

Nota de Aceptación:

Proyecto de Diseño Aprobado, en cumplimiento de los requisitos exigidos por la Pontificia Universidad Javeriana Cali para optar el título de Ingeniero Industrial.



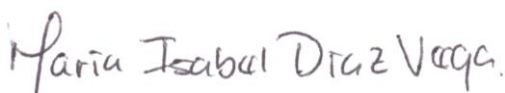
HERNÁN CAMILO ROCHA NIÑO
Decano de la Facultad de Ingeniería y Ciencias



JORGE ENRIQUE ÁLVAREZ PATIÑO
Director Carrera Ingeniería Industrial



KATHLEEN GEORJAHNA SALAZAR SERNA
Director(a) Proyecto de Diseño



MARIA ISABEL DÍAZ VEGA

Jurado 1



JORGE ENRIQUE ÁLVAREZ
PATIÑO

Jurado 2



Pontificia Universidad
JAVERIANA
Cali

Santiago de Cali, julio 30 de 2021

Facultad de Ingeniería y Ciencias
Pontificia Universidad Javeriana Cali

Reciban un cordial saludo,

Después de haber dirigido y hecho seguimiento al proyecto de diseño identificado con código 2020210 titulado “*Producción de alimentación suplementaria para bovinos a base de biomasa residual de naranja*” y desarrollado por los estudiantes de Ingeniería Industrial Valentina Britto Restrepo (C.C 1112498524) y Carlos Andrés Rosales Rendón (C.C 1113692913), considero que este cumple en su totalidad con los objetivos propuestos. De igual manera, he leído el documento final a cabalidad el cual avalúo y soy testigo de las correcciones realizadas por los estudiantes para que sea entregado y evaluado para Proyecto de Diseño II.

Cordialmente,

Kathleen Georjajna Salazar Serna

Directora del proyecto

Facultad de Ingeniería y Ciencias

Calle 18 118-250 Avenida Cañasgordas Pance- www.javerianacali.edu.co. PBX 3218200

Producción de alimentación suplementaria para bovinos a base de biomasa residual de naranja

Valentina Britto Restrepo^{a,c}, Carlos Andrés Rosales Rendón^{a,c}

Kathleen Georjajna Salazar Serna^{b,c}

^aEstudiante de Ingeniería Industrial

^bProfesor, Director del Proyecto de Grado, Departamento de Ingeniería Civil e Industrial

^cPontificia Universidad Javeriana, Cali, Colombia

Resumen

El mercado de los cítricos, y en especial el de la naranja a nivel mundial es muy grande y tiene múltiples enfoques así como los subproductos que se generan posteriores al primer uso, el enfoque de este proyecto fue precisamente destinar un aprovechamiento de dicho residuo orgánico ya que esto se considera algo positivo pese a que no solo permite el aprovechamiento de los mismos, logrando generar un impacto en el medio ambiente y un impacto económico positivo, sino que también se cumple con el objetivo principal en el desarrollo de este proyecto, el cual se enfocaba en realizar un diseño a partir de un subproducto que permitiera generar y promover la economía circular.

El diseño se enfoca en el desarrollo del sistema productivo para un alimento suplementario que se suministra a bovinos en forma de pellets, para el cual se utilizaron diferentes metodologías de ingeniería industrial plasmadas a lo largo de todo el documento. Primero, se realizó una evaluación de diferentes alternativas que se pueden emplear con el fin de generar el aprovechamiento del desperdicio resultante, después se realizó el diseño del sistema productivo, definiendo un alcance inicial de 573 bovinos por mes, la propuesta de distribución de una planta mediante la metodología SLP y finalizando con una evaluación financiera del proyecto en el que se tiene en cuenta toda la inversión y se evalúan indicadores de viabilidad.

Palabras claves: Reutilización, aprovechamiento, economía circular, pellets, bovinos, simulación, distribución de planta

Abstract

The citrus market, and specially the orange market worldwide is very large and has multiple approaches as well as the by-products that are generated after the first use, the focus of this project was precisely to allocate a use of said organic residue already that this is considered something positive despite the fact that it not only allows the use of them, managing to generate and impact on the environment and a positive economic impact, but it also fulfills the main objective in the development of this project, which focused on making a design from a by-product that would allow the generation and promotion of the circular economy.

The design focuses on the development of the production system for a supplementary feed that is supplied to cattle in the form of pellets, for which different industrial engineering methodologies were used, reflected throughout the document. First, an evaluation of different alternatives that can be used in order to generate the use of the resulting waste was carried out, then the design of the production system was carried out, defining and initial scope of 573 cattle per month, the proposed distribution of a plant using the SLP methodology and ending with a financial evaluation of the project in which all the investment is taken into account and feasibility indicators are evaluated.

Keywords: Reuse, exploitation, circular economy, pellets, cattle, simulation, plant distribution.

Tabla de contenido

I.	PROJECT CHARTER	4
II.	DEFINIR.....	7
A.	Contexto y Justificación.....	7
B.	Requerimientos.....	12
	1) Restricciones de diseño (Factibilidad).....	12
	2) Especificaciones de diseño (Características)	12
	3) Leyes, normas y estándares (Buenas prácticas).....	12
III.	MEDIR.....	15
	1) Plan de recolección de datos	15
	2) Exploración del mercado	16
IV.	ANALIZAR	24
	1) Análisis de Oportunidad.....	24
	2) Revisión de literatura	26
	3) Exploración de ideas y selección de alternativa	28
	4) Objetivos.....	31
	5) Plan de trabajo (PdT)	32
V.	DISEÑAR	33
	1) Descripción del producto y del mercado de los suplementos para ganado bovino.....	34
	2) Determinación de la macro localización de planta y demanda del producto.....	36
	3) Composición del producto y requerimientos de materiales.....	40
	4) Maquinaria y Equipo	42
	5) Determinación Inventario	45
	6) Distribución de planta	47
VI.	VERIFICAR.....	51
	1) Validación del diseño propuesto	51
	2) Proyecciones Financieras.....	56
	3) Evaluación Financiera.....	60
	4) Análisis de Sensibilidad y Riesgo.....	60
VII.	CONCLUSIONES	63
VIII.	RECOMENDACIONES	64
IX.	GLOSARIO	64
X.	REFERENCIAS.....	65
XI.	ANEXOS	68

Índice de Tablas

TABLA I. MAYOR PRODUCCIÓN DE FRUTAS CÍTRICAS EN DEPARTAMENTOS DE COLOMBIA. MODIFICADO DE [5].....	8
TABLA II. CLASIFICACIÓN DE LOS ACTORES DE INTERÉS SEGÚN SU PODER E INTERÉS	10
TABLA III. REQUERIMIENTOS DE LOS ACTORES DE INTERÉS	13

TABLA IV. INDICADORES DE DESEMPEÑO A MEDIR.....	16
TABLA V. RESULTADOS DE LA EXTRACCIÓN DE NARANJAS EN JUGOS MANDARÍN. MODIFICADO DE [15]	17
TABLA VI. PESTEL DEL ENTORNO INDUSTRIAL DE NARANJA EN COLOMBIA.....	22
TABLA VII. MATRIZ DOFA DEL ENTORNO DE LOS PRODUCTOS ELABORADOS A BASE DE RESIDUOS CÍTRICOS EN COLOMBIA	23
TABLA VIII. ALTERNATIVAS DEL APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS DE NARANJA. MODIFICADO DE [34][35][36][37][38][39].....	24
TABLA IX. RESULTADOS DE INDICADORES DE DESEMPEÑO	24
TABLA X. REVISIÓN DE LITERATURA.....	26
TABLA XI. DIMENSIONES DE MERCADO PARA LAS ALTERNATIVAS ELEGIDAS EN EL MÉTODO DISNEY	29
TABLA XII. CRITERIOS AHP Y SUS RESPECTIVOS DATOS	30
TABLA XIII. CONSISTENCIA DE LOS CRITERIOS DE LA METODOLOGÍA AHP	31
TABLA XIV. RESULTADOS DE LA METODOLOGÍA AHP.....	31
TABLA XV. PLAN DE TRABAJO	32
TABLA XVI. COSTO DE SUPLEMENTACIÓN DE LITRO DE LECHE PRODUCIDO CON ENSILAJE DE NARANJA. MODIFICADO DE [54]	34
TABLA XVII. PRECIOS DE LA COMPETENCIA POR BULTOS DE 40 KG. MODIFICADO DE [56][57][58][59][60][61][62][63][64] .	35
TABLA XVIII. FACTORES DE IMPORTANCIA PARA LA LOCALIZACIÓN DE LA PLANTA	36
TABLA XIX. METODOLOGÍA DE PUNTAJE PONDERADO PARA LA LOCALIZACIÓN. MODIFICADO DE [66][68][69].....	37
TABLA XX. REQUERIMIENTOS DE CALCIO Y FÓSFORO DE VACAS LECHERAS SEGÚN SU PRODUCCIÓN. MODIFICADO DE [62]	41
TABLA XXI. MATERIALES REQUERIDOS PARA 1 KG DE ALIMENTO CONCENTRADO	41
TABLA XXII. SACRIFICIOS DE HEMBRAS BOVINAS A NIVEL NACIONAL, DEPARTAMENTAL Y VARIACIÓN DE LA DEMANDA DEL PRODUCTO. MODIFICADO DE [77]	45
TABLA XXIII. CÁLCULOS ESTADÍSTICOS SOBRE LOS SACRIFICIOS EN LA ESCALA DE LA DEMANDA DEL PROYECTO.....	46
TABLA XXIV. PARÁMETROS Y CÁLCULO DE INVENTARIO DE SEGURIDAD	46
TABLA XXV. CÁLCULO DEL INVENTARIO PROMEDIO. FUENTE: ANEXO 12	47
TABLA XXVI. PARÁMETROS USADOS EN EL MODELO DE FLEXSIM.MODIFICADO DE [72][73][74][75][76]	56
TABLA XXVII. COSTOS INVERSIÓN INICIAL. MODIFICADO DE ANEXO 17	57
TABLA XXVIII. COSTOS INVESTIGADORES. MODIFICADO DE ANEXO 17	57
TABLA XXIX. TASA DE FINANCIACIÓN DEL PROYECTO. FUENTE: ANEXO 17.....	57
TABLA XXX. COSTOS DE MATERIA PRIMA. FUENTE: ANEXO 17.....	58
TABLA XXXI. AUMENTOS ANUALES. FUENTE: ANEXO 17.....	58
TABLA XXXII. FLUJO DE CAJA NETO DEL PROYECTO. FUENTE: ANEXO 17.....	59
TABLA XXXIII. FLUJO DE CAJA NETO DEL INVERSIONISTA. FUENTE: ANEXO 17	59
TABLA XXXIV. INDICADORES FINANCIEROS DE LOS FLUJOS DE CAJA. FUENTE: ANEXO 17.....	60
TABLA XXXV. INDICADORES FINANCIEROS DE LOS FLUJOS DE CAJA. FUENTE: ANEXO 17.....	61
TABLA XXXVI. ANEXOS	68

Índice de Figuras

Fig. 1. Producción del grupo de frutales en toneladas a nivel nacional para el primer semestre del 2019.	8
Fig. 2. Matriz Interés vs Poder.	11
Fig. 3. Porcentaje de rendimiento y desperdicio de las naranjas en Jugos Mandarín.	18
Fig. 4. Caracterización del residuo de naranja.	18
Fig. 5. Composición química de los residuos de naranja (Valor medio \pm desviación estándar).....	19
Fig. 6. Diagrama de flujo para la extracción de zumo de naranja.	21
Fig. 7. Exploración de ideas mediante el método Disney.	28
Fig. 8. Diagrama de flujo para la elaboración de pellets a base de residuos de naranja.	38
Fig. 9. Diagrama de flujo para la elaboración de pellets a base de residuos de naranja.	39
Fig. 10. Diagrama de flujo para la elaboración de pellets a base de residuos de naranja.	40
Fig. 11. BOM alimento para vacas con baja producción de leche.....	41
Fig. 12. BOM alimento para vacas con producción de leche media.	42
Fig. 13. BOM alimento para vacas con alta producción de leche.	42
Fig. 14. Secadora.	43

Fig. 15. Moledora.....	43
Fig. 16. Peletizadora.....	44
Fig. 17. Enfriadora de pellets.....	44
Fig. 18. Máquina empacadora.....	45
Fig. 20. Fórmula para el cálculo del inventario del stock de seguridad.....	46
Fig. 20. Matriz de relación de actividades.....	48
Fig. 21. Diagrama de relación de actividades.....	49
Fig. 22. Circulación de flujo en U.....	49
Fig. 23. Diagrama relacional de espacios.....	50
Fig. 24. Propuesta final de distribución de planta.....	51
Fig. 25. Modelo de simulación en Flexsim.....	52
Fig. 26. Resultados operación de empacadora.....	53
Fig. 27. Resultados ocupación operario.....	53
Fig. 28. Ocupación de actividades de operario 1 con operario adicional.....	53
Fig. 29. Ocupación de actividades de operario 2 con operario adicional.....	54
Fig. 30. Resultados operación empacadora con operario adicional.....	54
Fig. 31. Resultados operación empacadora con aumento de capacidad.....	55
Fig. 32. Ocupación de actividades de operario 1 con aumento de capacidad.....	55
Fig. 33. Ocupación de actividades de operario 2 con aumento de capacidad.....	55
Fig. 34. Pronóstico VPN Risk Simulator.....	62
Fig. 35. Pronóstico TIR Risk Simulator.....	62
Fig. 36. Análisis de sensibilidad Risk Simulator.....	63

I. PROJECT CHARTER

Descripción (<i>Business case</i>)	Planteamiento del problema (<i>Problem statement</i>)		
<p>La naranja es un fruto cítrico que se produce a nivel mundial en grandes cantidades y para diferentes usos tales como cosméticos, perfumería, alimenticios. En ese mismo sentido se generan desperdicios de dicho fruto que se ven comprendidos entre pulpa, cascara, semillas y que en la mayoría de los casos no son aprovechados, dicha situación se puede ver atribuida a la desinformación de los dueños de las organizaciones dedicadas a las diferentes actividades con el naranja o simplemente desinterés por tener que hacer una implementación extra a sus líneas de producción y con esto, incurrir en alguna inversión que no creen necesaria. La generación de todos estos desperdicios trae consigo múltiples daños ambientales gracias a los efectos de contaminación de suelos y agua, también incurre en el desaprovechamiento de alrededor del 50% de su materia prima. Dicho lo anterior, con este proyecto se busca proponer de manera general a las empresas dedicadas a la extracción de zumos y jugos de naranja el aprovechamiento de los residuos por medio de suplementación alimentaria para bovinos, pues con esta alternativa se da una mano al medio ambiente, generan nuevas fuentes de ingresos, contribuyen a una economía circular e impulsan un sector muy importante del país y que genera una gran cantidad de empleos como lo es la ganadería.</p>	<p>El problema consiste en que las empresas dedicadas a la extracción de zumos y jugos de la naranja generan unos residuos que en su mayoría no cuentan con un método de reutilización y ni siquiera conocen cual llega a ser su fin último. Seguido a esto, la oportunidad encontrada consiste en incorporarse en el mercado verde con la economía circular, fabricando un nuevo producto a partir de los residuos resultantes de la operación.</p>		
Impacto de los actores (<i>Stakeholder's business needs</i>)	Restricciones	Especificaciones	Marco legal
		Retorno de inversión	Se debe tener en cuenta el sector

