios competitivos y el fortalecimiento de la percepción de valor del producto final. En particular, se ha observado que la planta no cuenta con estudios recientes orientados a sistematizar y optimizar su operación desde un enfoque técnico-económico integral, lo cual limita la identificación de oportunidades de mejora que contribuyan a su sostenibilidad a mediano y largo plazo.

Una de las problemáticas identificadas es que, pese a tener procesos técnicamente establecidos, la toma de decisiones se basa de manera predominante en criterios empíricos y no en herramientas matemáticas robustas que respalden las proyecciones de beneficios bajo condiciones de restricción. Por ello, resulta pertinente plantear el uso de modelos de programación lineal, como el método Simplex, que permitan maximizar la rentabilidad del proceso de transformación y venta de productos cárnicos a partir de un análisis técnico riguroso (Guevara, 2022). Este tipo de herramientas

son ampliamente utilizadas en la industria agroalimentaria por su capacidad de integrar variables de precio, demanda, disponibilidad de insumos y presupuesto, logrando generar escenarios óptimos de producción y comercialización.

Diversos autores sostienen que la construcción de modelos de optimización mejora la capacidad de respuesta de las plantas de procesamiento frente a fluctuaciones del mercado y ayuda a priorizar inversiones que realmente generen impacto en la rentabilidad (Rejón Ávila y Pech Martínez, 2005). Asimismo, Rebollar Rebollar et al. (2007) destacan la importancia de incorporar restricciones técnicas y económicas en los sistemas de decisión, con el fin de lograr soluciones adaptadas a los contextos productivos locales, evitando generalizaciones poco aplicables y asegurando resultados viables. Estas perspectivas coinciden en que el uso de funciones objetivo-claras y restricciones realistas constituyen un paso esencial para la sostenibilidad de unidades productivas agroindustriales.

La propuesta contemplo, de manera complementaria, la aplicación de técnicas de benchmarking con empresas del sector cárnico hondureño que han logrado posicionarse como referentes en calidad y servicio al cliente, tales como El Corral en Siguatepeque y EMPASA en la región central. Estas empresas se eligieron por su proximidad geográfica, experiencia técnica y operación profesional, lo cual permitirá comparar precios, presentaciones, prácticas de atención al consumidor y estrategias comerciales relevantes. El benchmarking, tal como argumenta (Urgilés Romero, 2020), no se trata de copiar modelos externos, sino de adaptar aquellas buenas prácticas que puedan generar valor y resultados sostenibles para la Planta de Cárnicos de Zamorano.

De forma adicional, se implementaron entrevistas a profundidad con expertos y actores estratégicos del sector, con el fin de recabar información cualitativa que complemente el análisis cuantitativo del modelo. Estas entrevistas se enfocaron en prácticas reales de gestión de precios, percepción de la calidad, organización operativa y desafíos para cumplir con parámetros de inocuidad y estandarización de productos. Según Creswell y Creswell (2017), este tipo de entrevistas semiestructuradas permite entender no solo los aspectos técnicos, sino también las visiones y valores

que guían la toma de decisiones en la agroindustria, generando un panorama integral para fundamentar las recomendaciones del proyecto.

Asimismo, se aplicó la técnica de cliente oculto, herramienta ampliamente utilizada en estudios de comportamiento del consumidor (Turriate Plata, 2023) para evaluar la experiencia de compra y la percepción de valor de los productos cárnicos de Zamorano en comparación con las marcas competidoras. Esta técnica permite observar de manera objetiva el servicio al cliente, la presentación de los productos, la claridad de los precios y la imagen de marca en el punto de venta, generando información directa para la toma de decisiones sobre mejoras en la estrategia comercial y de comunicación.

El objetivo general de este Proyecto Especial de Graduación es recomendar técnicas operativas y comerciales que contribuyan a reducir los costos y aumentar la rentabilidad en la Planta de Cárnicos de la Universidad Zamorano.

Para cumplir con este propósito, se plantean tres objetivos específicos. Primero, desarrollar un modelo con el objetivo de maximizar la utilidad semanal de la planta de cárnicos, a partir de la combinación óptima de productos porcinos que respete las restricciones de demanda y presupuesto. Segundo, comparar los productos cárnicos porcinos de Zamorano con los de una empresa referente mediante benchmarking, con el fin de identificar diferencias en aspectos clave como precios, empaque, distribución y atención al cliente que afecten su competitividad en el mercado. Tercero, identificar puntos críticos de mejora en la planta de procesamiento de cerdos de Zamorano a través de entrevistas a profundidad con expertos del sector, con el fin de establecer recomendaciones que optimicen la relación entre la planta y la unidad porcina, especialmente en lo referente a mecanismos de pago por calidad y cumplimiento de parámetros productivos.

El presente Proyecto Especial de Graduación se desarrolla bajo un enfoque técnico-comercial, integrando herramientas de análisis económico, entrevistas con expertos del sector, revisión bibliográfica especializada y observación directa de procesos, la estructura del documento permite avanzar de forma lógica hacia la comprensión y mejora del sistema productivo de Zamorano.

Metodología

Enfoque General

Para el desarrollo de esta investigación, se combinaron métodos cualitativos y cuantitativos con el objetivo principal de obtener una visión completa sobre los costos y la rentabilidad de los productos cárnicos en la Planta de Cárnicos de Zamorano. El diseño metodológico parte de un enfoque técnico-comercial, abordando tanto la eficiencia económica en el procesamiento como las percepciones del consumidor y las buenas prácticas del sector, asegurando una propuesta de mejora viable y contextualizada.

Contexto de la Investigación

La Planta de Cárnicos de Zamorano cumple un rol dual como unidad educativa y empresarial. Sin embargo, presenta oportunidades claras de mejora en la gestión de sus recursos, estructuración de precios y márgenes de beneficio. En ese sentido, esta investigación plantea un enfoque integral que combina la revisión de datos productivos, entrevistas a profundidad, comparación con referentes del sector y, como elemento central, el desarrollo de un modelo de optimización técnica y económica.

Para ello, se implementó un modelo de programación lineal basado en maximización de las ganancias por la venta de productos seleccionados derivados del cerdo. Este modelo está fundamentado en las metodologías propuestas por Guevara (2022), Rebollar Rebollar et al. (2007) y Rejón Ávila y Pech Martínez (2005), quienes demuestran que el uso de restricciones operativas y de mercado puede conducir a soluciones óptimas y sostenibles.

Recolección y Análisis de Información

Información Existente

Análisis de Información Existente.

Antes de realizar el análisis comparativo y las entrevistas, se revisa literatura académica, informes técnicos y documentos normativos. Estos ayudaron a comprender cómo distintas industrias utilizan sus insumos y la evaluación de calidad para la Planta de Cárnicos. Estos incluyen:

Base de datos de producción y sacrificio de cerdos (2024): registros mensuales de peso en canal, cantidad de cerdos, ingresos y costos totales.

Listados de precios y costos por producto derivado: desglosados por corte (chuleta, costilla, lomo, etc.).

Estudios previos en Zamorano (Castillo Zapata, 2024; Morán Martínez, 2016; Sánchez Alemán, 2020; Tabi Fuérez, 2017).

Recolección de Datos Primarios

Entrevistas con Expertos

Se entrevistó a personas con experiencia directa en la industria para así obtener información valiosa y realista. Son expertos tanto internos como externos a Zamorano. Las entrevistas permitieron conocer prácticas reales del control de costos, evaluación de calidad y comercialización.

¿Quiénes son los entrevistados? Gerentes de plantas procesadoras, productores porcinos y comercializadores.

Entrevistados claves:

Dra. Gloria Destephen (Planta de Carnicos, Zamorano)

Ing. José Landa (Planta El Corral)

Ing. Ernesto Garay (EMPASA)

Modalidad presencial y virtual, utilizando una guía de entrevista semiestructurada elaborada propia y validada por los asesores.

¿Cómo se realizó?

Son semiestructuradas, es decir, fueron preguntas que guíen la conversación pero que permitan que el entrevistado se exprese libremente.

¿Qué se analizó?

Los temas incluyeron cómo evalúan la calidad, cómo fijan los precios y qué desafíos enfrentan en este proceso. Las respuestas fueron analizadas para identificar patrones y tendencias relevantes (Creswell y Creswell, 2017).