<p>Las empresas dedicadas a la extracción de jugos y zumos de naranja requieren una solución que permita el aprovechamiento de residuos que sea económicamente viable y en ese mismo sentido, que les genere un retorno económico mediante un nuevo producto que no hace parte de su sistema de producción actual.</p> <p>Además, las instituciones estatales, esperan que el sistema diseñado no infrinja las normativas ambientales.</p>	<p>Proponer un sistema de producción que sea viable para su implementación.</p> <p>El diseño de una planta de producción que no acarree mayores gastos iniciales ni espacio.</p> <p>Tener en cuenta la maquinaria que se debe adquirir para la producción del nuevo producto.</p> <p>Tiempo disponible para la realización del proyecto debe estar alineado al del semestre.</p> <p>Presupuesto destinado por la junta de socios para la realización del proyecto.</p> <p>Criterios de evaluación de los jurados del proyecto.</p>	<p>favorable para la empresa que quiera hacer la implementación.</p> <p>Reducir las pérdidas de materia prima aprovechable.</p> <p>Inclusión de las diferentes áreas de conocimiento por parte del equipo para la toma de decisiones.</p>	<p>de la ganadería y la ley por la que se ve regido para que la propuesta se ajuste a ella.</p> <p>Se debe cumplir con normas de seguridad industrial.</p> <p>Se debe tener en cuenta la ley que dispone la reglamentación para el manejo de residuos.</p> <p>Se deben acatar la normativa de la Universidad Javeriana Cali para la realización del Proyecto de Diseño.</p>
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Indicadores de Desempeño (KPI's)					
Variable		Actualidad		Meta	
Aprovechamiento de la biomasa residual		0%		50%	
Objetivo general (Goal statement)					
Diseñar un sistema productivo para la fabricación de suplementos alimenticios para bovinos a partir del aprovechamiento de residuos de naranja.					
Objetivos específicos (Project scope)					
Identificar aspectos claves de la producción de suplementos alimenticios para bovinos por medio de una exploración de mercado que permita identificar las necesidades del sector.					
Establecer las condiciones óptimas de operación del sistema validándolo a través de herramientas de simulación.					
Determinar la viabilidad financiera de la implementación del sistema a partir de criterios de selección de proyectos y análisis de riesgo.					
Plan de Trabajo (Project Plan)				Equipo de trabajo (Team members)	
Actividad	Fecha Inicio	Fecha Fin	Área IISE	Nombre	Rol
Realizar una investigación en la literatura con el fin de determinar la composición de diferentes alimentos y suplementos usados en la industria ganadera.	1 de febrero del 2021	24 de febrero del 2021	5. Quality & Reliability Engineering	Carlos Andrés Rosales	Gatekeeper
Análisis de mercado	25 de febrero del 2021	8 de marzo del 2021	4. Facilities Engineering and Energy Management	Valentina Britto Restrepo	Encourager
Determinar materiales requeridos para el desarrollo del producto.	9 marzo 2021	19 marzo 2021	7. Operations Engineering & Management	Carlos Andrés Rosales	Gatekeeper
Pronosticar la demanda del producto.	23 marzo 2021	5 abril 2021	7. Operations Engineering & Management	Valentina Britto Restrepo	Encourager

Realizar un modelo de simulación para predecir el comportamiento del sistema	6 abril 2021	26 abril 2021	2. Operations Research and Analysis	Valentina Britto Restrepo	Encourager
Análisis financiero del proyecto	27 abril 2021	21 mayo 2021	3. Engineering Economic Analysis	Carlos Andrés Rosales	Gatekeeper

II. DEFINIR

A. Contexto y Justificación.

Mundialmente la producción y el consumo de cítricos ha registrado un fuerte crecimiento desde mediados de los años 80 [1]. Actualmente forma parte de los cultivos más abundantes entre los cuales se encuentran naranjas, pomelos, limones, limas, y mandarinas. Aproximadamente 100 millones de toneladas de frutas cítricas se producen anualmente y alrededor de 25 millones de toneladas se procesan industrialmente para la producción de jugos u otros productos [2].

En el contexto colombiano el cultivo de cítricos ha logrado un gran desarrollo gracias a las ventajas comparativas del trópico tales como la luminosidad, pluviosidad, temperaturas y horas de luz; además de las excelentes condiciones agroecológicas y de suelos, que posibilitan altos rendimientos por hectárea. Adicionalmente, la producción de fruta es permanente, a través de todo el año, con épocas marcadas de concentración de la cosecha [3]. Con base en la Fig. 1, se estima que aproximadamente el 18% del total de la producción de frutas corresponde al citricultivo según las cifras del DANE para el primer semestre del año 2019 [4].

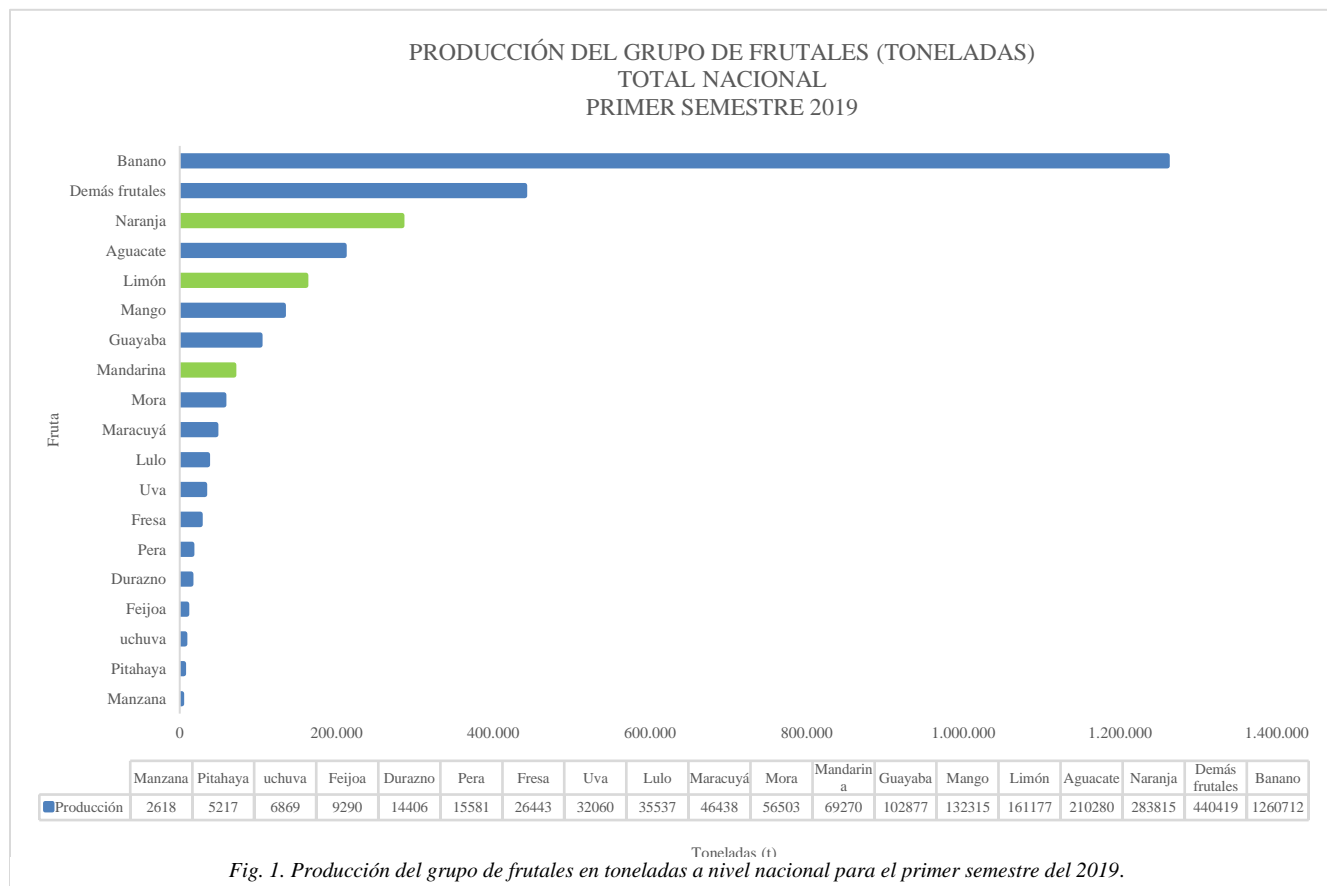


Fig. 1. Producción del grupo de frutales en toneladas a nivel nacional para el primer semestre del 2019.

Fuente: [4].

Por otra parte, la producción de frutas cítricas por departamentos en el territorio colombiano desde el año 2015 al 2019 según el Ministerio de Agricultura, se muestra en la Tabla I, donde se identifican los departamentos con una producción mayor a las 540 000 toneladas. En el departamento del Valle del Cauca se presenta una producción de 764 950 toneladas, para los últimos cinco años, lo cual representa aproximadamente un 12% del total producido a nivel nacional, siendo superado únicamente por el departamento de Santander, al cual le corresponde aproximadamente el 23% de la producción nacional [5].

TABLA I.

MAYOR PRODUCCIÓN DE FRUTAS CÍTRICAS EN DEPARTAMENTOS DE COLOMBIA. MODIFICADO DE [5]

DEPARTAMENTO	PRODUCCIÓN					TOTAL
	(Ton.)					
	2015	2016	2017	2018	2019	
Santander	244 525	285 990	295 352	305 020	303 678	1 434 565
Valle del Cauca	144 831	152 035	157 012	162 152	148 920	764 950
Caldas	96 748	110 492	114 109	114 450	113 652	549 451
Antioquia	103 807	125 846	129 965	134 220	132 791	626 629

Meta	109 175	104 873	108 305	111 851	110 920	545 124
------	---------	---------	---------	---------	---------	----------------

En este sentido, cabe resaltar que la *citricultura* tiene una gran importancia tanto a nivel nacional como internacional, ya que su producción ofrece una oportunidad de mercado grande al cual se puede ofrecer fruta fresca y procesados tales como jugos, zumos o pulpas para las diversas necesidades de la demanda. Sin embargo, esta industria puede tener un gran impacto ambiental debido a los residuos ocasionados por la extracción del zumo de la fruta, entre los cuales se encuentran la cáscara, las semillas y las membranas que según la FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación) representan el 50% de la masa de la fruta [6]. Para hacerse a una idea, solo en Brasil en el año 2017 se produjeron aproximadamente 1,03 millones de toneladas de zumo de naranja, lo que representó alrededor del 50% de la producción mundial en ese año [7]. En ese orden de ideas, es evidente que la *biomasa* residual de la industria de zumo de frutas cítricas en general representa una gran oportunidad de negocio para estas empresas debido a la variedad de productos que pueden fabricar a partir de estos. Otra gran ventaja es el impacto ambiental que tendría la eliminación de una cantidad significativa de estos, ya que su manejo inadecuado trae como consecuencia la contaminación de fuentes hídricas con lixiviados que pueden presentar altos niveles de toxicidad.

La oportunidad de involucrarse en este proyecto surge del interés de aprovechar el residuo resultante de la extracción del zumo de la naranja debido a que es el cítrico que más producción tiene a nivel mundial y de la cual se tiene un rendimiento de la fruta aproximadamente del 50%, lo que representa una cantidad de toneladas de desperdicio que requieren de un tratamiento adecuado debido al grave daño ambiental que un mal procesamiento de los residuos puede ocasionar, además se presenta una oportunidad económica y productiva que aprovecharían las empresas al darle un valor agregado a los desechos para obtener más ingresos y verse reconocidos en el sector industrial como empresas generadoras de valor.

El desarrollo de este proyecto tiene como principal objetivo, aplicar los principios de la economía circular en el diseño de un sistema productivo para el aprovechamiento de la *biomasa* residual en la extracción del zumo y jugo de naranja en las empresas dedicadas a este proceso, con el fin de brindar la oportunidad de aprovechar al máximo la materia prima ingresada a su proceso productivo. Como beneficios de este proyecto, se destacan la disminución del impacto negativo en el medio ambiente, evitando contaminaciones a las fuentes hídricas, beneficios económicos para las empresas con la venta de los residuos aprovechados, brindar nuevas oportunidades laborales para las personas y fomentar la competitividad de las empresas con miras a lograr reconocimiento nacional. Cabe destacar que no realizar procesamiento de los residuos incurriría en el desaprovechamiento de una oportunidad económica, ambiental y empresarial, ya que las empresas dispondrían de más gastos por la eliminación de residuos sin presentar ganancias como retribución, se afectaría el medio regional y no se desarrollaría un nivel de competitividad a nivel industrial.

A. Grupos de interés

Es importante identificar las partes interesadas en el proyecto debido a que influyen directa o indirectamente en él, y establecer las prioridades, intereses y requisitos de cada grupo, así como su influencia en el proyecto para lograr entender sus perspectivas e incorporarlas en el diseño y desarrollo [8]. Para el proceso del aprovechamiento de los desechos de la naranja se decidió escoger la metodología de análisis de stakeholders correspondiente a la Matriz de Interés vs Poder.

En la Tabla II, se presentan las partes interesadas en el proyecto (Anexo 1) junto con su respectiva descripción e interés con los resultados de este, además de la ponderación correspondiente al poder e interés que cada uno de los grupos mostró en el desarrollo del proyecto con base al criterio que el equipo de trabajo consideró para cada actor interesado. La ponderación se estableció entre un rango de 1 a 5, siendo 1 el nivel más bajo y 5 el nivel más alto correspondiente al poder e interés. En la Fig. 2. se presenta la Matriz de Poder vs Interés construida con las ponderaciones asignadas a cada uno de los grupos de interés.

TABLA II.