Técnica de Cliente Oculto

Para evaluar la percepción del producto en el punto de venta y la experiencia del cliente de manera objetiva, se aplicó la técnica de cliente oculto. Esta metodología consiste en simular la experiencia real de un comprador sin que los encargados del establecimiento sepan que están siendo evaluados, su ventaja radica en que permite observar directamente el comportamiento del personal, la presentación de los productos y la calidad del servicio sin sesgos provocados por encuestas u observación directa anunciada. Según Turriate Plata (2023), la implementación del cliente incógnito ha demostrado ser una herramienta efectiva para la mejora continua del servicio, ya que permite identificar debilidades y oportunidades de mejora desde la perspectiva del usuario final, contribuyendo directamente al fortalecimiento de la calidad y atención comercial. Esta técnica tanto presencialmente (en el Puesto de Ventas Zamorano) como digitalmente (a través de revisión web de El Corral), enfocándose en: Empaque y etiquetado, presentación en góndola, atención al cliente, posicionamiento visual, diferencias de precio y valor percibido.

El objetivo fue evaluar la experiencia del consumidor y comparar la presentación y posicionamiento de los productos porcinos de Zamorano con los de una planta privada de referencia.

Benchmarking

En el marco de esta investigación, se aplicó la herramienta de benchmarking como estrategia para identificar oportunidades de mejora operativa y comercial en la Planta de Cárnicos de Zamorano. A diferencia de ejercicios de benchmarking orientados exclusivamente a la comparación de costos productivos internos, esta fase se enfocó en una comparación directa de la presentación, precio, empaque, posicionamiento de producto y experiencia del cliente en el punto de venta.

Para ello, se seleccionó como empresa de referencia a El Corral, ubicada en Siguatepeque, Honduras. Esta empresa fue escogida debido a su cercanía geográfica, su posicionamiento en el mercado local y su operación profesional dentro del rubro cárnico. El benchmarking se centró en su punto de venta en Tegucigalpa, utilizando como herramienta la técnica del cliente oculto.

Análisis Comparativo

La información recopilada permitió construir una tabla comparativa de precios y productos, donde se evidenciaron diferencias relevantes entre Zamorano y El Corral. Por ejemplo, productos como la chuleta y la costilla de cerdo fueron entre 20% y 50% más caros en Zamorano, sin una diferenciación notable en empaque o posicionamiento que justifique el precio superior. Asimismo, El Corral destacó por su uniformidad visual en el empaque, etiquetado informativo, presencia de marca y profesionalismo del personal de atención, aspectos que Zamorano puede mejorar considerablemente.

Valor del Benchmarking

Este enfoque de benchmarking no pretende copiar lo que otras empresas hacen, más bien se trata de observar con atención lo que les funciona y ver qué de eso se puede adaptar a la realidad de Zamorano. Por ejemplo, Urgilés Romero (2020), cuenta en su tesis cómo una planta cárnica de una empresa minorista logró aumentar su productividad en un 20% y reducir sus costos en un 12% al año, no con grandes inversiones, sino a través de ajustes bien pensados en sus procesos, mejorando la forma en que se organizaban y usando herramientas que se adaptaban a lo que tenían. Ese tipo de mejoras, que surgen del análisis y no de la imitación, son justamente las que pueden inspirar en la planta de cárnicos de Zamorano. Porque cuando uno entiende su contexto y toma decisiones desde ahí, es cuando realmente se logran resultados que impactan.

De forma complementaria, el caso internacional de Cargill Meat Solutions en Dodge City, Kansas, refuerza la utilidad del benchmarking cuando se combina con análisis de datos. Esta planta implementó un programa de mejora interna basado en indicadores clave de desempeño, logrando una reducción del 16% en consumo energético, equivalente a un ahorro de 100 millones de dólares anuales, gracias a ajustes técnicos y operativos fundamentados en comparaciones estratégicas entre plantas (Cargill, 2018).

En el caso de Zamorano, los hallazgos del cliente oculto y el análisis comparativo permiten elaborar recomendaciones prácticas en áreas como: presentación del producto, empaque profesional,

claridad de precios, organización del punto de venta y capacitación del personal, con miras a aumentar la rentabilidad mediante una percepción de mayor valor por parte del consumidor, sin necesidad de aumentar costos de producción.

Modelo de Optimización

Con el fin de identificar la combinación óptima de cortes y subproductos porcinos que permita maximizar las utilidades de la planta de cárnicos de Zamorano, se desarrolló un modelo matemático de programación lineal. Este modelo fue construido sobre una formulación simplificada pero alineada con propuestas previamente aplicadas en la industria porcina, como la presentada por González-Araya y Sánchez-Ramírez (2011), la cual integra parámetros técnicos, comerciales y logísticos para optimizar la planificación productiva.

Modelo de programación lineal

Modelo estándar

$$[\text{OPT}] Z = f(x_1, x_2, \dots, x_n)$$

Sujeto a:

$$g_1(x_1, x_2, \dots, x_n) = 0$$

$$g_2(x_1, x_2, \dots, x_n) = 0$$

$$[\text{OPT}] z = \sum c_j \cdot x_j$$

$$\text{Sujeto a: } \sum a_{ij} \cdot x_j = b_i$$

$$x_{ij} \geq 0$$

$i = 1, \dots, n$ restricciones

$j = 1, \dots, m$ variables

Forma canónica.

$$[\text{MAX}] z = \sum c_j \cdot x_j$$

$$\text{Sujeto a: } \sum a_{ij} \cdot x_j \leq b_i$$

$$x_j \geq 0$$

$i = 1, \dots, n$ restricciones

$j = 1, \dots, m$ variables

Antes de detallar la formulación, se aclara que, en la industria porcina, la canal se refiere a la mitad de una vara (animal faenado), compuesta por diferentes tercios: delantero, central y trasero, de los cuales se obtienen diversos cortes y subproductos. El modelo se enfocó en 15 productos derivados de la canal, tanto frescos como congelados, que representan la oferta principal de la planta.

Variables de Decisión

Cuadro 1

Están representadas por la utilidad por producto derivado de la carne de cerdo.

Variable	Descripción del producto	Coeficiente (Utilidad unitaria)
x_1	Asado	$C1 = (\text{Precio de venta-Costo}) \text{ Asado}$
x_2	Baby Back Ribs	$C2 = (\text{Precio de venta-Costo}) \text{ Baby Back Ribs}$
x_3	Filete de cerdo	$C3 = (\text{Precio de venta-Costo}) \text{ Filete de cerdo}$
x_4	Carne para asar	$C4 = (\text{Precio de venta-Costo}) \text{ Carne para asar}$
x_5	Chuleta corriente	$C5 = (\text{Precio de venta-Costo}) \text{ Chuleta corriente}$
x_6	Tocineta	$C6 = (\text{Precio de venta-Costo}) \text{ Tocineta}$
x_7	Costilla de cerdo	$C7 = (\text{Precio de venta-Costo}) \text{ Costilla de cerdo}$
x_8	Costilla St. Louis	$C8 = (\text{Precio de venta-Costo}) \text{ Costilla St. Louis}$
x_9	Fajitas	$C9 = (\text{Precio de venta-Costo}) \text{ Fajitas}$
x_{10}	Lomo	$C10 = (\text{Precio de venta-Costo}) \text{ Lomo}$
x_{11}	Lonja	$C11 = (\text{Precio de venta-Costo}) \text{ Lonja}$
x_{12}	Pelleja	$C12 = (\text{Precio de venta-Costo}) \text{ Pelleja}$
x_{13}	Tajo	$C13 = (\text{Precio de venta-Costo}) \text{ Tajo}$
x_{14}	Carne para asar criolla	$C14 = (\text{Precio de venta-Costo}) \text{ Carne para asar criolla}$
x_{15}	Hueso	$C15 = (\text{Precio de venta-Costo}) \text{ Hueso}$

Restricciones

Las restricciones fueron definidas por la misma planta que quería saber cuál era la mejor combinación de productos para poder invertir en estas mismas. La primera restricción es la cantidad de carne de cerdo disponible por semana (la oferta), que está limitada por el porcentaje máximo de cada producto que se puede obtener del canal de cerdo, en el documento se denomina oferta técnica (ver anexo D). La segunda restricción es el presupuesto disponible que tiene la planta, en una semana, para productos de cerdo. Por último, la demanda que hay de forma semanal también se consideró como una restricción de pedidos entre el Puesto de Ventas Zamorano y el Comedor Estudiantil.