CLASIFICACIÓN DE LOS ACTORES DE INTERÉS SEGÚN SU PODER E INTERÉS

Cod.	Partes interesadas	Descripción	Interés con los resultados del proyecto	Interés	Poder
A	Empresas productoras de zumos y jugos de naranja	Empresa productora de zumos de naranja, las cuales generan un residuo de alrededor del 50%.	Aprovechamiento cercano o igual al 100% de su materia prima.	5	5
C	Los Fruti-ingenieros	Grupo de estudiantes de ingeniería industrial de la Pontificia Universidad Javeriana Cali, en busca de aplicar los conocimientos adquiridos a lo largo de la carrera mediante su proyecto de grado.	Ofrecer un diseño viable para el proceso de aprovechamiento de los residuos que genere un impacto positivo en la organización.	5	3
D	Proveedores potenciales	Futuros encargados de suministrar los materiales e insumos necesarios para el procesamiento de los residuos.	Mayor utilidad de las empresas al obtener mayor demanda de sus productos.	5	4
E	Operarios del procesamiento de los residuos	Operarios de los procesos de reutilización de residuos y personas encargadas de hacer los diseños correspondientes de los productos.	Tener una participación remunerada en el proceso de tratamientos de los residuos.	5	2
F	CVC (Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca)	Ente regulador de los recursos ambientales y conservación de estos en el Valle del Cauca.	Solución a un posible problema de contaminación de los recursos hídricos en el Valle del Cauca.	4	3
G	Pontificia Universidad Javeriana Cali	Institución de educación superior encargada de la supervisión del proyecto de grado de los Fruti-Ingenieros	Derechos sobre la investigación realizada y posibles conexiones con Citrix Jugos S.A.	5	1
H	Agricultores	Agricultores de la región dedicados a la siembra de cultivos como fuente de vida económica.	Adquirir un producto a base de dichos residuos para la fertilización de sus tierras y obtener beneficios económicos a raíz de mejoras en los cultivos.	4	1
I	Sector bovino (alimentación de bovinos)	Sector de la economía dedicado a la adquisición y cría de bovinos.	Adquirir alimento balanceado y rico en nutrientes de buena calidad para la alimentación de bovinos.	4	1
J	Industria química	Industrias que se dedican a desarrollar y fabricar productos químicos.	Adquirir etanol de alta calidad para los diversos usos que se le puede dar en la industria.	2	1
K	Productores de combustible	Industrias productoras y/o procesadoras de combustibles.	Adquirir etanol producto del aprovechamiento de los residuos para la mezcla con diversos tipos de combustibles.	2	1
L	Industria farmacéutica	Industrias que se dedican al desarrollo y/o fabricación de fármacos	Aprovechamiento del etanol producto del tratamiento de los residuos para sus usos en la industria farmacéutica.	2	1

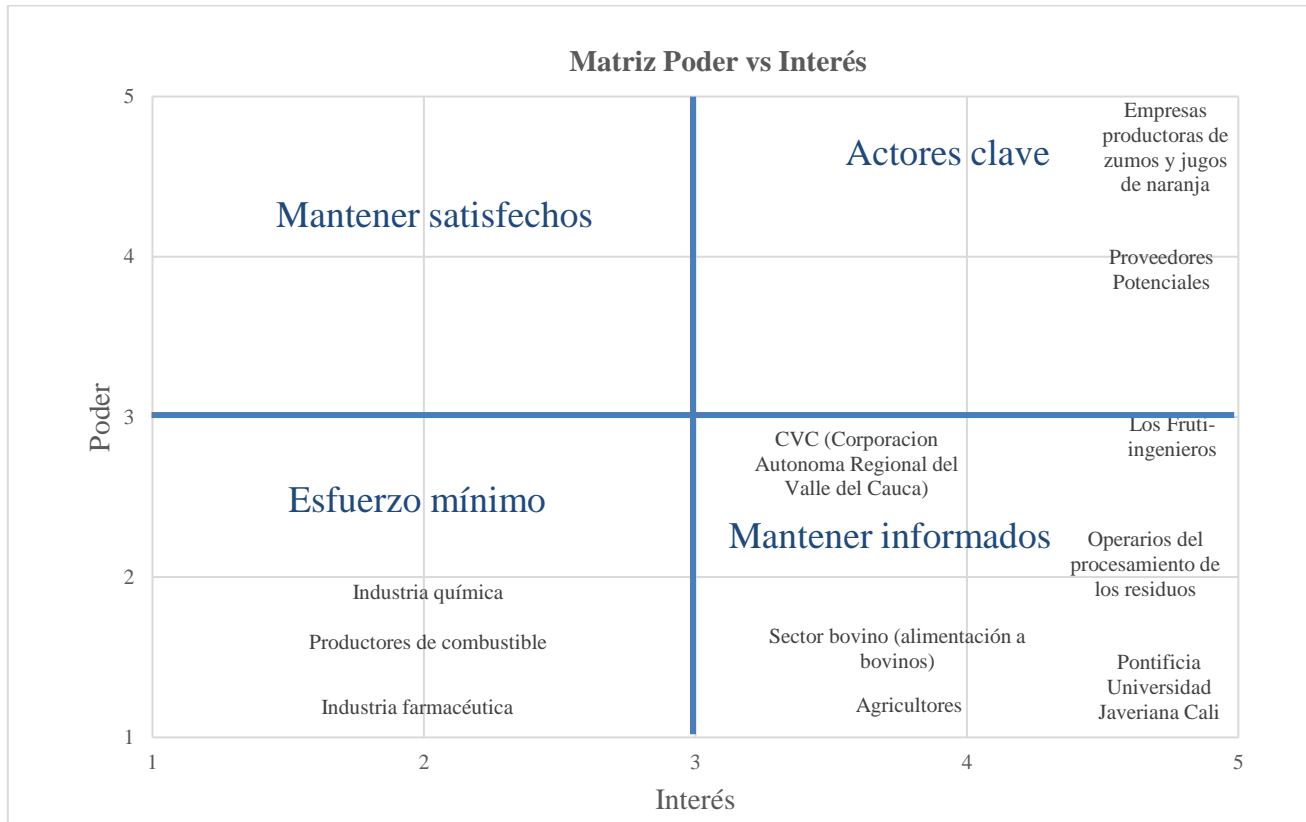


Fig. 2. Matriz Interés vs Poder.

Fuente: Propia.

La Matriz de Interés vs Poder consiste en agrupar a los interesados basándose en su nivel de autoridad “poder” y de preocupación “interés” con respecto a los resultados del proyecto [9]. En este sentido, en la matriz se pueden apreciar cuadrantes a los que corresponden características distintas con relación a los actores interesados.

En el cuadrante de “Actores clave” se encuentran aquellos grupos de interés que presentan un poder y un interés alto, por lo tanto, se considera que pueden intervenir activamente sobre las decisiones que se puedan tomar en el proyecto [10]. Este es el caso de las empresas productoras de zumos y jugos de naranja, quienes se consideran los actores más importantes para la toma de decisiones en la empresa.

Los interesados ubicados en el cuadrante “Mantener informados” son aquellos que presentan un alto interés sobre las decisiones que se puedan tomar en el proyecto, pero cuentan con poco poder para influir en ellas [10]. En este cuadrante se encuentra la Pontificia Universidad Javeriana de Cali, los operarios del proceso y los clientes como el sector agrícola y equino.

En el cuadrante “Mantener satisfechos” la empresa busca que los grupos continúen sin presentar un gran nivel de interés en las decisiones que se puedan tomar en el proyecto puesto que no se verán perjudicados por esta, por lo mismo que no se opondrán. Sin embargo, es necesario mantenerlos informados e involucrarlos en el proyecto para que no se presenten inconvenientes ya que estos actores de interés si cuentan con poder sobre este [10].

Por último, los interesados situados en el cuadrante “Esfuerzo mínimo” se caracterizan por presentar tanto un interés como un poder bajo en las decisiones que se tomen en el proyecto. Por lo tanto, la empresa debe realizar un esfuerzo mínimo para involucrarlos en el proyecto, ya que como no es necesario mantenerlos informados basta con asegurarse de que el poder y el interés que los grupos presenten no haya cambiado, teniendo en cuenta la percepción que estos tengan respecto al proyecto [10].

En este se encuentran, las industrias química y farmacéutica y los productores de combustible. Cabe resaltar que estos posibles clientes presentan un interés más bajo a los del sector equino y de agricultura, porque se considera que para la actividad de la empresa no es significativo apostarle ahora a este mercado, sin embargo, se tienen en cuenta para futuros convenios.

Con lo anterior, se aprecia en la matriz que los grupos de interés correspondientes a los proveedores, CVC y Fruti-ingenieros no se encuentran específicamente en alguno de los cuadrantes, sino que cuentan con una ponderación con un interés intermedio correspondiente a 3.

B. Requerimientos

Los requerimientos hacen referencia a los requisitos o condiciones por parte de los distintos grupos de interés involucrados en el proyecto con relación a los resultados esperados de este. Los grupos de interés fueron previamente identificados de acuerdo con las posibles alternativas de aprovechamiento de los desechos de naranja (Anexo 1). Es importante mencionar que las alternativas a analizar también estarán sujetas a restricciones, especificaciones, leyes y normas. En este sentido, se procede a analizar la factibilidad, las características y las buenas prácticas con base en los requerimientos.

1) Restricciones de diseño (Factibilidad)

Se deben tener en cuenta los tipos de restricciones que afecten el cumplimiento de los intereses de las partes en la propuesta de diseño, debido a que el proyecto puede presentar limitantes económicas, sociales y actitudinales por parte de la empresa, que afecten la implementación de las alternativas para solucionar el problema de la *biomasa* residual.

2) Especificaciones de diseño (Características)

Es necesario tener presente las expectativas por parte de los actores de interés, por esto se plantean especificaciones de diseño que impacten los requisitos propuestos para cada uno de ellos. Se proponen con base en el buen cumplimiento de estos, respetando las limitaciones que se pueden presentar para alcanzar los resultados esperados.

3) Leyes, normas y estándares (Buenas prácticas)

Para garantizar el desarrollo del proyecto cumpliendo con las especificaciones planteadas es indispensable tener presentes el conjunto de normas que se deben cumplir para llevar el proceso de aprovechamiento de residuos orgánicos a la práctica, cumpliendo con las disposiciones legales a nivel local, regional y nacional. Con el seguimiento de la normatividad se asegura que el desarrollo y la dirección del proyecto esté por buen camino, puesto que además de evitar problemas legales, garantiza estándares de calidad altos y por ende otorga confiabilidad al producto ofrecido pese a no contar con experiencia industrial.

La Tabla III, presenta la información de los requisitos del propietario Citrix Jugos S.A., Tres Lomas S.A., los proveedores potenciales y operarios (Anexo 1), también se identificó a los clientes y entes reguladores (CVC). La información sobre los requisitos, restricciones y especificaciones de estos dos últimos se ha proporcionado de artículos científicos e información en línea, así como la información normativa de todos los numerales de la tabla.

TABLA III.

REQUERIMIENTOS DE LOS ACTORES DE INTERÉS

Grupos de interés	VOC (Requisitos)	Restricciones de diseño	Especificaciones de diseño	Leyes, normas y estándares	
				Legislación y requisitos aplicables	Importancia o efecto
Empresas productoras de zumos y jugos de naranja	Aprovechar la <i>biomasa</i> residual de su materia prima y ofertarlos bajo altos estándares de calidad.	Capital reducido para el tratamiento de los desechos.	Aprovechamiento del 100% de los residuos.	-Política para la Gestión Integral de los Residuos. 1998. Ministerio del Medio Ambiente. -Resolución 683 del 2012. - Ley 9 de 1979. Título I. -CONPES 3934 - Política de crecimiento verde. -Artículo 1 de la ley 726 de 2001. Asohofrucol. - Ley 1480 de 2011. Capítulo I	-Política del gobierno para un manejo eco amigable de los residuos en las industrias. -Ley que precisa el uso de materiales y productos que conserven la salud de seres vivos. -Generar condiciones que promuevan nuevas oportunidades económicas basadas en la riqueza del capital natural. -Norma que dictamina el recaudo de una cuota de fomento hortofrutícola. - Garantiza el cumplimiento de los derechos del consumidor.
Proveedores de naranja	Cumplimiento en los plazos acordados para la entrega de la materia prima (naranja).	Disponibilidad de la fruta cosechada.	Entrega de materia prima en el tiempo establecido.	- Ley 1480 de 2011. Capítulo I. -Artículo 1 de la ley 726 de 2001. Asohofrucol. -Resolución 683 del 2012.	- Garantiza el cumplimiento de los derechos del consumidor. -Norma que dictamina el recaudo de una cuota de fomento hortofrutícola. -Regulación sanitaria para materiales y equipos que entran en contacto con alimentos.
Los Fruti-ingenieros	Disposición de tiempo continua por parte de la empresa para la recolección de información.	Disposición de datos por parte de empresas del sector.	-Establecimiento efectivo y respetuoso de los canales de comunicación con el dueño de la empresa. -Flexibilidad Horaria -Definir alternativas para el diseño que permita el aprovechamiento la <i>biomasa</i> residual en la empresa.	-Ley 23 de 1982 -Art. 194 del Código Penal	-Protección a los derechos de autor de documentos de cualquier índole. -Protección a la información privada de una empresa.
Proveedores potenciales	Cumplimiento en la entrega y calidad de los suministros para el tratamiento de residuos en las fechas acordadas.	Disponibilidad para envío de los suministros para el tratamiento de los desechos de naranja.	Entrega de los suministros requeridos en el tiempo establecido.	- Ley 1480 de 2011. Capítulo I. -Artículo 1 de la ley 726 de 2001. Asohofrucol. -Resolución 683 del 2012.	- Garantiza el cumplimiento de los derechos del consumidor. -Norma que dictamina el recaudo de una cuota de fomento hortofrutícola. -Regulación sanitaria para materiales y equipos que entran en contacto con alimentos.

Operarios del procesamiento de los residuos	Seguridad en el trabajo, desempeño y motivación óptimo en la realización de actividades.	-Carga laboral. -Incumplimiento en los pagos salariales. -Exposición a riegos. -Actitud	-Condiciones óptimas de trabajo que garanticen seguridad y salud dentro del mismo. -Establecimiento de un método de trabajo ameno.	-Ley 9 de 1979. Título III. Salud ocupacional. - Ley 1562 de 2012. Sistema de Riesgos Laborales	-Preservar las condiciones laborales y para preservar la salud de los trabajadores - Obligación a los empleadores a cubrir enfermedades laborales.
CVC (Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca)	Preservar el medio ambiente al ocasionar el menor daño a través de los procesos de tratamientos de residuos.	Normas de regulación de protección del medio ambiente.	Cumplimiento de las normas conforme a los criterios del Ministerio del Medio Ambiente.	-Ley 1333 de Julio 21 de 2009. -Decreto 1594 de 1984. Ministerio de Agricultura	-Establece el procedimiento sancionatorio ambiental. -Regulación del uso de agua y residuos líquidos.
Pontificia Universidad Javeriana Cali	Proyecto realizado bajo los estándares estipulados y plazos establecidos por la universidad.	Condiciones de trabajo bajo pandemia de COVID-19.	Un proyecto de diseño empleando metodología DMAVD y siguiendo los estándares y plazos de la universidad.	-Ley 23 de 1982 -Art. 194 del Código Penal	-Protección a los derechos de autor de documentos de cualquier índole. -Protección a la información privada de una empresa.
Agricultores	Adquirir abono de calidad bajo un nivel de servicio esperado.	Cumplimiento con los tiempos de entrega.	Entrega de los abonos bajo el nivel de calidad y tiempo establecido.	-Resolución ICA No. 0015021 enero 2003	-Reglamentación para fertilizantes y acondicionadores de suelos.
Sector equino (para la alimentación de caballos)	Adquirir un alimento de calidad bajo un nivel de servicio esperado.	Cumplimiento con los tiempos de entrega.	Entrega del alimento para equinos bajo el nivel de calidad y tiempo establecido.	-Resolución ICA No. 1056 de 1996	-Reglamentación de los insumos pecuarios y de alimentos para animales.
Industria química	Adquirir bioetanol de calidad bajo un nivel de servicio esperado.	Cumplimiento con los tiempos de entrega.	Entrega de bioetanol para uso como catalizador o aditivo bajo el nivel de calidad y tiempo establecido.	-Resolución 1962 del 25 de febrero de 2019 -Conpes 3510 del 31 de marzo de 2008 -Resolución 1565 del 18 de agosto de 2005 -Resolución 180687 del 17 de junio de 2003 -Ley 788 del 27 de diciembre de 2002	-Límite de emisiones de gases de efectos de invernadero. -Lineamientos para promover la producción de biocombustibles. -Regulación de los criterios ambientales de la calidad de combustibles de uso empresarial y particular. -Regulación de la producción, acopio y distribución de alcoholes carburantes. -Normas tributarias para la producción y comercialización de etanol.
Productores de combustible	Adquirir bioetanol anhidro de calidad bajo un nivel de servicio esperado.	Cumplimiento con los tiempos de entrega.	Entrega de bioetanol anhidro con el nivel de calidad y tiempo establecidos.	- Resolución 1962 del 25 de febrero de 2017 - Resolución 0789 del 20 de mayo de 2017 -Conpes 3510 del 31 de marzo de 2008 - Resolución 1565 del 18 de agosto de 2005 - Resolución 180687 del 17 de junio de 2003 -Ley 788 del 27 de diciembre de 2002	- Regulación de la calidad de los alcoholes carburantes en la gasolina. -Lineamientos para promover la producción sostenible de biocombustibles. - Criterios ambientales de la calidad de combustibles de uso empresarial y particular. - Regulación de la producción, acopio y distribución de alcoholes carburantes. -Normas tributarias para la producción y comercialización de etanol.