Tipos de restricciones utilizadas:

Disponibilidad de recursos:

$$a_{i1}x_1 + a_{i2}x_2 + \dots + a_{in}x_n \leq b_i$$

$$a_{i1}x_1 + a_{i2}x_2 + \dots + a_{in}x_n \geq b_i$$

No Negatividad:

$$x_1, x_2, \dots, x_n \geq 0$$

Función Objetivo

La presente formulación considera la maximización de la utilidad, la cual se define como los ingresos percibidos por la comercialización de los productos menos los costos incurridos en una venta y/o proceso productivo. Esto se ingresará en una tabla de Excel para poder optimizar las utilidades mediante el uso de la herramienta de *Data Analysis*, Solver. La función objetivo se define como:

$$\text{Max } Z = \text{Ingresos por venta} - \text{Costos de operación de corte}$$

A continuación, se detalla la formulación de cada uno de estos componentes en la función objetivo:

$$\begin{aligned} \text{Max } Z = & C_1x_1 + C_2x_2 + C_3x_3 + C_4x_4 + C_5x_5 + C_6x_6 + C_7x_7 + C_8x_8 + C_9x_9 + C_{10}x_{10} + C_{11}x_{11} \\ & + C_{12}x_{12} + C_{13}x_{13} + C_{14}x_{14} + C_{15}x_{15} \end{aligned}$$

Donde Z representa las ganancias o utilidades que se quieren maximizar a el punto donde no se sacrifiquen las limitaciones prácticas de la planta y limitaciones técnicas de la canal del cerdo. Es por ello por lo que se definieron las restricciones y el programa de Microsoft Excel, a través de la herramienta Solver, podrá determinar el mejor escenario posible.

Validación y ética de la investigación

Triangulación: Se cruzaron los hallazgos cuantitativos con entrevistas y benchmarking para validar la coherencia de las propuestas.

Validación interna: Los estudiantes y asesores de tesis revisan las matrices de análisis y coherencia de resultados.

Confidencialidad: Toda la información interna y entrevistas será utilizada únicamente con fines académicos y con autorización previa de los informantes.

Ética profesional: Se respeta la integridad de los datos, se reconocen todas las fuentes utilizadas y se evita cualquier sesgo en la interpretación de los resultados.

Posterior a la obtención de la solución óptima inicial, se realizó un análisis de sensibilidad con el fin de identificar el rango en el que podían modificarse las restricciones sin alterar la base óptima del modelo. En este análisis, los márgenes de aumento permitido se consideraron como el principal criterio para redefinir las restricciones de demanda. A partir de estos valores, se identificaron aquellos cortes cuya demanda podía incrementarse sin afectar la viabilidad técnica ni el presupuesto disponible, lo que permitió diseñar una segunda formulación del modelo más flexible y rentable. Este ajuste consistió en ampliar las restricciones de demanda únicamente dentro de los márgenes señalados por Solver, respetando los límites productivos de la canal y la oferta semanal de carne. Al resolver nuevamente el modelo bajo estas condiciones ajustadas, se obtuvo una solución optimizada que incrementó la utilidad proyectada sin requerir mayores recursos, demostrando el valor del análisis de sensibilidad como herramienta para refinar decisiones estratégicas en el contexto operativo de la planta.

Resultados y Discusiones

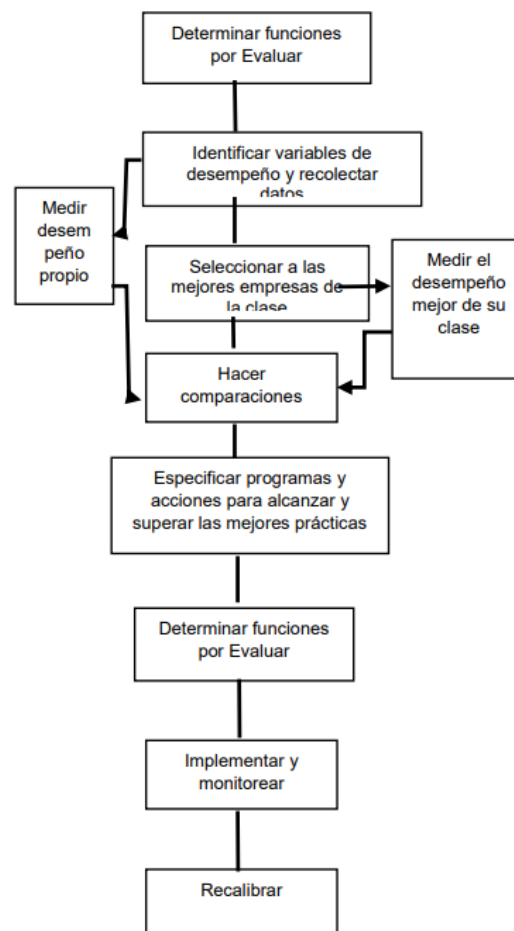
Benchmarking con Otras Plantas Procesadoras

El benchmarking es una herramienta de negocios que ayuda a las empresas a identificar e implementar eficiencias en nivel de industria para ser más competitivos (Hernández Rodríguez y Cano Flores, 2017). En cuanto al procesamiento y aprovechamiento de la carne de cerdo se puede usar la herramienta para evaluar el rendimiento de otras plantas y compararse con ellas. Las comparaciones se centran en aspectos clave como la conversión alimenticia, los costos de producción y la calidad del producto final. Sin embargo, como explica Hernández Rodríguez y Cano Flores (2017), el benchmarking no es copiar. Más bien, se trata de evaluar cómo las mejores plantas en la industria logran eficiencia operativa a través del uso racional de insumos, la formulación de dietas más económicas, la optimización energética, la trazabilidad en sus procesos, y la gestión inteligente de desperdicios y mermas. Estos elementos permiten identificar prácticas concretas que pueden ser adaptadas al entorno institucional de Zamorano para mejorar su desempeño técnico y económico.

La siguiente figura muestra los pasos para implementar un proceso de benchmarking, iniciando con la definición de las funciones a evaluar y la recolección de datos de desempeño, tanto propios como de las mejores empresas del sector. Luego se hacen comparaciones y se diseñan acciones para alcanzar esas buenas prácticas y finalmente se monitorean los cambios y se recalibran los procesos si es necesario permitiendo así mejorar continuamente con base en referentes reales y adaptables.

Figura 1

Se presenta una secuencia de la implementación del Benchmarking.



Nota. Adaptado de Camp (2017).

Aprovechamiento de Percepción por el Cliente

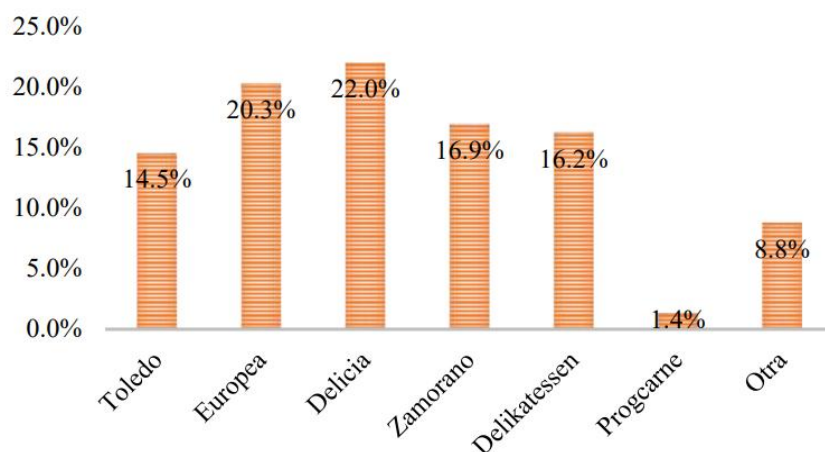
Regionalmente, los productos cárnicos que provienen de la Escuela Agrícola Panamericana el Zamorano gozan de una noble reputación entre el mercado local. Por ende, los consumidores han creado un vínculo con los productos cárnicos por el hecho de que estas son elaboradas por los estudiantes en 'El Aprender Haciendo' Zamorano.

Esta gráfica fue tomada de la tesis de un graduado zamorano que llevo a cabo encuestas dentro de supermercados como Paiz, La Colonia, y Wal-Mart. Este descubrió que los productos cárnicos zamorano son de los 4 más preferidos por el público capitalino (Morán Martínez, 2016). Esto

nos indica que la marca tiene un alto valor percibido por el cliente el cual puede justificar mejor empaque o buscar canales más eficientes y por qué no explorar nuevos mercados haciendo provecho de su fama como marca.

Figura 2

Podemos observar las marcas de cárnicos elegidas dentro de Tegucigalpa y las regiones aledañas.



Entrevistas en Profundidad con Expertos en la Industria

El uso de entrevistas a profundidad en este estudio es fundamental porque permite obtener información detallada y especializada directamente de expertos en la industria cárnica. Estas entrevistas proporcionan conocimientos sobre factores clave en la asignación de precios, como costos operativos, calidad del producto, demanda del mercado y estrategias de competencia. Además, permiten identificar limitaciones y oportunidades dentro del proceso actual de fijación de precios en la planta de cerdos. La información cualitativa obtenida complementa los datos cuantitativos, asegurando un enfoque más integral y aplicable a la realidad del sector.

Entrevista con la Dra. Gloria Destephen, cargo: Coordinadora de la Planta Procesadora de Cerdos, Zamorano realizada en abril de 2025 con una duración de 18 minutos (estimado), modalidad virtual

Entrevistador: Darryl Roberto González Martínez

La Dra. Gloria Destephen expuso los desafíos internos en Zamorano, señalando que los criterios para la aceptación de canales porcinos son estrictos: “Si un cerdo pesa menos de 51 kg ya se le paga menos y si pesa menos de 13 kg no se le paga nada”.