Industria farmacéutica	Adquirir bioetanol de calidad bajo un nivel un servicio esperado.	Cumplimiento con los tiempos de entrega.	Entrega de bioetanol para su uso como excipiente de medicamentos bajo el nivel de calidad y tiempo establecido.	<ul style="list-style-type: none"> - Resolución 1962 del 25 de febrero de 2019 - Conpes 3510 del 31 de marzo de 2008 - Resolución 1565 del 18 de agosto de 2005 - Resolución 180687 del 17 de junio de 2003 - Ley 788 del 27 de diciembre de 2002 	<ul style="list-style-type: none"> - Declaración del límite de emisiones de gases de efectos de invernadero del etanol anhidro - Lineamientos de política para promover la producción sostenible de biocombustibles. - Regulación de los criterios ambientales de la calidad de combustibles de uso empresarial y particular. - Regulación de la producción, acopio y distribución de alcoholes carburantes. - Normas tributarias para la producción y comercialización de etanol.
------------------------	-------------------------------------------------------------------	------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

III. MEDIR

1) Plan de recolección de datos

El plan de recolección de datos se considera preciso para la identificación de las variables relacionadas con el diseño del sistema productivo para el aprovechamiento de biomasa residual que se pretendía desarrollar. Debido a la situación de coyuntura por la cual atraviesa el mundo y el sector económico e industrial, la obtención de los datos relacionados a las variables de estudio se recolectó por medio de fuentes primarias, en lo posible, y secundarias. Para la obtención de información de fuentes primarias se estableció el uso de entrevistas a personas que cuenten con formación y experiencia en el sector de la agronomía y la industria de sectores donde se presente una oportunidad para el aprovechamiento de la biomasa residual. También, se emplearon datos históricos que se tomaron como referencia para el cálculo de las variables, brindados por la empresa Jugos Mandarín dedicada a la elaboración de jugos 100% naturales. Es conveniente resaltar que los datos históricos que se analizaron son correspondientes a meses de producción normal, es decir, antes de la crisis sanitaria ocasionada por el Covid-19. Adicionalmente, como fuentes secundarias, se tomaron en cuenta búsquedas en libros, artículos y tesis doctorales que proporcionen información acerca de los posibles usos de la biomasa residual.

Para el proceso de recolección de datos mediante las entrevistas como fuente de información primaria, es ideal contactar a personas con experiencia en el campo de la agronomía y tratamiento de desechos orgánicos, obteniendo así información acerca de la biomasa residual y de las posibles alternativas de tratamiento para otros procesos, involucrando también la identificación de calidad o requisitos de posibles subproductos (Anexo 2).

En cuanto al proceso de recolección, se tuvo como prioridad la obtención de datos representativos del proceso de elaboración de zumos y jugos de frutas cítricas para tomarlos como referencia en el proyecto. Inicialmente, se buscó información en fuentes de datos secundarias de la literatura, como las bases de datos de la universidad y documentos oficiales a nivel regional y nacional como el DANE, sin embargo, se llegó a la conclusión que no se encontraron datos realmente significativos para el óptimo desarrollo del proyecto.

El proceso de contactar empresas dedicadas a la elaboración de zumos y jugos naturales de frutas cítricas se realiza por fuentes de personas cercanas al grupo de trabajo y a través de los medios de contacto presentados en la página web de cada empresa. Como resultado, se logró el contacto con la empresa Jugos Mandarín la cual se considera de gran apoyo para el propósito del proyecto, debido a que además de contener en su portafolio de productos jugos y zumos de frutas cítricas, cuenta con la disposición de suministrar datos históricos de su operación para contribuir al desarrollo del proyecto; la empresa anteriormente mencionada no exigió acuerdo de confidencialidad y permitió ser referenciada en este documento.

Adicionalmente, se cuenta con las fuentes de información secundaria como apoyo para la realización apropiada de los diagramas de análisis de entorno considerados para analizar la oportunidad de mercado. Con esto se logró identificar la información necesaria para realizar el análisis de entorno *PESTEL* (políticos, económico, social, tecnológico, ecológico y legal) y posteriormente elaborar la matriz DOFA (debilidades, oportunidades, fortalezas y amenazas).

Las variables de estudio para el desarrollo del proyecto se definieron con base en los datos, la información recolectada y los requerimientos de los grupos de interés. Estas se precisaron mediante la implementación del PRD o Plan de Recolección de Datos (Anexo 3) el cual sirvió como herramienta para definir las características, importancia y método de medición de las variables identificadas. Estas variables sirvieron para poder desarrollar el proceso del aprovechamiento de la biomasa residual resultantes del procesamiento de frutas cítricas que se desarrolló en este proyecto. Con los datos recolectados se cuantificaron las variables establecidas, teniendo como objetivo establecer futuras metas. En la Tabla IV se encuentran contenidas las variables de estudio junto su objetivo, descripción sobre cómo se calculará y su correspondiente indicador.

TABLA IV.

INDICADORES DE DESEMPEÑO A MEDIR

Variable	Objetivo	Descripción	Indicador
Aprovechamiento de la biomasa residual	Determinar el porcentaje de rendimiento del aprovechamiento de la biomasa residual del proceso de extracción de zumos y jugos de naranja que se podrán utilizar para otros subproductos contribuyendo a la economía circular.	Se calcula mediante la cantidad total de biomasa residual reutilizada comparado con la cantidad en de biomasa residual total como materia prima para el subproducto.	$\text{Porcentaje de aprovechamiento de la biomasa residual} = \frac{\text{cantidad de biomasa residual reutilizada}}{\text{cantidad de biomasa residual total}} * 100$ <p>(1)</p>
Porcentaje de margen bruto	Obtener un porcentaje de margen bruto en la operación de la propuesta en este proyecto mayor al 10%.	Se calcula a través de la utilidad bruta sobre los ingresos por ventas que se obtiene mediante el análisis financiero en este proyecto.	$\text{Porcentaje de margen bruto} = \frac{\text{EBITDA}}{\text{Ventas}} * 100$

Cabe resaltar que debido a que el fin de este proyecto es proponer el diseño de un sistema productivo para el aprovechamiento de biomasa residual ya sea por parte de empresas existentes y dedicadas al procesamiento de las frutas cítricas como para empresas nuevas que deseen incursionar en esta actividad, el aprovechamiento de la biomasa presentará variaciones, sin embargo, lo que se busca es que se presente un mayor aprovechamiento de los desechos orgánicos. Adicionalmente, como la implementación del diseño de aprovechamiento representa una inversión por parte de la empresa que lo desee realizar, se espera la generación de beneficios económicos representado como la rentabilidad, en este caso se definió el porcentaje de margen bruto como meta mayor al 10% el cual representará el retorno de la inversión por unidad vendida.

2) Exploración del mercado

En esta sección se presentan los datos recolectados en la empresa Jugos Mandarín la cual produce y comercializa jugos, zumos y pulpas de fruta (Anexo 2). Con esto se pretende dar respuesta a la variable establecidañ

anteriormente, así como conocer la dinámica del mercado de la naranja y de las posibles industrias en las que tendrá aplicación la reutilización de la biomasa residual.

Inicialmente, se obtienen los datos brindados por la empresa Jugos Mandarín, que al considerarse como una empresa con experiencia en el sector industrial de la elaboración de jugos y zumos de frutas cítricas y por ende de una cantidad representativa de desechos orgánicos, puede ofrecer información relacionada al tratamiento de estos desechos. En la entrevista realizada al experto, se puede resaltar el tratamiento final que se le da a la biomasa residual, en el cual se destaca la importancia de darle un aprovechamiento adicional y no desecharlo para evitar generar contaminación ambiental. Entre los aprovechamientos de estos desechos orgánicos se encuentra la distribución a empresas externas para el compostaje, extracción de aceites y esencias y el uso para pesticidas (Anexo 2).

Posteriormente, se realiza la entrevista a dos ingenieros agrónomos, para identificar la importancia y alternativas posibles para el diseño del aprovechamiento. En las entrevistas se obtuvo que con los residuos de frutas cítricas se puede realizar compostaje utilizado como abono orgánico para los cultivos, aunque, debe considerarse el cuidado del pH ya que podría generar efectos negativos; para solucionar este problema se podrían emplear lombrices que sean capaces de absorber la acidez. Adicionalmente, por medio de una entrevista realizada a una ingeniera de alimentos (Anexo 2) se conoce que estos desechos sirven para control de plagas mediante productos biológicos, lo cual es benéfico para el medio ambiente ya que el uso de agroquímicos e insecticidas afecta el ecosistema; en este sentido, la obtención de bio-plaguicidas consiste en el encapsulamiento de los compuestos de la materia orgánica en una membrana polimérica la cual tiene como función liberar el plaguicida de manera controlada una vez

puesto en el cultivo. Asimismo, se resalta la producción de fertilizantes ecológicos para recuperar suelos degradados, mitigar las emisiones de gases de efecto invernadero y consolidar la producción de proyectos productivos. Por ejemplo, el compost es un material orgánico, estable y maduro que se deriva de la etapa final de la degradación de materia orgánica, caracterizado por ser libre de olores, patógenos y a su vez ser útil para la aplicación en suelos como reparación orgánica y fertilizante, ya que mejora en gran cantidad la absorción de agua y nutrientes por parte de los cultivos, además cuenta con múltiples beneficios como la biorestauración de suelos contaminados por hidrocarburos de petróleo y plaguicidas industriales, el control de enfermedades en plantas y la reducción del volumen de los residuos eliminando así los organismos patógenos que puedan contener [11]. Con esto, se ofrece una amplia posibilidad en el mercado para convertir este subproducto en un producto con valor agregado.

En cuanto a otro tipo de procesamientos se tiene la suplementación para el sector bovino que tiene tres ventajas: disminuye la dependencia de cereales, se emplea gestión de riesgo agroindustrial y, por último, permite dar uso a las frutas que no cumplen con el estándar para su comercialización. Usualmente la base alimentaria de estos animales es concentrado a base de cereales y pastos, pero debido a la ausencia de programas de fertilización, sistemas de riego y renovación de praderas se deben buscar nuevas alternativas para sostener este sector [12]. La biomasa residual producida por frutas cítricas es una materia rica en calcio, vitaminas, cuenta con un alto valor energético, posee un contenido de nutrientes de aproximadamente el 80% y un costo bajo, sin embargo, en este proceso es necesario el estudio y análisis de la composición química de la materia, pues su contenido proteico es bajo y se hace necesario aportar nitrógeno desde otra fuente para lograr balancear la dieta del bovino en crecimiento [13], dicho estudio debe avalar que puede ser ingerido por animales, además se debe hacer un tratamiento especial que garantice que es un alimento integral y que contiene todos los nutrientes requeridos por el animal para cumplir su función. El uso de estos residuos de frutas cítricas para alimentar estos animales reduce los problemas de contaminación por la acumulación de residuos, proliferación de insectos y la presencia de E.coli y Salmonella en el intestino de los bovinos, mejorando así su estado de salud [13].

La recolección de datos es fundamental para la evaluación de la alternativa de aprovechamiento que se realizó. Por esto, se procedió a sintetizar e interpretar la información de la actividad de producción de la empresa Jugos Mandarín (Anexo 4). En la Tabla V se puede observar el porcentaje de rendimiento calculado con base en los datos de fruta comprada, producto final y residuos, con los cuales se hace el cálculo del porcentaje de residuos totales de la extracción de zumos de limón, naranja y mandarina, los cuales dieron como resultado 57,80%, 59,80% y 54,44% respectivamente, estos se pueden apreciar mejor en la Fig. 3. Cabe destacar la importancia de identificar la composición de residuos sólidos y líquidos del proceso, los cuales son de 99,5% y 0,5% respectivamente [14], dado que cada uno de estos puede tener usos diferentes en su aprovechamiento.

TABLA V.

RESULTADOS DE LA EXTRACCIÓN DE NARANJAS EN JUGOS MANDARÍN. MODIFICADO DE [15]

Fruta	Comprada (kg)	Producto final (kg)	Residuos (kg)	Rendimiento	RENDIMIENTO RESIDUOS		
					Sólidos	Líquidos	Total
Naranja	126 252	50 753	75 499	40,20%	59,50%	0,30%	59,80%

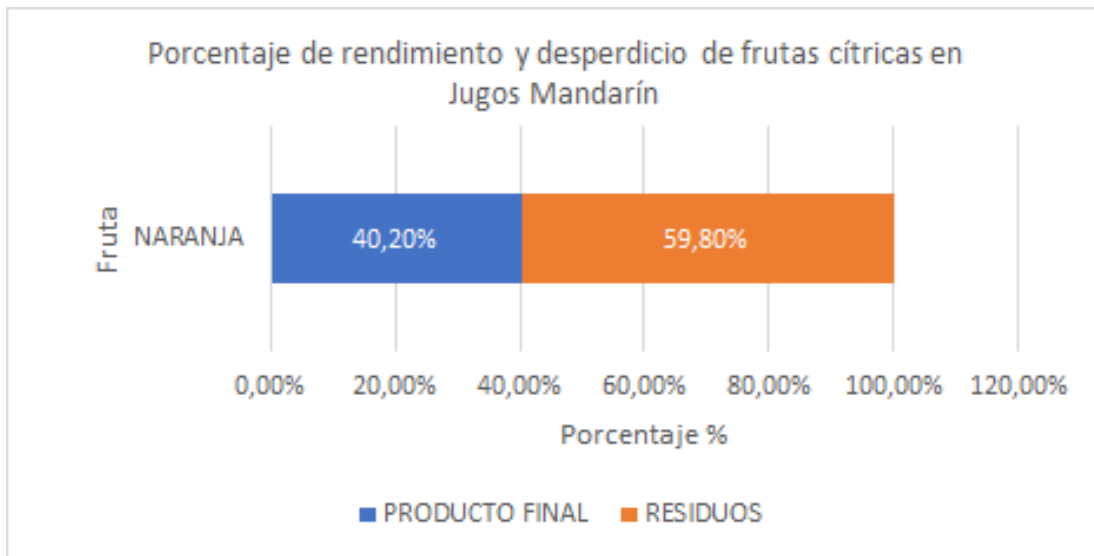


Fig. 3. Porcentaje de rendimiento y desperdicio de las naranjas en Jugos Mandarín.

Fuente: [15]

Luego de comprobar los rendimientos del proceso de extracción encontrados en la literatura, se procedió a hacer la caracterización de los residuos de naranja. En la Fig. 4 se pueden observar las partes de dichos residuos, se precisa importante caracterizar debido a que cada uno de estos posee diferentes elementos químicos. Adicionalmente, se busca conocer la composición química del residuo de naranja como se presenta en la Fig. 5, dado que de esto dependen el porcentaje de aprovechamiento y rendimientos que pueden tener los diferentes procesos.