Durante la entrevista, recalcó la necesidad de revisar estos castigos extremos: “Podríamos flexibilizar los criterios o compensarlo con valor agregado”. Reconoció que, aunque los estudiantes aprenden con un enfoque académico, el sistema puede mejorarse en lo comercial. A su juicio, el Zamorano debe explorar más profundamente estrategias de marketing para aprovechar el prestigio institucional y usarlo como herramienta para revalorizar sus productos: “Lo que producimos aquí tiene una historia, eso vale en el mercado si se comunica bien”.

Entrevista con el Ingeniero José Landa que posee el cargo de Encargado de Planta de Cerdos, Agroindustria El Corral realizada el 3 de abril de 2025 con una duración de 23 minutos, modalidad Virtual, entrevistado por: Roger Alexander Cowo Gonzales.

La entrevista con el Ingeniero Landa permitió conocer a fondo el funcionamiento de Agroindustria El Corral. Destacó su enfoque en eficiencia operativa, trazabilidad estricta y sistemas certificados (ISO, FSSC). La planta procesa 1.7 millones de libras mensuales y prefiere importar cortes específicos. Se analizan múltiples factores para fijar precios, incluyendo el rendimiento de procesamiento, empaque, costos directos e indirectos. Además, utilizan proyecciones para mitigar la volatilidad del mercado y buscan constantemente materias primas de menor costo. Resaltó también la relevancia del análisis sensorial, benchmarking y trazabilidad por lote para asegurar la calidad al cliente final.

Entrevista con el Ingeniero Ernesto Garay que posee el cargo: Gerente General, Planta Procesadora EMPASA, realizada en abril de 2025 con una duración de 21 minutos aproximadamente, modalidad: Presencial entrevistado por: Roger Alexander Cowo Gonzales.

El Ing. Ernesto Garay compartió una visión integral de la industria porcina desde la experiencia en EMPASA, planta con operaciones desde 2008. Explicó que la capacidad de procesamiento en cerdo alcanza unas 80,000 libras mensuales. En cuanto a evaluación de calidad, se centra en el peso en canal

caliente (óptimo entre 165-195 libras), contenido de grasa dorsal y desarrollo muscular. Si no se cumplen estos criterios, se penaliza el precio pactado: “No se rechaza, se penaliza. Se hace un taller para valorar cada pieza del canal”.

Sobre la fijación de precios, explicó que se basa en el sistema de oferta y demanda, los costos de alimentación, y los flujos de importación: “El precio del cerdo no es constante; sube con los costos del maíz y la energía”. La empresa combina análisis de rendimiento por pieza y considera márgenes por tipo de corte. También han implementado paneles solares y sistemas de inyección para optimizar costos energéticos, aunque reconoce: “Es muy poco maniobrable porque mucho del trabajo es manual”.

Garay también subrayó que Honduras necesita importar cerdo por razones estructurales y de eficiencia: “Estados Unidos vende más barato no porque lo haga mejor, sino porque su costo de comida es más bajo”. Destacó que, aun así, existe un mercado cautivo para el cerdo nacional, especialmente por preferencias y cuotas obligatorias para industrias locales.

Respecto al Zamorano, señaló que han trabajado tanto con la planta como con la unidad porcina en el pasado, y que hay espacio para profesionalizar la cadena de valor desde un enfoque académico-empresarial.

Cuadro 2

Resumen Comparativo de Entrevistas.

Entrevistado	Cargo	Modalidad	Entrevistador	Fecha	Principales Hallazgos
Ing. José Fernando Landa	Encargado Planta de Cerdos – El Corral	Virtual	Roger Alexander Cowo	3 abril 2025	Importación por Cortes, fijación por rendimiento, trazabilidad estricta, sugerencia de marketing institucional
Dra. Gloria Destephen	Coordinadora Planta Zamorano	Virtual	Darryl Roberto González	abril 2025	Crítica a castigos de precio, necesidad de flexibilización, enfoque en prestigio institucional
Ing. Ernesto Garay	Gerente General – EMPASA	Presencial	Darryl Roberto González	abril 2025	Modelo mixto, márgenes adaptativos, ERP, potencial de blockchain, sugerencias de mercadeo

Este cuadro nos dice que las entrevistas realizadas a representantes de El Corral, EMPASA y la Planta de Cárnicos de Zamorano evidenciaron coincidencias clave sobre cómo mejorar la rentabilidad en sistemas porcinos. Entre los hallazgos más relevantes se destaca la importancia de aplicar trazabilidad estricta, fijación por rendimiento y estrategias de marketing institucional, así como la necesidad de revisar los castigos por peso en Zamorano, los cuales generan pérdidas innecesarias. Además, se resaltó la utilidad de tecnologías como sistemas ERP y blockchain para mejorar la gestión operativa y comercial. En conjunto, los expertos coincidieron en que Zamorano tiene un fuerte potencial si adopta un modelo flexible, mejora su empaque, capitaliza su prestigio institucional y fortalece la articulación entre eficiencia técnica y percepción de valor en el mercado.

Benchmarking Dentro de la Zona de Tegucigalpa

Cliente Oculto

Para esta fase empleamos la técnica del cliente oculto, que consiste en ir al Puesto de Venta de Zamorano en aras de recopilar información de sus productos de cerdos. Por otra parte, no pudo ir de forma física al supermercado del Corral, no obstante, se visitó su página web para recopilar información acerca de los precios de los productos de cerdos en venta. Al tener estos datos se pasó a hacer una serie de comparaciones uno con el otro. Se abarcó desde del precio, empaque, presentación, organización en góndola, atención al cliente y medios digitales de disseminación.

La Perspectiva del Cliente Oculto Acerca del Empaquetado, Presentación en Góndola y Servicio al Cliente.

Por lo general, los precios de los productos ofrecidos por Zamorano son más altos en comparación con los de El Corral, lo cual puede explicarse por el volumen de producción que maneja esta última, lo que le permite alcanzar economías de escala. A través del análisis de su página web y presencia digital, se observó que los empaques de El Corral resultan visualmente más atractivos y descriptivos que los de Zamorano, mientras que Zamorano presenta muchos de sus productos en bolsas plásticas genéricas, El Corral etiqueta todos sus productos con su marca y diseños estandarizados, lo cual contribuye a posicionarla en la mente del consumidor. En sus plataformas

digitales también se evidencia una estrategia organizada de exhibición y categorización de productos, lo cual facilita la navegación del cliente y mejora la percepción de profesionalismo. En contraste, en el punto de venta físico de Zamorano, los productos a menudo son difíciles de localizar, y aunque el personal no es malo, pero carecen de empatía y de una vestimenta que los distinga de forma adecuada.

El análisis comparativo de precios entre Zamorano y El Corral revela diferencias notables en términos de accesibilidad y estandarización. En promedio, los productos porcinos de Zamorano tienen un precio significativamente más alto (L. 72.15) en comparación con El Corral (L. 56.32), lo que representa un incremento del 28%. Esta tendencia se repite en casi todos los productos analizados, con excepción de la salchicha de desayuno, donde El Corral muestra un precio mayor. Además, se evidenció una mayor dispersión en los precios de Zamorano, con una desviación estándar de L. 15.07 frente a L. 9.90 en El Corral, lo que sugiere que la estructura de precios en Zamorano carece de consistencia o estrategia comercial clara. Productos como la costilla de cerdo y el lomo presentan diferencias porcentuales superiores al 100%, lo cual es considerable desde una perspectiva de mercado. Estos resultados, junto con los hallazgos del cliente oculto, refuerzan la necesidad de rediseñar la estrategia comercial y de empaque de Zamorano para que los precios percibidos se alineen mejor con la experiencia del cliente y la competitividad del entorno. En resumen, El Corral mantiene precios más homogéneos, accesibles y coherentes con su propuesta de valor, mientras que Zamorano presenta una gama premium sin una diferenciación visual clara que justifique dicha diferencia.

Cuadro 3

Comparativa de precios de productos cerdos entre El Corral y Zamorano.

Zamorano	Precio	El Corral	Precio
Molida de Cerdo	L. 63.07	Carne Molida de Cerdo	L. 63.50
Chuleta de cerdo	L. 56.18	Chuleta de cerdo	L. 43.50
Costilla de cerdo	L. 90.55	Costilla de Cerdo	L. 44.90
Tajo de pierna	L. 79.31	Tajo de pierna	L. 65.50
Paquete de Chorizo español	L. 67.96	Chorizo Español	L. 51.50

Zamorano	Precio	El Corral	Precio
Frankfurter normal paquete	L. 62.66	Frank Hot Dog Paquete	L. 45.50
Salchicha de desayuno	L. 53.28	Salchicha de Desayuno	L. 68.50
Fajitas de cerdo	L. 80.74	Fajitas de cerdo	L. 62.50
Lomo de cerdo	L. 95.62	Lomo de Cerdo	L61.50

En la siguiente tabla se describe en la primera columna el mes del año, en la siguiente describe el total de libras procesadas por la planta y la última columna muestra el dinero gastado, en lempiras, para el total de libras en cada mes. Esta información se usó para hacer estimados de precios por libra haciendo cálculos simples de división para reparar en un dato específico. Se puede observar que en el mes que más se procesaron libras de carne de cerdos es el mes de enero con 49,163 lb por consecuencia el mes en el que más se gastó con L. 1,863,782.50. Por otra parte, el mes en el que menos libras en canal caliente se procesaron fue diciembre con 12,452 lb gastando L. 451,625.50.

Cuadro 4

Datos de Zamorano del valor de Cerdos en peso por canal caliente en cada mes del año 2024.

Etiquetas de fila	Suma de peso canal Caliente lbs	Suma de Precio Cantidad
Enero	49,163.00	L. 1,836,782.50
Febrero	17,496.00	L. 657,314.50
Marzo	17,282.00	L. 662,113.25
Abril	20,237.50	L. 751,434.00
Mayo	17,797.50	L. 678,310.25
Junio	20,126.50	L. 766,531.00
Julio	19,797.00	L. 754,098.25
Agosto	18,102.00	L. 689,358.75
Septiembre	17,802.00	L. 672,453.25
Octubre	21,329.50	L. 807,771.25
Noviembre	22,568.00	L. 853,905.50
Diciembre	12,452.00	L. 451,625.50
Total General	254,154.00	L. 9,581,698.00

El análisis revela que los productos más rentables fueron la carne para asar criolla (L.13,434.51), chuleta corriente (L.13,113.50) y costilla de cerdo (L.13,315.25), con demandas entre 245 y 350 libras y márgenes por libra superiores a L.34. También destacan el lomo (L.7,416.34) y el asado (L.5,528.40) como contribuyentes importantes a la utilidad total de L.60,329.25. En contraste, el tajo generó una pérdida de L.5,049.12 con un ingreso por libra de apenas L.9.42 frente a un costo de L.50.65. Subproductos como pelleja y hueso mostraron ingresos por libra muy bajos (L.1.02 y

L.5.99), lo que refleja su escasa rentabilidad pese a su alto volumen. En general, los cortes con alto margen y buena salida deben priorizarse, mientras que productos con márgenes negativos o poco competitivos deben ser reevaluados para no afectar la utilidad global de la planta.

Cuadro 5

Datos de la planta de cárnicos de los productos de cerdos utilizados para definir las variables, restricciones y función objetivo.

Producto	Costo (L)	Precio de venta (L)	Costos por semana (L)	Ingresos por semana (L)	Ingreso por lb (L)	Demanda en lb	Ganancias (L)
Asado	47.10	81.10	7,658.46	13,186.86	34.00	162.6	5,528.40
Baby Back Ribs	71.29	131.50	1,411.54	2,603.70	60.21	19.8	1,192.16
Filete de cerdo	60.74	95.70	3,037.00	4,785.00	34.96	50.0	1,748.00
Carne para asar	52.16	106.95	12,789.63	26,224.14	54.79	245.2	13,434.5
Chuleta corriente	42.74	80.25	14,941.90	28,055.40	37.51	349.6	13,113.5
Tocineta	54.40	78.30	6,615.04	9,521.28	23.90	121.6	2,906.24
Costilla de cerdo	49.58	90.55	16,113.50	29,428.75	40.97	325.0	13,315.2
Costilla St Louis	66.33	122.38	888.82	1,639.89	56.05	13.4	751.1
Fajita	49.58	80.74	704.04	1,146.51	31.16	14.2	442.47
Lomo	51.58	95.62	8,686.07	16,102.41	44.04	168.4	7,416.34
Lonja	45.86	71.60	1,880.26	2,935.60	25.74	41.0	1,055.34
Pelleja	14.18	15.20	3,352.15	3,593.28	1.02	236.4	241.13
Tajo	50.65	41.23	27,148.40	22,099.28	9.42	536.0	5,049.12
Carne para asar criolla	52.36	95.50	1,047.20	1,910.00	43.14	20.0	862.80
Hueso	14.21	20.20	7,997.39	11,368.56	5.99	562.8	3,371.17
Total	2.8	206.8	114,271.41	174,600.66	484.06	2,866.00	60,329.25

El siguiente cuadro muestra que el modelo de optimización, al aplicarse mediante el método Simplex con Solver, respetó completamente las restricciones establecidas: utilizó un presupuesto de L. 82,154.90, lo cual representa aproximadamente el 71.9% del máximo disponible (L. 114,271.00), indicando un uso eficiente de los recursos sin exceder los límites económicos. Además, ajustó la producción de ciertos productos exactamente al tope de demanda estimada, como en el caso del

asado (162.60 lb de un máximo permitido de 162.6 lb), lo que demuestra que el modelo no solo maximiza ingresos, sino que lo hace dentro de condiciones realistas del mercado, sin generar excedentes ni desperdicios.

Modelo de Optimización

Restricciones del Modelo de Optimización de Producción y Ganancia para la Maximización del

Beneficio.

Cuadro 6

Restricción de presupuesto

Presupuesto máximo para producción (L)		
82154.90	≤	114271

Cuadro 7

Restricción demanda

Producto	Resultado (lbs)		Demanda máxima de mercado por producto (lbs)
Asado	162.6	≤	162.6
Baby Back Ribs	19.8	≤	19.8
Filete de cerdo	50.0	≤	50.0
Carne para asar	245.2	≤	245.2
Chuleta corriente	349.6	≤	349.6
Tocineta	30.27	≤	121.6
Costilla de cerdo	325.0	≤	325.0
Costilla St Louis	13.4	≤	13.4
Fajita	14.2	≤	14.2
Lomo	168.4	≤	168.4
Lonja	41.0	≤	41.0
Pelleja	236.4	≤	236.4
Tajo	0	≤	536.0
Carne para asar criolla	20.0	≤	20.0
Hueso	562.8	≤	562.8
Total	2238.67		2,866.00

Cuadro 8

Restricción oferta técnica máxima por producto

Producto	Resultado (lbs)		Oferta máxima por producto (lbs)
Asado	162.6	≤	214.76
Baby Back Ribs	19.8	≤	27.44
Filete de cerdo	50.0	≤	64.33

Producto	Resultado (lbs)		Oferta máxima por producto (lbs)
Carne para asar	245.2	≤	255.91
Chuleta corriente	349.60	≤	479.66
Tocineta	30.27	≤	30.27
Costilla de cerdo	325.0	≤	473.04
Costilla St Louis	13.4	≤	304.64
Fajita	14.2	≤	54.40
Lomo	168.4	≤	184.01
Lonja	41.0	≤	54.40
Pelleja	236.4	≤	254.65
Tajo	0	≤	567.65
Carne para asar criolla	20.0	≤	56.76
Hueso	562.8	≤	567.65

Nota. Oferta máxima: Peso en libras de carne en canal por semana* % máximo por producto

Adicionalmente se consideró la no negatividad de las variables de decisión: $x_1, \dots, x_{15} \geq 0$

Nota: esta restricción va en función del modelo inicial:

$$\begin{aligned} \text{Max } Z = & 34x_1 + 60.21x_2 + 34.96x_3 + 54.79x_4 + 37.51x_5 + 23.90x_6 + 40.97x_7 + 56.05x_8 \\ & + 31.16x_9 + 44.04x_{10} + 25.74x_{11} + 1.02x_{12} - 9.42x_{13} + 43.14x_{14} + 5.99x_{15} \end{aligned}$$

En la presente solución generada mediante el método Simplex con Solver, se buscó maximizar la utilidad bajo las restricciones de presupuesto y demanda máxima por producto. Se observa que el modelo utilizó un presupuesto de L.82,154.90, sin exceder el límite establecido de L.114,271.00, lo que indica un margen financiero aún disponible. Asimismo, la restricción de demanda fue respetada para cada producto; por ejemplo, se alcanzó exactamente el tope de demanda para el asado (162.6 lb), carne para asar criolla (20.0 lb) y hueso (562.8 lb), mientras que otros productos como el filete (50.0 lb), carne para asar regular (245.2 lb), chuleta corriente (349.6 lb), y costilla de cerdo (325.0 lb) se ajustaron dentro de sus límites máximos de oferta. Es importante destacar que el modelo descartó automáticamente la producción del Tajo (x_{13}). Este corte posee un margen unitario negativo de -9.42 , lo que implica que, por cada libra producida y vendida, la planta incurriría en una pérdida económica. Desde el enfoque teórico del método Simplex para maximización, una variable con coeficiente negativo en la función objetivo solo se incluye cuando existe una restricción que obligue a su producción (por ejemplo, contratos o requerimientos mínimos). En este caso, al no existir tal condición, el algoritmo priorizó productos con márgenes positivos y mayor rentabilidad, excluyendo

al Tajo para evitar pérdidas innecesarias y maximizar la utilidad global. La utilidad total obtenida en este escenario fue de L.63,195.69, lo cual representa un aumento con respecto al análisis anterior, indicando que la formulación actual del modelo mejora el aprovechamiento del presupuesto y la demanda. En conjunto, esta solución valida la efectividad del modelo de maximización aplicado con restricciones reales de mercado y recursos disponibles, priorizando cortes de mayor margen por libra y ajustando los volúmenes a las demandas específicas.