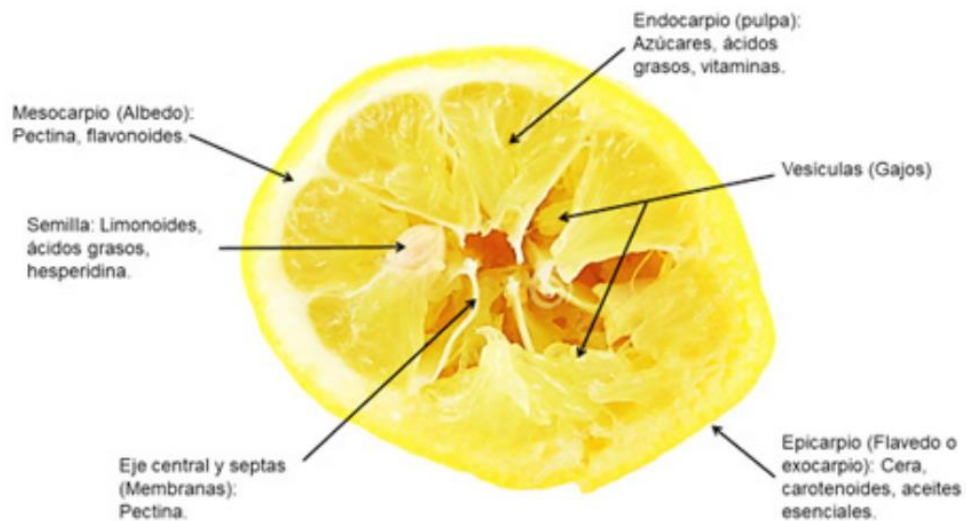


Fig. 4. Caracterización del residuo de naranja.

Fuente: [11].

Parámetros	Residuos de cáscara de naranja
pH	3.42 ± 0.02
VA (mg de ácido acético/kg)	1950 ± 27
Humedad (%)	79.83 ± 0.08
VS (%)	19.31 ± 0.11
DQO (mg O ₂ / g d.b.)	1085 ± 55
TKN (mg N / g d.b.)	12.24 ± 0.56
P T (mg P / g d.b.)	1.18 ± 0.03
Cr (mg / kg d.b.)	1.6 ± 0.7
Cd (mg / kg d.b.)	4.9 ± 0.8
Cu (mg / kg d.b.)	<1.0
Ni (mg / kg d.b.)	6.1 ± 1.3
Pb (mg / kg d.b.)	<1.0
Zn (mg / kg d.b.)	4.5 ± 0.4
C (% db)	44.33 ± 0.27
H (% db)	5.90 ± 0.06
N (% db)	0.76 ± 0.06
O (% db)	46.33 ± 0.41
S (% db)	0.11 ± 0.01
Celulosa (%)	22
Hemicelulosa (%)	11
Grasa (% db)	1.55 ± 0.17
Ceniza (% db)	3.29 ± 0.19
Proteína (% db)	6.16 ± 0.23
Carbohidratos (% db)	89.0 ± 1.1
Pectina (% db)	17 ± 5
Lignina (%)	3.2 ± 0.4
Azúcares neutrales	3.8 ± 0.3
Ácido urónico	7.1 ± 0.9
Total de acidez (g de ácido cítrico/ml)	0.29 ± 0.03
Limoneno (% db)	3.78 ± 0.3

Fig. 5. Composición química de los residuos de naranja (Valor medio ± desviación estándar).

Fuente: [11].

A continuación, se describe el flujo del proceso de la fabricación de zumo y jugo de naranja. En la Fig. 6 se aprecian cada uno de los procesos que se encuentran en dicha extracción, con el cual se puede observar a detalle este proceso y en qué parte de la cadena productiva se generan los residuos que se emplearán en el aprovechamiento con la alternativa que más se acople a las necesidades del proyecto.

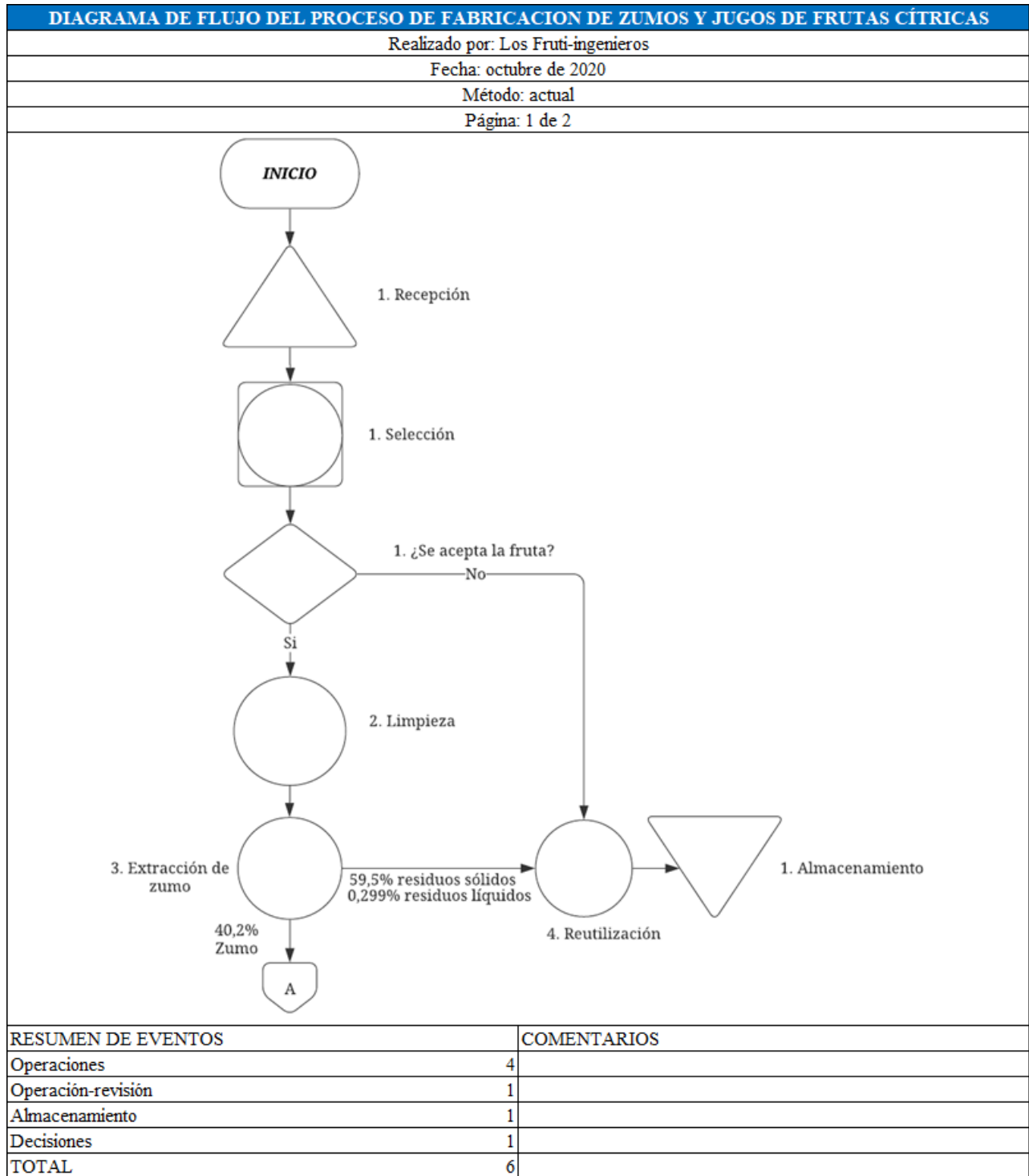
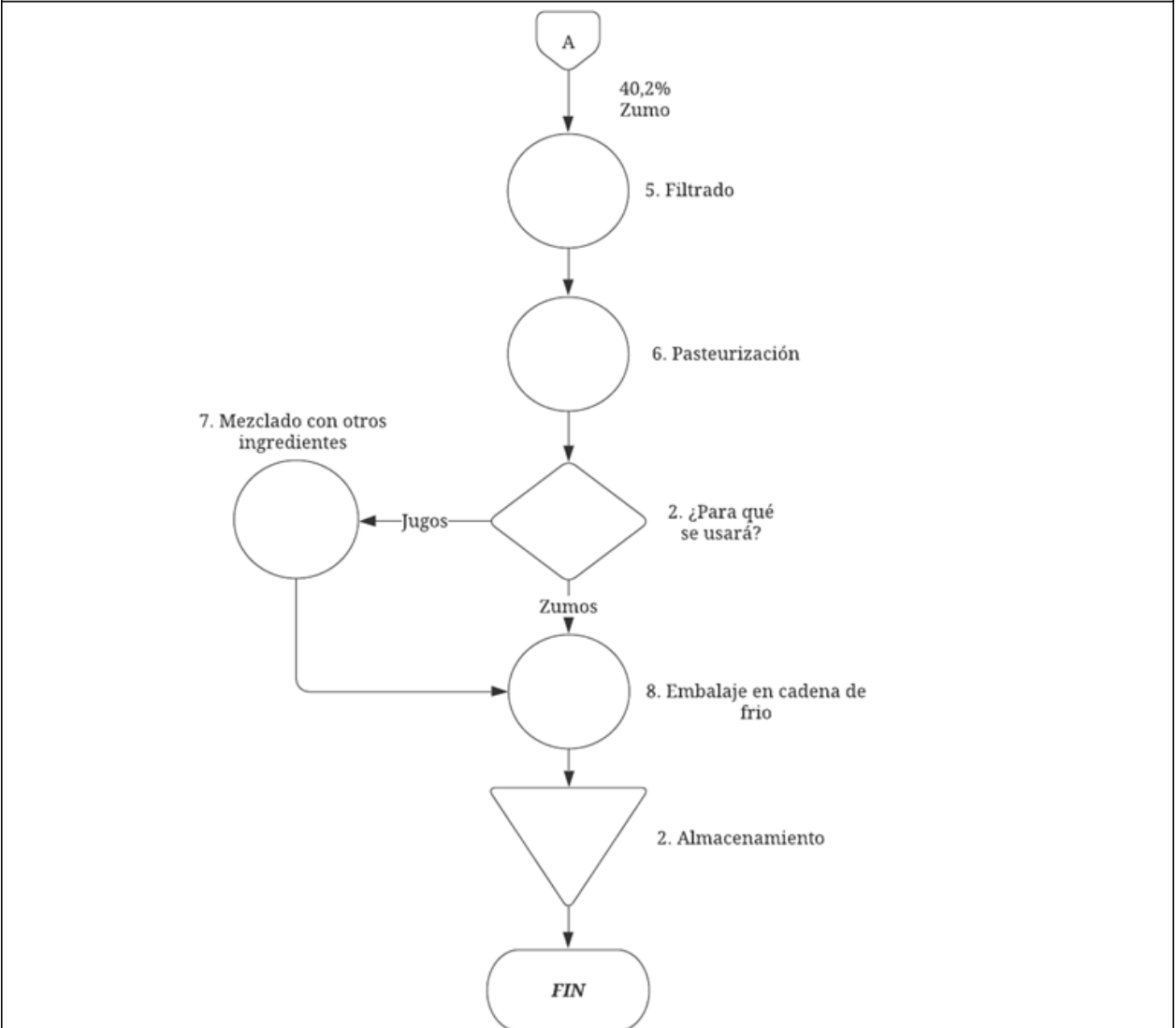


DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO DE FABRICACION DE ZUMOS Y JUGOS DE FRUTAS CÍTRICAS

Realizado por: Los Fruti-ingenieros
 Fecha: octubre de 2020
 Método: actual
 Página: 2 de 2



RESUMEN DE EVENTOS	COMENTARIOS
Operaciones	4
Almacenamiento	1
Decisiones	1
TOTAL	6

Una parte del zumo se destina para la producción de jugos, esta cantidad depende de la demanda de ambos productos.
 En la producción de jugos, el zumo se mezcla con otros ingredientes que dependerán de la fruta que se este procesando.

Fig. 6. Diagrama de flujo para la extracción de zumo de naranja.

Fuente: [14].

Con el fin de evaluar el entorno de la oportunidad de mercado del aprovechamiento de los residuos orgánicos se emplearon metodologías como el análisis PESTEL y la matriz DOFA. Para la identificación de fuerzas externas que pueden afectar al proyecto, se implementa la metodología PESTEL (Anexo 5), la cual consiste en el análisis de los factores que rodean el proyecto en el ámbito político, económico, social, tecnológico, ecológico y legal, donde se señala qué tipo de aspecto tendría cada uno de estos sectores en el aprovechamiento de la biomasa residual y se justifica con información obtenida por medio de fuentes secundarias. Los aspectos de este diagrama se clasificaron en influencia positiva y negativa con relación al impacto que generan

para el proyecto, como se muestra en la Tabla VI. Este análisis es de gran importancia puesto que sirve como guía para realizar la matriz DOFA.

TABLA VI.
PESTEL DEL ENTORNO INDUSTRIAL DE NARANJA EN COLOMBIA

P	E	S	T	E	L
Político	Económico	Social	Tecnológico	Ecológico	Legal
Positivos					
Incentivos por aprovechamiento de residuos.	Crecimiento del sector genera fuentes de ingresos. [16][17]	Hábitos y tendencias de consumo nacional, relacionados con el estilo de vida saludable optado en los últimos años. [18]	Apoyo a la cadena de valor	Producción y consumo sostenible. [19]	Normas y regulaciones ambientales Ministerio de Ambiente y desarrollo sostenible [20]
	Tasa de desempleo. El aprovechamiento de residuos orgánicos genera beneficios económicos en términos de creación de empleos. [21][22]		Uso y costos de energías sujetos al tipo de procesamiento.	Plan nacional de negocios verdes que genera oferta y demanda de bienes y servicios sostenibles en el mercado. [23]	Normatividad sobre residuos sólidos orgánicos en Colombia. [24]
	Llegada de inversionistas interesados en nuevos procesos productivos.	Consciencia ecológica. [25][26]	Cambios en los sistemas productivos que son impactados por las nuevas tecnologías para el proceso.	Reducción de desechos orgánicos contaminantes.	Legislación laboral, obligaciones y seguros
		Crisis Sanitaria por el Covid - 19		Interés de las empresas en economía circular. [27]	
Negativos					
Altos impuestos a las empresas. [28]	Plagas y controles fitosanitarios. [29]	Paros agrarios y manifestaciones de los proveedores de materias primas	Baja inversión gubernamental en investigación en el país. [30]		
	Precios variables de materia prima. [31]				
Carga impositiva para las empresas elevada (Impuesto al Valor Agregado (IVA)). [32]	Aumento de la tasa de inflación en el sector de alimentos y bebidas no alcohólicas. [33]	Competencia por parte de otras empresas dedicadas a la misma actividad.	Altos costos de maquinarias.		
	Corrupción.				

Asimismo, se emplea la matriz DOFA en donde se reconocen las características internas como las fortalezas y debilidades y características externas como las amenazas y oportunidades que afecten al proyecto, con el objetivo de lograr la formulación de las estrategias que permitan desarrollar el proyecto de forma adecuada Tabla VII.

TABLA VII.