Cuadro 9

Optimización de Producción y Ganancia con Restricciones de Mercado y Presupuesto

Variable	Max Z =	F(x)	P-Co	FO
x_1	81.1	47.1	34	162.60
x_2	131.5	71.29	60.21	19.80
x_3	95.7	60.74	34.96	50.00
x_4	106.95	52.16	54.79	245.20
x_5	80.25	42.74	37.51	349.60
x_6	78.3	54.4	23.9	121.60
x_7	90.55	49.58	40.97	325.00
x_8	122.38	66.33	56.05	13.40
x_9	80.74	49.58	31.16	14.20
x_{10}	95.62	51.58	44.04	168.40
x_{11}	71.6	45.86	25.74	41.00
x_{12}	15.2	14.18	1.02	236.40
x_{13}	41.23	50.65	-9.42	-
x_{14}	95.5	52.36	43.14	20.00
x_{15}	20.2	14.21	5.99	562.80
Ganancia				63,195.95

El siguiente cuadro presenta las restricciones del modelo de optimización analizadas mediante un modelo teórico que incluye el análisis de precios sombra. En el caso del presupuesto máximo para producción, el modelo no utilizó los L. 114,271.00 disponibles, lo que indica que esta restricción es inactiva y hay disponibilidad de recursos. El precio sombra asociado es de L. 0.00, lo cual significa que, por cada lempira adicional disponible en el presupuesto, la utilidad del modelo no incrementaría. Sin embargo, la demanda máxima de mercado de Asado (162.6 unidades) fue alcanzada en su totalidad, y su precio sombra es de L. 34, lo que indica que permitir la venta de una unidad adicional aumentaría la utilidad en ese monto, el precio sombra refleja que estas restricciones están limitando directamente

el potencial de ganancia del modelo, por lo que ampliar la demanda tendría un impacto económico positivo considerable para la Planta de Cárnicos.

Cuadro 10

Restricciones del Modelo de Optimización Mejorados con Margen de Aumento Permitido

Producto	Disponibilidad Máxima de carne	Margen de Aumento Permitido	Límite Mínimo
X1	162.6	52.16	171.81
X2	19.8	7.64	21.95
X3	50	14.33	51.47
X4	245.2	10.71	204.73
X5	349.6	130.06	383.73
X6	121.6	-	24.22
X7	325	148.04	378.43
X8	13.4	291.24	243.71
X9	14.2	40.20	43.52
X10	168.4	15.61	147.21
X11	41	13.40	43.52
X12	236.4	18.57	203.97
X13	536	-	0.00
X14	20	36.76	45.41
X15	562.8	4.85	454.12

En la solución optimizada mediante el método Simplex con Solver, se incorporaron los márgenes de aumento permitido del análisis de sensibilidad (esta es una propuesta de mejora) para ajustar estratégicamente las restricciones de demanda. En cuanto a la oferta se respetaron los límites técnicos productivos, lo que permitió incrementar la utilidad de L. 63,195.69 a L. 78,162.80, equivalente a un 23.7 % de mejora respecto al modelo inicial. Este resultado evidencia que, al considerar los rangos de incremento permitidos, el modelo aprovecha de manera más eficiente la disponibilidad máxima de carne sin alterar la base óptima, priorizando cortes con mayor rentabilidad como X8 y X7, que presentan márgenes altos (291.24 y 148.04, respectivamente). En contraste, cortes como X6 y X13 (Tajo) mantienen márgenes nulos; en el caso del Tajo, su exclusión está justificada por un margen unitario negativo de -9.42, que implicaría pérdidas económicas por libra producida, y solo sería considerado si existiera una restricción que obligara a su producción, lo cual no ocurre en este modelo. En conjunto, estos hallazgos confirman que la optimización aplicada no solo respeta las

condiciones reales del mercado y del presupuesto, sino que también identifica oportunidades concretas de expansión controlada para maximizar la rentabilidad de la Planta de Cárnicos.

Cuadro 11

Resultados del Modelo Optimizado con Ajuste de Restricciones incluyendo análisis de Precios Sombra

Variable	Max Z =	F(x)	P-Co	FO
X1	81.1	47.1	34	171.81
X2	131.5	71.29	60.21	21.95
X3	95.7	60.74	34.96	51.47
X4	106.95	52.16	54.79	204.73
X5	80.25	42.74	37.51	383.73
X6	78.3	54.4	23.9	24.22
X7	90.55	49.58	40.97	378.43
X8	122.38	66.33	56.05	243.71
X9	80.74	49.58	31.16	43.52
X10	95.62	51.58	44.04	147.21
X11	71.6	45.86	25.74	43.52
X12	15.2	14.18	1.02	203.97
X13	41.23	50.65	-9.42	-
X14	95.5	52.36	43.14	45.41
X15	20.2	14.21	5.99	454.12
Ganancia				78,162.80

En esta nueva solución, el modelo optimizado identificó que Tajo, Baby Back Ribs, Filete de cerdo, Lomo y Pelleja son cortes que no aportan de manera significativa a la utilidad global e incluso, en el caso del Tajo, presentan un margen unitario negativo (-9.42), razón por la cual fueron excluidos del plan de producción. Por el contrario, cortes como la Chuleta corriente, Costilla de cerdo y Costilla St. Louis mostraron los mayores aportes a la función objetivo, alcanzando valores de L. 383.73, L. 378.43 y L. 243.71, respectivamente, lo que evidencia su papel prioritario dentro de la estrategia de maximización. La incorporación del margen de aumento permitido (límites técnicos productivos de la canal del cerdo) posibilitó ajustar las restricciones de demanda y oferta sin alterar la base óptima, logrando que la utilidad pasara de L. 63,195.69 en el modelo inicial a L. 78,162.80, es decir, un incremento del 23.7 %. Este resultado confirma que el análisis de sensibilidad no solo revela cuáles restricciones son críticas, sino que también facilita la toma de decisiones para redirigir recursos hacia

los cortes más rentables, transformando limitaciones en oportunidades y maximizando los beneficios productivos y financieros de la planta.

La presente discusión se desarrolla a partir de los hallazgos obtenidos en el análisis técnico y comercial de la Planta de Cárnicos de la Escuela Agrícola Zamorano, contrastados con la literatura especializada sobre eficiencia productiva, uso de tecnología y calidad del servicio al cliente. El benchmarking realizado a través del cliente oculto evidenció que El Corral, principal competidor local, ofrece precios más accesibles, mejor presentación del producto en góndola y un servicio al cliente más personalizado. El cliente oculto observó que el empaque de los productos de El Corral es más atractivo y funcional, lo cual está alineado con estudios sobre marketing de servicios y atención al usuario. Quispe Vidalon y Huárac Quispe (2020), afirman que la calidad de atención influye directamente en la percepción del cliente y, por tanto, en su decisión de compra. El marketing de servicios no debe limitarse a la cortesía, sino que debe enfocarse en resolver necesidades del cliente con empatía, eficiencia y un enfoque profesional. Finalmente, el documento de Quispe Vidalon y Huárac Quispe (2020), señala que una gestión logística-financiera adecuada en empresas cárnicas es clave para mantener la competitividad. La eficiencia operativa se logra no solo a través de reducción de costos, sino también mediante el fortalecimiento del proceso comercial, desde el empaque hasta la experiencia de compra. En este sentido, el modelo de gestión de Zamorano requiere ajustes estratégicos para alcanzar niveles de servicio y costos similares a los de competidores eficientes. En conjunto, esta discusión refuerza la necesidad de implementar mejoras integrales que combinen eficiencia productiva, reducción de gastos y estrategias orientadas al cliente. Las entrevistas a profundidad, la visita como cliente oculto y la literatura analizada coinciden en que existen oportunidades claras de mejora, que pueden ser abordadas sin requerir inversiones imposibles, sino mediante reorganización, capacitación y revisión operativa.

El modelo matemático de optimización desarrollado mediante la herramienta Solver con el método Simplex permitió simular distintos escenarios de producción considerando las restricciones reales de la planta: presupuesto disponible, oferta de carne en canal y demanda máxima semanal por

producto. En su primera ejecución, el modelo obtuvo una utilidad de L. 63,195.69, priorizando cortes como chuleta corriente, costilla de cerdo y carne para asar criolla, que presentan los mayores márgenes unitarios positivos. Posteriormente, al incorporar el análisis de sensibilidad mediante el indicador margen de aumento permitido, se reajustaron estratégicamente las restricciones de demanda y oferta, lo que permitió incrementar la utilidad hasta L. 78,162.80, equivalente a un aumento del 23.7 % respecto al escenario inicial sin exceder el presupuesto asignado. Este resultado confirma que el uso del análisis de sensibilidad no solo facilita identificar cuáles restricciones son críticas para la optimización, sino también redirigir los recursos hacia los cortes más rentables y descartar aquellos con bajo impacto o margen negativo, como el Tajo, optimizando así los beneficios productivos y financieros de la planta.

Estos hallazgos evidencian que la aplicación de modelos de optimización no solo permite tomar decisiones más estratégicas en cuanto a la combinación de productos a ofrecer, sino también identificar oportunidades de mejora al interior del sistema productivo. En particular, el uso de los precios sombra permitió detectar cuáles productos estaban siendo subutilizados por restricciones de demanda que limitaban su potencial económico. Al ajustar dichas restricciones, el modelo mostró que existe margen para aumentar la rentabilidad sin necesidad de mayor inversión, únicamente redirigiendo los recursos hacia los cortes con mayor contribución a la utilidad. Esta herramienta, por tanto, se posiciona como un soporte clave para la toma de decisiones operativas y comerciales en la planta.

Es fundamental considerar que la canal caliente de cerdo genera un porcentaje fijo de cortes derivados, lo que representa una limitación técnica en la producción. Ocampo et al. (2025) demostraron que este rendimiento depende de las características productivas del animal, como en el caso del cerdo criollo San Pedreño. Por ello, al plantear un modelo de optimización económica, es imprescindible contrastar estos límites físicos con las proyecciones teóricas, para evitar estimaciones alejadas de la realidad productiva.

Además de identificar nuevos mercados, es fundamental reconocer qué cortes generan mayor valor económico y evaluar la posibilidad de incrementar su proporción desde la fase productiva. Ocampo et al. (2025), reportaron que el cerdo criollo San Pedreño alcanza un rendimiento en canal caliente del 83,3 % y presenta características como un espesor considerable de grasa dorsal (29,8 mm), lo que sugiere un potencial técnico para modificar la proporción de cortes específicos mediante ajustes en manejo, alimentación o genética. Esta evidencia respalda la idea de que, si se conoce qué cortes aportan más rentabilidad, es viable orientar la producción hacia su incremento, buscando un mayor aprovechamiento económico sin ignorar las restricciones fisiológicas propias del animal.

Conclusiones

La incorporación del análisis de sensibilidad basado en márgenes de aumento permitido posibilitó reajustar estratégicamente las restricciones de demanda y oferta en el modelo de optimización. Gracias a este ajuste, la utilidad semanal se incrementó de L.63,195.69 a L.78,162.80, lo que representa un 23.7 % de mejora sin necesidad de aumentar el presupuesto o la capacidad instalada, demostrando que el uso de herramientas analíticas puede potenciar la rentabilidad con los recursos existentes.

El análisis del modelo evidenció que el corte Tajo (x_{13}) posee un margen unitario negativo de L.-9.42, lo que implica pérdidas económicas por cada libra producida. Al no existir restricciones que obliguen a su producción, se recomienda excluirlo de la solución óptima, priorizando así cortes con márgenes positivos que contribuyan a maximizar la rentabilidad de la planta.

A través de un análisis comparativo con la empresa El Corral, se determinó que los productos cárnicos de Zamorano presentan un precio de venta por kilogramo más elevado. Esto se debe, en parte, a que El Corral opera con economías de escala que le permiten reducir costos y ofrecer precios más competitivos. Además, un ejercicio de cliente oculto reveló que El Corral supera a Zamorano en aspectos clave como servicio al cliente, presentación del empaque y distribución en góndolas, lo que impacta directamente en la preferencia del consumidor.

Las entrevistas a profundidad con expertos del sector revelaron oportunidades de mejora en la relación entre la planta de cárnicos y la granja porcina de Zamorano. Los expertos coincidieron en que la planta penaliza excesivamente a la granja cuando los cerdos no cumplen con todos los parámetros de calidad establecidos. Se concluyó que es necesario implementar un sistema de valoración más equitativo, en el que se reconozca el cumplimiento de los parámetros de calidad que generen más ganancias, asegurando una compensación justa que incentive la producción sin desincentivar a la granja.

Recomendaciones

Propuestas de mejora basadas en los resultados del modelo de optimización

Implementar un sistema de monitoreo continuo de márgenes unitarios por producto para actualizar el modelo de optimización mensualmente, esta medida permitiría ajustar periódicamente la combinación óptima de productos según los cambios en costos, precios y demanda, fortaleciendo la toma de decisiones con el uso recurrente de Solver y favoreciendo una mayor rentabilidad en el mediano plazo.

Realizar un análisis actualizado del rendimiento por tipo de corte obtenido a partir del canal caliente de cerdo en la Planta de Cárnicos de Zamorano, a partir de esta información, y en conjunto con las mejoras propuestas en mercadeo, se sugiere construir un nuevo modelo de optimización que incorpore la oferta disponible de carne por categoría de producto, esto permitiría tomar decisiones más precisas para establecer un sistema de pagos y precios de venta más justo y alineado con la realidad productiva.

Mejorar la visibilidad y organización de los productos en el punto de venta. Se sugiere reestructurar los congeladores, rotular correctamente y exhibir los productos de manera clara y comprensible para mejorar la experiencia del consumidor.

Aprovechar el valor institucional de la marca Zamorano en la comunicación del producto. Se recomienda utilizar la reputación de la marca Zamorano, tal y como se menciona a lo largo de la tesis que los consumidores asocian el nombre Zamorano con calidad, esta reputación debe aprovecharse mejor, incorporando mensajes en el empaque o en el punto de venta que refuercen el vínculo emocional con el cliente y destaquen que el producto es elaborado por estudiantes en un entorno formativo.

Mejorar la coordinación entre la granja y la planta. Las entrevistas y el análisis operativo mostraron que no siempre existe un vínculo evidente entre las decisiones de sacrificio en la granja y la organización comercial de la planta. Se aconseja establecer una comunicación operativa constante

entre las dos unidades con el fin de optimizar la producción, logística, disminuir gastos y maximizar la rentabilidad compartida.

Se recomienda realizar los análisis propuestos, los cuales servirán de base para obtener un modelo de pagos actualizado de acuerdo con el mercado de carne de cerdo.

Referencias

- Camp, R. C. (2017). *Benchmarking*. Productivity Press. <https://doi.org/10.4324/9781003578871>
- Cargill (2018). AIE-CaseStudyCargill. <https://chpalliance.org/wp-content/uploads/2018/06/AIE-CaseStudyCargill.pdf>
- Castillo Zapata, E. Y. (2024). *Evaluación de tres programas de alimentación en las fases de engorde de cerdos en la Granja Porcina Educativa de Zamorano* [Proyecto Especial de Graduación, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras]. [bdigital.zamorano.edu. https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/506601f4-a9fb-45e4-aa0b-490076ef0caf/content](https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/506601f4-a9fb-45e4-aa0b-490076ef0caf/content)
- Creswell, J. W. y Creswell, D. (2017). *Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches*. https://spada.uns.ac.id/pluginfile.php/510378/mod_resource/content/1/creswell.pdf
- González-Araya y Sánchez-Ramírez (2011). Modelo para optimizar la planificación de la producción de productos y subproductos en la industria porcina. <https://www.researchgate.net/publication/277249570>
- Guevara, R. (2022). *Método Simplex*. <https://www.scribd.com/document/799425188/metodo-simplex-ejerc-497307-downloadable-7533893>
- Hernández Rodríguez, C. y Cano Flores, M. (2017). La importancia del benchmarking como herramienta para incrementar la calidad en el servicio en las organizaciones. <https://www.uv.mx/iiesca/files/2018/03/04ca201702.pdf>
- Morán Martínez, J. F. (2016). *Tiempo óptimo de sacrificio de cerdos en Zamorano, Honduras* [Proyecto Especial de Graduación, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras]. [bdigital.zamorano.edu. https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/fa8f2012-4df2-4ab2-8ee7-7cff5e9736c2/content](https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/fa8f2012-4df2-4ab2-8ee7-7cff5e9736c2/content)
- Ocampo, R. J., Martínez, P. Y. y Tobón, J. A. (2025). Comportamiento productivo y características de la canal del cerdo criollo colombiano San Pedreño. *Revista De Investigaciones Veterinarias Del Perú*, 36(1), 1–9. <http://www.scielo.org.pe/pdf/rivep/v36n1/1609-9117-rivep-36-01-e27373.pdf>
- Ordoñez, L. (2020). *Porcino: Análisis de coyuntura*. Secretaría de Agricultura y Ganadería. <https://www.ueg.sag.gob.hn/wp-content/uploads/2021/07/AC-PORCINO-V20.2.pdf>
- Quispe Vidalon, D. y Huárac Quispe, Y. (2020). *Marketing de servicios y calidad de atención al usuario* [Tesis]. Universidad Nacional de Huancavelica, Peru.
- Rebollar Rebollar, S., Gómez Tenorio, G., Hernández Matínez, J., Rojo Rubio, R., González Razo, F. d. J. y Avilés Nova, F. (2007). Determinación del óptimo técnico y económico en una granja porcícola en Temascaltepec, Estado de México. *Ciencia Ergo Sum*, 14(3), 255–262. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=10414303>
- Rejón Ávila, M. y Pech Martínez, V. (2005). Establecimiento del óptimo económico en la engorda de cerdos en una granja del estado de Yucatán. *Revista Mexicana De Agronegocios*, IX(16), 491–496. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=14101608>
- Sánchez Alemán, A. A. (2020). *Desarrollo de índice de costo para la producción de cerdos* [Proyecto Especial de Graduación]. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras.