MATRIZ DOFA DEL ENTORNO DE LOS PRODUCTOS ELABORADOS A BASE DE RESIDUOS CÍTRICOS EN COLOMBIA

MATRIZ DOFA		FORTALEZAS		DEBILIDADES	
		1	Materia prima disponible en la empresa (Biomasa residual)	1	Costo adicional para la empresa
		2	Poder de negociación con los clientes	2	Bajo presupuesto
		3	Proveedores de confianza	3	Capacidad de endeudamiento
		4	Percepción positiva por parte de los clientes	4	Desconocimiento de la viabilidad económica
		5	Interés de la empresa por contribuir positivamente al medio ambiente	5	Poca experiencia de la actividad en el mercado.
OPORTUNIDADES		ESTRATEGIAS FO		ESTRATEGIAS DO	
1	Fuente de generación de ingresos	F1-O1O4O5	Generación de un sistema productivo para el aprovechamiento de la biomasa residual	D2D3-O1	Búsqueda de financiación y patrocinio
2	Impacto positivo al medio ambiente	F2-O3	Generación de la imagen de una empresa con responsabilidad social y comprometida con el medio ambiente.	D5-O3	Aprovechar el crecimiento del mercado para generar la fidelización de los clientes
				D4-O4	Realización de estudio de factibilidad para el sistema productivo de aprovechamiento de biomasa residual
3	Hábitos y tendencias del consumo saludable y amigable con el medio ambiente	O5	Realización de estudio de mercado para la identificación de clientes potenciales y decisión de la alternativa de aprovechamiento		
AMENAZAS		ESTRATEGIAS FA		ESTRATEGIAS DA	
1	La competencia	F4F5-A1A3A4	Una imagen positiva de la empresa permitirá que el producto no se vea afectado por la competencia y cambios del precio de la materia prima.	1	
2	Crisis sanitaria por el COVID 19			2	
3	Cambios socioeconómicos en el país			3	
4	Fluctuación en los precios de la materia prima (fruta)	F2-A1	Fortalecer las relaciones con las partes interesadas	4	

En la Tabla VIII se presenta sintetizada la información de distintas alternativas según el mercado para el diseño de la propuesta de solución del proyecto, donde se encuentran sus rendimientos en cada uno de los procesos, el tipo de residuo que se utiliza para su fabricación y el precio de venta estimado para un posterior estudio de mercado. La información plasmada en esta tabla está basada en las entrevistas (Anexo 2) y búsquedas en literatura científica.

Dicho lo anterior, entre las opciones se encuentra fabricar varios productos de la tabla simultáneamente según sea factible desde la perspectiva económica.

TABLA VIII.

ALTERNATIVAS DEL APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS DE NARANJA. MODIFICADO DE [34], [35], [36], [37], [38],[39]

Producto	Tipo de residuo aprovechado	Rendimiento	Pecio de venta (pesos colombianos)
Alimento para animales	Sólido	90%	----
Pectina		16,32%	\$ 224.000/ Kg
Etanol	Sólido-Líquido	27,50%	\$ 8.286,3/ galón
Aceites esenciales		0,16%	\$ 27.092,45/ Kg
Humus sólido (lombricultura)		100%	\$ 395/ Kg
Compostaje		100%	\$ 340/ Kg

Para finalizar, en la Tabla IX, se muestran los resultados de los indicadores de desempeño correspondientes a las variables establecidas. Cabe resaltar que en la actualidad se presenta que, el aprovechamiento de la biomasa residual dependerá del tipo de empresa que implemente el diseño de sistema productivo, por lo tanto, dependerá del momento de implementación si es con respecto a una empresa generadora de residuos o si es una empresa que obtendrá los residuos de otra para realizar el proceso de aprovechamiento. Dicho aprovechamiento es lo que busca mejorarse con el proyecto, dado que este tiene como objeto dar uso a la mayor parte de los residuos del proceso de extracción de zumos y jugos de naranja, el cual también dependerá de la alternativa a elegir, con base en lo anterior, el porcentaje de aprovechamiento depende del uso que se le dé al subproducto, ya que por ejemplo, si la selección de la alternativa estuviera destinada a la extracción de aceites esenciales el porcentaje de aprovechamiento sería muy bajo. Por otra parte, se tiene el indicador de desempeño definido como margen bruto, el cual representa el porcentaje del retorno de la inversión con respecto a las unidades vendidas para lo cual se establece que sea mayor al 10%, pues se considera que inicialmente esta rentabilidad es suficiente para que el proyecto sea viable desde el punto de vista financiero.

TABLA IX.

RESULTADOS DE INDICADORES DE DESEMPEÑO

Variable	Actualidad	Meta
Aprovechamiento de la biomasa residual	0%	50%
Margen bruto	0%	>10%

Inicialmente, las empresas con las cuales se tuvo alcance y la oportunidad de obtener información manifestaban que no realizaban ningún tipo de aprovechamiento de sus subproductos, por lo cual se definió un 0% para la actualidad. Con base en esta información y después de seleccionar la alternativa correspondiente al desarrollo de la alimentación suplementaria a bovinos, se obtiene de la literatura que mediante esta operación se puede lograr un aprovechamiento del 100% del residuo [14], pero con el fin de ser un poco conservadores con relación a esta fuente, se definió una meta de aprovechamiento del 50% lo cual evidenciaría una mejora con respecto al 0% de la actualidad.

IV. ANALIZAR

1) Análisis de Oportunidad

Para el análisis de oportunidad se presentó un abanico de alternativas a estudiar y de esta manera se pretendió conocer la factibilidad en el mercado y la utilidad que estas pueden representar para el proyecto. Debido a la falta de información secundaria

en bases de datos y la imposibilidad de obtener información primaria a causa de la emergencia sanitaria por el Covid-19, se ha determinado que la meta de aprovechamiento de dicha biomasa residual dependerá de la alternativa seleccionada.

A fin de determinar con mayor precisión los requerimientos del proyecto, se estableció que este será dirigido a pequeñas y medianas empresas debido a que según el ministerio de trabajo estas representan más del 90% del sector productivo en Colombia [34], por lo que deberá estar sujeto a presupuestos reducidos para su implementación. En términos de la alternativa a producir, esta deberá cumplir con el máximo aprovechamiento posible de los residuos, por lo que según su composición química la alternativa deberá estar en la industria de alimentos para el consumo humano o animal debido a que los desechos de naranja cuentan con alrededor 42,5% [14] de contenido de pectina en su composición química la cual tiene una gran utilidad en la industria alimenticia para producir alimentos como mermelada o yogurt. Otra industria a la cual el proyecto podría ir enfocado es a la industria de los abonos, debido a que desde el aprovechamiento de residuos esta es la que ofrece mejores resultados, utilizando el 100% de la materia prima. Por último, el alto contenido en aceites esenciales de los residuos de naranja hace de la industria cosmética una opción para el enfoque del proyecto.

En ese mismo sentido, se tiene la pectina como potencial alternativa, la cual es extraída de la cáscara de naranja pues representa el 42,5% de su composición química (Anexo 6) a través de una hidrólisis ácida efectuando variaciones en el pH y caracterizándose por ser un polímero con un número variado de grupos de metilester y teniendo aplicación en la industria alimentaria, pues se le atribuye un gran número de propiedades, entre ellas su utilidad para la elaboración de espesantes, estabilizantes y gelificantes para la fabricación de néctares, mermeladas y dulces, también es útil en la industria farmacéutica para la realización de emulsiones y cosméticos. Por otra parte, se tiene que los costos de producción de 1 kg de pectina oscilan alrededor de los 180 000 COP a partir de 3,4 kg de naranja [35], lo cual se considera una buena oportunidad en dicha alternativa, pues cuenta con un presupuesto alcanzable para el mercado al que se le está apuntando.

Por otra parte, se precisó viable la alternativa del alimento para vacunos, pues a través de un ensilaje de la fruta en proceso se puede llegar a una mejora de la producción de leche en los animales pues aumenta las cantidades de grasa en las mismas, regula el pH, mejora la condición corporal de las vacas y el desempeño reproductivo, aunque se debe tener un especial cuidado pues la recomendación es que el reemplazo por este producto en la alimentación del vacuno este entre el 25%-30% [36] ya que de otra manera las condiciones y resultados no se consideran óptimos. El silo de naranja cuenta con unas propiedades muy similares a las del maíz, lo que logra un diferenciador es la pectina presente la cual favorece y cuida la rumia de los bovinos. Este tipo de alimentación en bovinos reduce los costos de alimentación en un 7%-8% pues normalmente 1 kilogramo de concentrado cuesta \$1100 COP y el ensilado cuesta \$400 COP, teniendo en cuenta que se le deben suministrar 2 kilogramos de este al animal, el ahorro sería de \$400 COP [42]. Esta se considera una alternativa potencial pues favorece económicamente al sector agropecuario, no se necesita una inversión muy alta y sigue estando presente la pectina dentro del proceso que como consecuencia trae un mayor aprovechamiento tanto de la fruta como de sus componentes. Es importante mencionar también que el sector de la ganadería aporta en un 1,4% el PIB nacional y el 6% de los empleos que corresponde a una cifra aproximada de 810 000 empleos directos [37], lo que respalda aún más la idea de apostar por una alternativa que impulse a este sector y lo ayude en su crecimiento pues trae consigo un beneficio para la economía nacional.

Bajo el criterio del aprovechamiento del residuo, la composta se observa como una de las mejores opciones para el proyecto, pues ésta junto con la lombricultura presentan los aprovechamientos más altos de todas las alternativas. Para su producción, requiere de espacio en el cual introducir los desechos, para posteriormente ser mezclados con 5 kg/m³ de cal, cuya función es disminuir la acidez del residuo de naranja, cuyo pH inicial es alrededor de 4,1 y finalizando el proceso a los 90 días, con un pH de 6,3. Adicional a esto, en su proceso de producción se requiere el aireamiento manual de la composta y humectación por intervalos de tiempo, lo que incurre en costos por mano de obra; según INFOAGRO su precio de venta es de alrededor de \$340 COP/kg [38].

En cuanto a la lombricultura, el proceso de producción consiste en introducir los residuos de naranja y lombrices rojas californianas por capas. Monitoreando la humedad por periodos de tiempo y si es necesario, humectar. Según INFOAGRO, la lombriz roja californiana tiene un valor de \$5 000 COP/kg en el mercado colombiano y el precio de venta del humus sólido cuesta alrededor de \$395 COP/kg [38].

Otro de los candidatos a analizar para la reutilización de la biomasa residual de la naranja es el etanol, el cual se realiza a partir de la cascara de esta que representa entre el 45-60% del peso de la fruta, y según la Federación Nacional de Biocombustibles tuvo una demanda mensual promedio de aproximadamente 55 579 965 litros en el 2019 y la más alta en la historia del país, los cuales se abastecieron con importaciones y la producción nacional. La demanda de etanol se vio seriamente afectada por la crisis sanitaria del COVID 19, no obstante, esta fue recuperando el comportamiento que llevaba hasta la fecha con la apertura gradual de los diferentes sectores económicos dada por el Gobierno Nacional. La producción de este biocombustible se precisa benéfica para el medio ambiente pues el uso de combustibles fósiles a lo largo de la historia ha sido muy contaminante y ha generado una gran dependencia al petróleo. La producción de etanol podría ser una buena alternativa a la hora de implementar un diseño dentro de

la misma, pues se generaría un muy buen aprovechamiento de la naranja, sin embargo, se necesita un presupuesto bastante elevado (alrededor de \$500 millones), por ende, esto puede quitarle factibilidad.

Por último, se tiene dentro de las alternativas la elaboración de aceites esenciales a partir de la naranja, esto trae como beneficio la diversificación de los cultivos y el incremento de la mano de obra en el campo, también puede ofrecer un modelo de desarrollo autosostenible y así aprovechar completamente los residuos generados contribuyendo a la conservación del medio ambiente. Existen diferentes metodologías para hacer dicha extracción, aunque se clasifica como viable la extracción de arrastre de vapor por su gran calidad y optimización en el proceso y para esto se necesita una alta inversión (\$ 111 942 726 COP) [39] lo cual le quita factibilidad a dicha alternativa pues el proyecto no está dirigido a empresas con dicha disposición económica, por lo tanto, no se justificaría la realización de este.

2) Revisión de literatura

En este apartado, se hace un resumen de diferentes soluciones al aprovechamiento de residuos de naranja encontradas en la literatura, donde algunos de estos contienen descripciones de sus respectivos procesos y análisis químicos, ambientales y económicos de los diferentes productos, alternativas y tratamientos.

Una de las alternativas encontradas en la literatura para el manejo de los residuos de naranja es la suplementación de bovinos, debido a que este tipo de residuos son especialmente ricos en azúcares y en proteínas, por lo que este suplemento puede ser buena fuente de energía para estos animales, aumentando el rendimiento en la ganancia de peso diaria quedando ésta en 2.97 kg/animal [13]. La investigación dio como resultado que la suplementación con residuos de naranja puede ser muy favorable para los ganaderos, ya que incrementa significativamente el aumento de peso diario y es un suplemento muy económico si se compara con otro tipo de suplementos para bovinos en el mercado. Otra alternativa para el aprovechamiento de residuos de naranja es la producción de pectina, el cual es un emulsificante que se utiliza en la industria alimenticia para fabricar productos como mermelada o yogurt. A través de un análisis de literatura se encuentra información sobre como fabricar este producto, con su respectivo rendimiento y caracterización química [40].

Por otro lado, se identifican los procesos de extracción de aceites esenciales y su rendimiento, el cual tiene un aprovechamiento bajo debido a que se obtiene de la corteza externa de la naranja y de las semillas [41], por lo que para efectos de este proyecto se podría considerar utilizar esta alternativa junto con otra que utilice los residuos restantes (membranas y corteza interna) para maximizar el aprovechamiento de la materia prima. No obstante, en el mismo artículo se describió el proceso de obtención de bioetanol, el cual se obtiene mediante una hidrólisis enzimática y se concluyó que la implementación de este proceso podría generar alto valor a industrias que manejen altos volúmenes de producción de zumos de naranja, debido a los altos costos de las maquinarias que se requieren para llevar a cabo este tipo de procesos y los flujos de caja que estos productos podrían generar.

En el artículo escrito por el SENA [11] acerca de la investigación de algunos métodos de compostaje, se concluyó que desde el punto de vista ecológico es factible aplicar compostaje con algunas variantes, dado que esto en algunos casos como en la mezcla con residuos de poda, podría evitar el uso de cal para la disminución del pH. Cabe resaltar que este método de reutilización de residuos aprovecha el 100% de la biomasa residual que entra al proceso convirtiéndolo en abono utilizable en cualquier variedad de cultivos.

Para la posterior selección de alternativas, es importante hacer una caracterización de los residuos de naranja, donde se conozcan las sustancias aprovechables que tiene cada una de sus partes que se puede observar en la Fig. 4 y la composición de las partes de los residuos, las cuales son: corteza (60 – 65%), membranas (30 – 35%) y semillas (0 – 10%) [14], debido a que como se mencionó anteriormente, de esto dependerá el aprovechamiento que cada alternativa le da a la cantidad total de residuos a utilizar en el proceso. Dicho lo anterior, también es relevante caracterizar la composición química de los residuos de naranja en general los cuales están resumidos en la Fig 5.

TABLA X.