<https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/42f6cdb0-5d10-4148-adba-c75a21980b33/content>

Tabi Fuérez, S. A. (2017). *Formulación de una dieta de costo mínimo para alimentación de cerdos incluyendo los insumos no convencionales suero y ariche* [Proyecto Especial de Graduación, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras]. bdigital.zamorano.edu. <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/048ee1f3-c982-46a0-ba91-cf5a367f4efa/content>

Turriate Plata, S. V. (2023). *Caso de estudio: implementación de un programa de cliente incógnito como herramienta de mejora continua en la atención al cliente y calidad del servicio* [Trabajo de suficiencia profesional]. Universidad de Lima, Lima-Peru. https://repositorio.ulima.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12724/19387/T018_72925080_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Urgilés Romero, G. E. (2020). *Aumento de la productividad en una planta de procesamiento de cárnicos de una empresa minorista* [Tesis de pregrado]. Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador. <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/52685/1/T-88817%20URGIL%c3%89S%20ROMERO%20GARY%20EMMANUEL.pdf>

Anexos

Anexo A

Resumen de los productos cárnicos derivados del cerdo que compra el Puesto de Ventas Zamorano a la Planta de Cárnicos en Zamorano.

Item Description	Cost	Sold Price
ASADO CONDIMENTADO LB	L57.92	L81.10
BABY BACK RIBS LB	L91.26	L131.50
CARNE MOLIDA DE CERDO LB	L43.26	L58.40
CARNE P/ASAR DE CERDO LB	L80.20	L106.95
CHULETA CORRIENTE LB	L58.18	L80.25
COSTILLA DE CERDO CONDIMENTADA	L62.65	L89.62
COSTILLA DE CERDO LB	L72.44	L90.55
COSTILLA ST LOUIS LB	L85.56	L122.33
FAJITAS DE CERDO LB	L63.96	L80.74
LOMO DE CERDO LB	L72.30	L95.62
LONJA DE CERDO ESPECIAL	L59.16	L71.60
PELLEJA FRESCA CERDO LB	L12.00	L15.20
TAJO DE PIERNA LB	L31.00	L41.23
CARNE CERDO P/ASAR CRIOLLA	L76.38	L95.50
HUESO CERDO LB	L17.22	L20.20

Fuente: Compartido por la Ingeniera. Massiel Saravia, que trabaja con temas relacionados al Puesto de Ventas Zamorano y es encargada de impartir el módulo de Comercialización en la Universidad del Zamorano.

Esta tabla nos ayudó a derivar el costo por libra de cerdo promedio, que fue de L. 58.77

Anexo B

Clasificación de los cerdos

39.00	38.50	38.00	26.00	31.00
CERDO PLUS (SUPERIOR)				
Peso \geq 140 <220				
Grasa Dorsal \leq 0.85				
\geq 55% lean meat				
5 pulg ² de área de lomo mínimo				
	CERDO MÁS	CERDO MENOS	LECHÓN	REPRODUCTORAS
	Peso 130 - 139.99 lb	Peso <130 o >220 lb	Peso	Peso >220 lb
	Grasa Dorsal \leq 0.85	Grasa Dorsal > 0.85	<115 lb	
	50 - 54% lean meat	<50% lean meat		
	4.5 pulg ² de área de lomo mínimo			

Fuente: Planta de cárnicos

El Anexo B muestra el sistema de clasificación de cerdos utilizado en planta según criterios técnicos como el peso, el grosor de la grasa dorsal, el porcentaje de carne magra (*lean meat*) y el área mínima del lomo. Se identifican cinco categorías: “Cerdo Plus (Superior)”, que incluye animales entre 140 y 220 lb con grasa dorsal \leq 0.85 pulgadas, \geq 55% de carne magra y al menos 5 pulgadas² de área de lomo; “Cerdo Más”, con pesos entre 130 y 139.99 lb, grasa dorsal \leq 0.85, entre 50–54% de carne magra y área de lomo de mínimo 4.5 pulgadas²; “Cerdo Menos”, que incluye animales con peso <130 lb o >220 lb, grasa dorsal > 0.85 y menos del 50% de carne magra; “Lechón”, para animales menores a 115 lb; y “Reproductoras”, para animales con peso superior a 220 lb. Esta clasificación es clave para la valoración técnica y comercial de los cerdos, ya que permite establecer estándares de calidad y justificar penalizaciones o bonificaciones según el desempeño individual.

Anexo C

Reporte de Sensibilidad del Modelo de Optimización Generado por Solver

Name	Final Value	Shadow Price	Constraint R.H. Side	Allowable Increase	Allowable Decrease
Presupuesto	87,123	0	114,271.00	1E+30	27,147.99
Demanda Asado	162.6	34	162.6	576.3904883	162.6
Demanda Baby Back Ribs	19.8	60.21	19.8	380.8106607	19.8
Demanda Filete de cerdo	50	34.96	50	446.9540994	50
Demanda Carne para asar	245.2	54.79	245.2	520.4753067	245.2
Demanda Chuleta corriente	349.6	37.51	349.6	635.1893308	349.6
Demanda Tocineta	121.6	23.9	121.6	499.0439706	121.6
Demanda Costilla de cerdo	325	40.97	325	547.5593384	325
Demanda Costilla St Louis	13.4	56.05	13.4	409.2867782	13.4
Demanda Fajita	14.2	31.16	14.2	547.5593384	14.2
Demanda Lomo	168.4	44.04	168.4	526.327879	168.4
Demanda Lonja	41	25.74	41	591.9754034	41
Demanda Pelleja	236.4	1.02	236.4	1914.526939	236.4
Demanda Tajo	0	0	536	1E+30	536
Demanda Carne para asar criolla	20	43.14	20	518.4872422	20
Demanda Hueso	562.8	5.99	562.8	1910.485011	562.8

La tabla de sensibilidad generada por Solver permite identificar qué restricciones del modelo están limitando directamente la maximización de la utilidad. Se observa que varias restricciones de demanda presentan precios sombra positivos, destacando *baby back ribs* (L.60.21), *carne para asar* (L.54.79), *costilla St. Louis* (L.56.05), *lomo* (L.44.04) y *chuleta corriente* (L.37.51), lo que indica que aumentar la demanda permitida de estos productos resultaría en un incremento directo en la ganancia. Por otro lado, el presupuesto no fue una restricción activa (precio sombra = 0), lo que implica que existía margen financiero no aprovechado. Esta información fue clave para ajustar el modelo y orientar la producción hacia los cortes más rentables, optimizando así el uso de los recursos.

Anexo D*Máximo del peso de canal de cerdo por tipo de producto*

Producto	Porcentaje (%)
Asado	4.54%
Baby Back Ribs	0.58%
Filete de cerdo	1.36%
Carne para asar	5.41%
Chuleta corriente	10.14%
Tocineta	0.64%
Costilla de cerdo	10%
Costilla St. Louis	6.44%
Fajitas	1.15%
Lomo	3.89%
Lonja	1.15%
Pelleja	5.39%
Tajo	12%
Carne para asar criolla	1.20%
Hueso	12.00%