REVISIÓN DE LITERATURA

Tipo	Título	Autor (es)	Año	Revista	Objetivo	Método	Resultados	Aporte al Proyecto
Artículo científico	Utilización de subproductos de naranja (Citrus síntesis var. valencia) en la	A. Cabrera-Núñez, M. Lammoglia-Villagómez, C. Martínez-Sánchez, R. Rojas-Ronquillo,	2020.	Abanico veterinario	Realizar una suplementación con subproductos de naranja para	Se produce alimento a partir de los residuos de naranja y se	El promedio de ganancia de peso diaria fue de 2.97 kg/animal, por lo que se	Información sobre los beneficios de la suplementación de bovinos con

	alimentación para rumiantes [13].	and F. Montero-Solis [13].			evaluar su efecto en toretes raza cebú.	les suministra a 40 toretes cebú dos veces al día con acceso libre por 90 días.	llegó a la conclusión que la suplementación con estos productos aumento el rendimiento en los bovinos de engorda.	subproductos de naranja.
Artículo científico	Proposals for the residues recovery: Orange waste as raw material for new products [14].	K. Rezzadori, S. Benedetti, and E. R. Amante [14].	2012	Food Bioproducts Processing	Determinar sistemas de reutilización de residuos con sus respectivos procesos, características del producto final y beneficios tanto económicos como ambientales [14].	Investigar en la literatura acerca de las diferentes opciones que existen para el aprovechamiento de residuos de naranja [14].	Los residuos de naranja pueden ser reutilizados en una gran variedad de productos, lo que tiene beneficios ambientales ya que disminuye la huella de carbono [14].	Diagrama de flujo de la producción de jugos de naranja. Información sobre la composición química de los residuos de naranja y contenido de humedad [14].
Artículo científico	Valorization of orange industry residues to form a natural coagulant and adsorbent [40].	M. Kebaili, S. Djellali, M. Radjai, N. Drouiche, and H. Lounici [40].	2018	Journal of Industrial and Engineering Chemistry [40].	Investigar sobre la valorización de los residuos de naranja en su transformación en pectina y un adsorbente [40].	Pectina: Recolección de la materia prima, secado, destilación, enfriado, remoción de otros compuesto y calentado final [40].	Se determino el proceso de extracción de pectina a base de residuos de naranja, con su rendimiento y caracterización química de esta [40].	Información sobre el rendimiento y la producción de pectina a base de residuos de naranja [40].
Artículo científico	High value-added products from the orange juice industry waste [42].	Daniela Z. Cypriano, Lucimara Lopes da Silva, Ljubica Tasic [42].	2018	Waste Management [42].	Analizar la composición química de los residuos de tres tipos de naranja con el fin de determinar si se puede extraer 2g-etanol mediante hidrólisis enzimática [42].	Experimentación mediante hidrólisis enzimática para la obtención de 2g-etanol de los residuos de naranja [42].	Se obtuvo bioetanol de forma exitosa mediante la hidrólisis enzimática de los residuos de naranja usando enzimas de bajo costo, donde el rendimiento fue razonable y los tiempos de fermentación fueron rápidos [42].	Composición de las partes de los residuos de naranja. Rendimiento de bio etanol [42].
	Fragrant bioethanol: A valued bioproduct from orange juice and essential oil Extraction [41].	Rosaria Ciriminnaa, Antonino Scurriaa, Carmelo Danzib, Giuseppe Timpanarob, Vita Di Stefanoc, Giuseppe Avellonec, Mario Pagliarora [41].	2018	Sustainable Chemistry and Pharmacy	Determinar que producto es más conveniente producir a partir de los residuos de frutos cítricos, para posteriormente crear una planta de tratamiento de estos y analizar las propiedades del producto final [41].	Crear una planta de procesamiento para residuos cítricos, en la que se pueda extraer cualquiera de los productos con valor agregado que se puedan fabricar a partir de estos [41].	Se produjo etanol aromatizado a partir de los residuos de naranja y se concluyó que este proceso podría ser de gran valor para los países donde se produzcan grandes cantidades de frutas cítricas [41].	Información sobre el proceso de obtención de bio-etanol y aceites esenciales con sus respectivos rendimientos [41].
	Revisión de alternativas sostenibles para	Tatiana Liceth Alvarado Davila,	2018	Revista Colombiana de	Estudiar las características del proceso de	Realizar compostaje con residuos	Se pueden reducir considerablemen	De este artículo, se tomaron la Fig. 4 y Fig. 5, en las cuales se

el aprovechamiento del orujo de naranja [11].	Alba Teresa Hernández Sierra.		Investigaciones Agroindustriales [11].	composta de residuos de naranja y residuos de naranja con otros desechos orgánicos y su impacto en el medio ambiente [11].	de naranja y diversos tipos de residuos orgánicos, midiendo sus características químicas, temperatura y pH. a lo largo del proceso [11].	te el impacto ambiental generado por los residuos de naranja mediante los métodos aplicados en el desarrollo del documento [11].	caracterizan las partes de los residuos de naranja y se muestra la composición química de los residuos respectivamente.
-----------------------------------------------	-------------------------------	--	----------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

3) Exploración de ideas y selección de alternativa

Con la finalidad de definir la alternativa para el diseño del proyecto, de entre las mencionadas anteriormente, se ve necesario realizar una depuración de alternativas en donde se escojan las propuestas que mejor se ajustan al proyecto. De esta manera, se decide implementar el método Disney, ya que es una técnica que permite la libertad creativa, establece una valoración sólida y conduce a ideas y medidas que pueden ser puestas en práctica [43], consiste en realizar un filtro por medio de tres fases que adoptan un rol distinto en cada una, estos roles son “soñador”, “realista” y “crítico” respectivamente [43], en donde las alternativas que pasen por cada una de las fases serán consideradas para el desarrollo de la alternativa de diseño del sistema productivo y la posterior selección de la más adecuada. En la Fig. 7 se pueden apreciar la disposición de las alternativas en cada una de las fases.

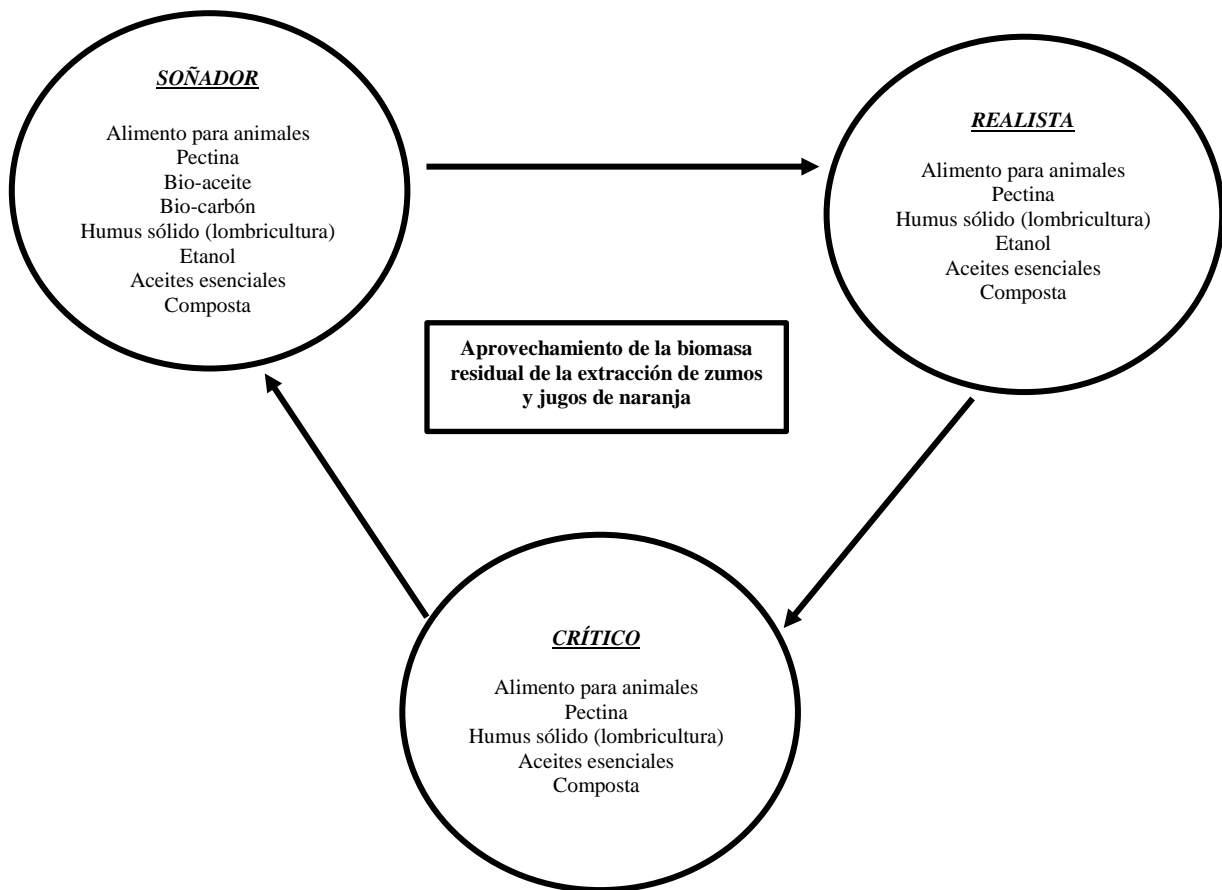


Fig. 7. Exploración de ideas mediante el método Disney.

Fuente: Propia.

En la Fig. 7 se puede observar que en el rol del soñador se consideran todas las alternativas encontradas en la literatura, en donde cada una se puede expresar libremente.

Seguidamente, en el rol realista las alternativas propuestas en la fase anterior se analizan individualmente, con el fin de determinar la posibilidad de su implementación. De esta manera, las alternativas de Bio-gas y bio-carbón se descartan como posibles alternativas debido a la complejidad de su proceso como la pirolisis, al igual que el requerimiento de métodos y equipos especiales.

Por último, en el rol crítico, las propuestas resultantes en la fase anterior se analizan con base en su costo de implementación, por tal razón se determina que la propuesta del etanol es descartada por su alto costo de ejecución. De esta manera, las alternativas que se evaluarán posteriormente son la elaboración de alimentos para animales, pectina, Humus sólido, aceites esenciales y composta.

Posterior a la implementación del método Disney, se considera necesaria la realización de tres de las dimensiones P del mercado, esto se realiza con base en información obtenida por medio de la investigación en literatura y de las alternativas restantes. En la Tabla XI, se pueden observar las alternativas resultantes después de implementar el método Disney considerando tres dimensiones P del mercado. Esta información fue obtenida a través de la revisión de la literatura.

TABLA XI.

DIMENSIONES DE MERCADO PARA LAS ALTERNATIVAS ELEGIDAS EN EL MÉTODO DISNEY

Alternativa	Producto	Precio	Plaza
Alimento para animales	Los residuos sólidos generados en el proceso de extracción de jugos de naranja pueden ser usados para la producción de ingredientes en la alimentación de animales.	A través de consultas en línea, se encuentran los precios de referencia del mercado, para este producto el precio de venta corresponde a \$ 400/ Kg.	Los alimentos para animales pueden ser comercializados directamente por las empresas que lo producen, como también indirectamente por mayoristas que los adquieren para ofrecerlos al mercado y la ganadería.
Humus sólido	Con los residuos sólidos y líquidos resultantes del procesamiento de las naranjas se puede generar un abono orgánico, libre de químicos y rico en nutrientes para contribuir al mejor desarrollo de las plantas.	A través de consultas en línea, se encuentran los precios de referencia del mercado, para este producto el precio de venta corresponde a \$ 395/ Kg.	El humus sólido puede ser aprovechado dentro de la cadena de suministro del fabricante para mejorar sus cultivos. Al mismo tiempo que se puede distribuir a minoristas como las tiendas de abonos para la venta comercial.
Aceites esenciales	A partir de los residuos sólidos y líquidos de la biomasa residual de las naranjas se pueden extraer aceites esenciales que se implementan en la industria alimenticia y farmacéutica.	A través de consultas en línea, se encuentran los precios de referencia del mercado, para este producto el precio de venta corresponde a \$ 27.092,45/ Kg.	Los aceites esenciales pueden ser distribuidos mediante mayoristas que tengan convenios en la industria alimentaria y empresas de fármacos y cosméticos.
Compostaje	El compostaje elaborado con los desechos sólidos y líquidos del procesamiento de las naranjas es un abono orgánico que aporta nutrientes a las plantas.	A través de consultas en línea, se encuentran los precios de referencia del mercado, para este producto el precio de venta corresponde a \$ 340/ Kg.	El compostaje se puede distribuir a los minoristas como las tiendas de abonos. Este también puede ser aprovechado dentro de la cadena de suministro del fabricante para mejorar sus cultivos.
Pectina	La pectina que se obtiene de los residuos de la extracción de zumos y jugos de naranja se puede utilizar como un aditivo natural usado ampliamente en la industria de los alimentos.	A través de consultas en línea, se encuentran los precios de referencia del mercado, para este producto el precio de venta corresponde a \$ 224.000/ Kg.	La pectina puede ser distribuida a través de mayoristas que tengan convenios con empresas de fármacos, cosméticos e incluso la industria alimentaria para ser usada como materia prima.

Con las alternativas definidas para su posterior evaluación para el proyecto, se procede a elegir la mejor de ellas con base al método AHP o proceso análisis jerárquico, el cual es un método de decisión que ayuda a seleccionar una posible solución entre varias alternativas usando criterios de selección. Para esto, se definen los criterios de “mercado”, “aprovechamiento” e “inversión” con base a la búsqueda de información en fuentes secundarias. A continuación, la Tabla XII presenta los criterios mencionados

anteriormente con sus respectivos datos sintetizados correspondientes a cada alternativa para la evaluación del proyecto según el método AHP.

TABLA XII.

CRITERIOS AHP Y SUS RESPECTIVOS DATOS

	Alimento	Pectina	Humus	Aceite Esencial	Compostaje
Inversión	\$ 5 776 296	\$ 12 644 231	\$ 9 700 000	\$ 111 942 726	\$ 24 383 994
Aprovechamiento	45%-50%	20%	100%	5%	100%
Mercado	-USD 2700 millones -Crecimiento anual 5,1% -2023: USD 3500 millones	-USD 1000 millones -Crecimiento anual 6,5% -2025: USD 1500 millones	-USD 63 millones -Crecimiento anual 6,8% -2027: USD 222 millones	-USD 8310 millones -Crecimiento anual 11,3% -2025: USD 15 800 millones	-USD 6620 millones -Crecimiento anual 6,8% -2024: USD 9200 millones

El criterio de “inversión” hace referencia a la inversión que se deberá realizar con respecto a la maquinaria para poder implementar la alternativa propuesta. Con base en la revisión de la literatura se determina el tipo de maquinaria requerida para cada alternativa propuesta y por medio de cotizaciones en línea se determina el costo de esta. En cuanto a la elaboración de alimento para animales, se presenta la necesidad de una máquina secadora de materia sólida con un costo aproximado de \$ 1 800 122 y una máquina peletizadora con un costo aproximado de \$ 3 976 173, para un total de \$ 5 776 296. Con respecto a la obtención de pectina, el proceso requiere también de una máquina secadora de materia sólida como la anteriormente mencionada y, adicionalmente requiere de una máquina de filtración por presión con un valor de alrededor \$ 10 844 109, para un costo final de \$ 12 644 231. Para la alternativa del humus sólido se necesita de una máquina que se encargue de clasificar dicho humus, la cual representa un valor de \$ 5 200 000 y una máquina trituradora de humus con un costo de \$ 4 500 000, lo cual genera un costo total de \$ 9 700 000 para esta propuesta. En cuanto a la extracción de aceites esenciales por el método de arrastre de vapor se requiere de una alta inversión correspondiente a \$ 111 942 726. Por último, la alternativa de compostaje requiere la inversión en una máquina con un costo total aproximado de \$ 24 383 994. Con lo anterior, se puede apreciar que, los costos aproximados de inversión reflejan que la alternativa que menos capital requiere es el alimento para animales.

El criterio de “aprovechamiento” consiste en mostrar el porcentaje de la biomasa residual de las naranjas que se puede aprovechar para cada alternativa propuesta. Con base en la revisión de las fuentes se logra identificar que para la alternativa de la elaboración de alimentos para animales se puede aprovechar aproximadamente entre el 45% y 50% de la biomasa residual correspondiente a la pulpa, pues en esta se encuentra la mayor cantidad de proteína aprovechable para la nutrición de los animales [44]. En cuanto a las alternativas propuestas de compostaje y lombricultura se encuentra que presentan un aprovechamiento del 100%, mientras que para las alternativas de pectina y aceites esenciales el aprovechamiento es de aproximadamente el 21% y 5% respectivamente [45]. Por lo anterior, se define que las alternativas de compostaje y lombricultura presentan una fuerte preferencia sobre las demás alternativas en este criterio.

El último criterio considerado para la evaluación de las alternativas es el criterio del “mercado”, el cual se refiere al mercado potencial que se podría presentar para cada alternativa. Debido a la ausencia de información en el entorno nacional referentes a los posibles mercados potenciales con estas alternativas, se realiza la búsqueda con base en los pronósticos del mercado de estas alternativas con una aproximación a los próximos años. Con respecto a la elaboración de alimentos para animales, se encuentra que para el año 2018 se presenta un aproximado de USD 2700 millones, con una tasa de crecimiento de 5,1% y espera llegar a USD 3500 millones en el año 2023 [46]. Para el mercado de la pectina se tiene un aproximado de USD 1000 millones al 2019, con tasa de crecimiento de 6,5% en donde el entorno de los cítricos dominará el mercado de la pectina, con lo cual se espera llegar a USD 1500 millones en el año 2025 [47]. Con respecto al mercado del humus sólido o lombricultura se encuentra que cuenta con un mercado mundial avaluado en USD 63 millones en el 2019 y se espera que crezca anualmente a una tasa de 16,17% hasta el 2027, donde tendría un valor de USD 222,42 millones [48]. En cuanto al mercado de los aceites esenciales se presentan aproximadamente USD 8310 millones al 2019, con una tasa de crecimiento del 11,3% que espera llegar a USD 15800 millones en el año 2025 [49]. Por último, el mercado del compostaje cuenta con aproximadamente USD 6620 millones al 2019, y se espera un crecimiento anual con una tasa de 6,8% al 2024, que espera llegar a USD 9200 [50].

Posteriormente a la definición de los criterios establecidos anteriormente, se procede a realizar el método visual, con base a la explicación del profesor Álvaro Figueroa Cabrera, con la finalidad de ponderar cada criterio y asegurar la consistencia de los datos presentados en la Tabla XII. Igualmente, se realiza la matriz de comparación de pares del método AHP tanto para los criterios como para las alternativas (Anexo 7).

Con base a la matriz de comparación de pares se obtiene el vector prioridad correspondiente a los criterios, calculado con los porcentajes que muestran el valor de cada criterio que servirán como base para la elección de la mejor alternativa. En la Tabla XIII se muestran los resultados del vector prioridad obtenido.

TABLA XIII.

CONSISTENCIA DE LOS CRITERIOS DE LA METODOLOGIA AHP

Criterios	Vector Prioridades
Inversión	54%
Aprovechamiento	30%
Mercado	16%
Razón de consistencia CR	1%
¿Es Consistente?	SI

Para finalizar, en la Tabla XIV se pueden apreciar los resultados obtenidos por la metodología AHP. Con esto, se puede afirmar que la mejor alternativa, según los criterios anteriormente establecidos, es la elaboración de alimentos para animales, puesto que presenta un porcentaje de preferencia por encima de las demás propuestas, correspondiente al 27,18%.

TABLA XIV.

RESULTADOS DE LA METODOLOGIA AHP

Alternativa	Gran Total	Mejor Alternativa
Alimento	0,2718	<u><i>Alimento</i></u>
Pectina	0,1589	
Humus	0,2307	
Aceite Esencial	0,1255	
Compostaje	0,2131	

4) *Objetivos*

Objetivo general

Diseñar un sistema productivo para la fabricación de suplementos alimenticios para bovinos a partir del aprovechamiento de residuos de naranja.

Objetivos específicos

- Identificar aspectos claves de la producción de suplementos alimenticios para bovinos por medio de una exploración de mercado que permita identificar las necesidades del sector.
- Establecer las condiciones óptimas de operación del sistema validándolo a través de herramientas de simulación.
- Determinar la viabilidad financiera de la implementación del sistema a partir de criterios de selección de proyectos y análisis de riesgo.

5) Plan de trabajo (PdT)

TABLA XV.
PLAN DE TRABAJO

Objetivo General						
Diseñar un sistema productivo para la fabricación de suplementos alimenticios para bovinos a partir del aprovechamiento de residuos de naranja.						
Objetivo específico	Actividades	Área IISE	Herramienta	#	Entregable	Fecha
Identificar aspectos claves de la producción de suplementos alimenticios para bovinos por medio de una exploración de mercado que permita identificar las necesidades del sector.	Realizar una investigación en la literatura con el fin de determinar la composición de diferentes alimentos y suplementos usados en la industria ganadera.	5. Quality & Reliability Engineering	Control de calidad	A	Análisis de los datos y literatura encontrada.	24 de febrero del 2021
	Análisis de mercado	4. Facilities Engineering and Energy Management	Mercadeo	B	Estudio de la demanda de alimentos para bovinos.	26 de febrero del 2021
					Entrevistas a expertos para identificar las necesidades en los alimentos para bovinos.	5 de marzo del 2021
					Informe análisis de la competencia.	8 de marzo del 2021
Establecer las condiciones óptimas de operación del sistema validándolo a través de herramientas de simulación.	Determinar materiales requeridos para el desarrollo del producto.	7. Operations Engineering & Management	Operaciones	G	Plan de requerimientos de materiales del producto.	19 de marzo del 2021

	Determinar recursos necesarios (maquinaria, instalaciones, mano de obra) para la fabricación del producto.	7. Operations Engineering & Management	Operaciones	G	Informe de recursos requeridos para la fabricación del producto y cumplimiento de la demanda.	26 de marzo del 2021
	Determinar la demanda del producto.	7. Operations Engineering & Management	Pronósticos	A	Determinar las ventas del producto a fabricar.	5 de abril de 2021
	Determinar la distribución de planta óptima para el sistema.	13.2 System Design & Engineering	Diseño de planta	B	Diseño de la distribución de planta óptima para el funcionamiento del sistema	15 de abril del 2021
	Realizar un modelo de simulación para predecir el comportamiento del sistema	2. Operations Research and Analysis	Simulación	M	Resultado del sistema simulado, con sus respectivos valores de las variables y parámetros.	30 de abril del 2021
Determinar la viabilidad financiera de la implementación del sistema a partir de criterios de selección de proyectos y análisis de riesgo.	Análisis financiero del proyecto	3. Engineering Economic Analysis	Ingeniería económica	D	Inversiones, costos y gastos del proyecto determinados.	6 de mayo de 2021
					Flujos de caja del proyecto proyectados.	12 de mayo del 2021
					Análisis financiero de los criterios de evaluación calculados.	20 de mayo del 2021
					Simulación financiera.	27 de mayo del 2021
					Análisis de sensibilidad de flujos de caja.	28 de mayo del 2021

Finalmente, en el Anexo 8 se encuentra el cronograma elaborado en Project® de todas las del Proyecto de Diseño 2. Se podrá encontrar lo referente a duración, precedentes y orden de ejecución.

V. DISEÑAR

Dentro del siguiente apartado se presentó el diseño de un proceso productivo del suplemento alimenticio a base de residuos de naranja para bovinos y la validación de este, por medio de herramientas de simulación que soporten su funcionamiento y viabilidad

técnica. Para este proceso como primera medida, se recolectó información en la literatura existente acerca de la composición del suplemento y del proceso de elaboración. Adicionalmente, se realizó un estudio de mercado con respecto a la alimentación de estos animales para así obtener una perspectiva acerca de su competencia y de qué forma se puede potencializar el diseño. Posteriormente, se establecieron las condiciones óptimas por las cuales un sistema de este tipo debe operar, teniendo especial cuidado en los requerimientos de funcionalidad, espacio y de mano de obra necesaria para hacer una distribución de planta aterrizada a lo que se necesita para su implementación, contando con aspectos también correspondientes al pronóstico de la demanda para saber qué capacidad es la necesaria. Finalmente, en la etapa de verificación se realizó la evaluación financiera de la implementación para validar su viabilidad no solo funcional sino económica.

1) Descripción del producto y del mercado de los suplementos para ganado bovino

En el marco del desarrollo del alimento a base de residuos de naranja para los bovinos, se tienen dos opciones que resultan interesantes gracias al aporte nutricional que ofrecen: ensilaje a base de residuos de naranja y la elaboración del alimento en pellets. El primero, es un método de fermentación anaeróbica, donde bacterias ácido-lácticas convierten los carbohidratos solubles, en ácidos orgánicos y agua; disminuyendo el pH para conservar el material (Gollop et al., 2005) [51] el cual se debe mantener en óptimas condiciones microbiológicas y nutricionales para conservar y distribuir. La elaboración de pellets, se obtienen a partir del secado de dichos residuos pues contienen altos niveles de humedad, posterior la molienda y peletización de los mismos, este es más factible a la hora de transportar, además de ser una buena opción para los bovinos pues se puede suministrar como suplemento entre forraje y concentrado.

En la revisión de literatura para estudiar los efectos del ensilaje fabricado a base de naranja, se encontró que un grupo de investigadores de la Universidad de Pamplona adoptó este producto compuesto por capas de residuos de naranja picadas, seguidas de una capa de harina de arroz, donde su composición fue del 97% y 3% respectivamente y se fermentó en periodos de 30 días. Los investigadores, alimentaron 2 grupos de 12 vacas lactantes, cada uno de manera aleatoria durante un periodo de 90 días con una fase de acostumbramiento de 10 días, donde a uno de los grupos se le sustituyó el 20% del alimento balanceado base por el ensilaje de naranja y el segundo grupo, se alimentó en su totalidad con el alimento balanceado convencional [52].

Durante el experimento, los investigadores midieron la composición de la leche de todos los vacunos en lapsos de 7 días. Los datos resultantes se analizaron mediante el método ANOVA y de correlación, cuyos resultados principales fueron, con un nivel de confianza del 95%, que hubo un aumento significativo en el contenido de grasa de la leche. No obstante, el análisis también arrojó que no ocurrió un cambio significativo en otros componentes de la leche como la lactosa, sólidos no grasos, proteína, minerales y su densidad, así como la estabilidad en la producción de la leche [52].

Finalmente, la investigación concluyó que la suplementación con ensilaje de residuos de naranja es una opción viable debido a que disminuyó los costos de suplementación de los vacunos de forma importante, sin alterar significativamente las propiedades de la leche. Los costos de suplementación y producción se encuentran resumidos en la Tabla XVI, donde se evidencia la disminución del 14.72% de los costos de suplementación por litro de leche producido.

TABLA XVI.

COSTO DE SUPLEMENTACIÓN DE LITRO DE LECHE PRODUCIDO CON ENSILAJE DE NARANJA. MODIFICADO DE [54].

Tratamiento	Litros leche	Costos suplementación por tratamiento	Costos suplementación por litro de leche producido
Testigo	2692	COP 837.000	COP 310,92
Tratamiento 1	2979	COP 790.960	COP 265,15

Indagando en otras fuentes, se obtiene que esta suplementación elaborada a base de residuos agrícolas representa en algunos países una fuente importante de alimento para la producción de leche y carne, y representa en los vacunos efectos favorables y similares a los de las dietas a base de maíz. Diferentes estudios sugieren la pulpa de cítricos como parte de al menos el 50% de la dieta de los rumiantes [53]. Cabe también destacar, que del mismo modo han surgido algunos resultados negativos, tales como la

disminución de proteína en la leche en comparación a cuando el suministro viene por ejemplo del maíz, aunque tenga mayor contenido graso. Es importante resaltar también que los beneficios en cuanto al ensilaje de naranja no solo son de carácter alimenticio y químico, pues 2 kg de ensilaje tienen un costo de \$400/kg y 1kg de concentrado tiene un costo de \$1.450/kg, lo cual representa un ahorro en los costos de alimentación a los bovinos por parte de sus propietarios, aunque se pueden cuestionar también los costos logísticos que dicha operación puede acarrear, pues al ser un suplemento con alta cantidad de agua su transporte no puede realizarse de la misma manera que la materia seca, pues no se aprovecharía al máximo el espacio disponible de cada camión de transporte, se estaría pagando más por el agua que contiene dicho ensilaje y que finalmente no ofrece el aporte nutricional que se busca para el rumiante, lo cual hace que esta opción no sea muy factible.

Dentro de las investigaciones realizadas para analizar la mejor opción en cuanto a la suplementación de los bovinos, se encuentran los pellets. Estos están elaborados a base de residuos de naranja y según las entrevistas realizadas con diferentes expertos y la revisión de literatura, se pueden complementar con otros ingredientes para obtener un suplemento que cuente con los requerimientos nutricionales del animal para su óptima funcionalidad. Se encontró en la literatura que la peletización de los alimentos, aporta múltiples beneficios tales como el mejoramiento en el desempeño del animal, un mejor uso y aprovechamiento del alimento debido a una mayor biodisponibilidad de los carbohidratos, proteínas y aceites, entre otros de sus beneficios. La pulpa cítrica peletizada es un concentrado con contenido en fibra, y energía, sin embargo, debido a su contenido en NFD (fibra insoluble en detergente neutro) y FDA (fibra insoluble en detergente) los cuales representan el consumo de materia seca y sus características de fermentación ruminal siendo este el proceso complejo mediante el cual los nutrientes consumidos por los rumiantes son digeridos y realizado por microorganismos como bacterias, protozoos y hongos[54]; funciona mejor como suplemento intermedio entre forrajes y concentrados. El contenido de nutrientes en la pulpa de cítricos peletizada puede verse influenciado por una serie de factores, incluida la fruta, la cantidad de semillas y el tipo de procesamiento (Rodrigues y Guimarães Júnior, 2005) [55]. Este proceso requiere de presión, humedad y calor para lograr que las partículas de alimento se aglomeren y puedan formar los gránulos; un factor a tener en cuenta es que el costo de su producción a, pero este se ve directamente retribuido por sus utilidades y por la mejora en el desempeño animal.

Adicionalmente, se entrevistó a un médico veterinario zootecnista con maestría en nutrición y producción animal (Anexo 10), el cual brindó mayor información sobre los beneficios de la peletización y para el procesamiento de los residuos de naranja, no solo por sus ventajas nutricionales sino también por temas de logística y costos, pues con dicho procesamiento se obtiene un alimento seco lo cual facilita su transporte y empaquetado. Dicho lo anterior y con base en toda la información recolectada en la literatura y las entrevistas, se decide optar por un alimento peletizado para el desarrollo del proyecto, dadas las ventajas mencionadas anteriormente sobre las otras alternativas.

Con el fin de identificar la competencia dentro del mercado, se realizó una investigación para determinar cuáles son algunos de los competidores más relevantes en el mercado de la suplementación del ganado bovino en la producción de leche, entre los cuales se encuentran empresas como Solla, Itacol, Contegral, Finca, Agrinal, Cipa, Nestlé Purina, Premex, y Mejía y Compañía.

Posteriormente, se buscó cuáles son sus productos más vendidos de algunas de estas empresas con sus respectivos precios por bultos de 40 kg, los cuales están resumidos en la Tabla XVII.

TABLA XVII.

PRECIOS DE LA COMPETENCIA POR BULTO DE 40 KG. MODIFICADO DE [56] [57] [58] [59] [60] [61] [62] [63] [64].

SOLLA		ITALCOL		FINCA		AGRINAL	
Producto	Precio	Producto	Precio	Producto	Precio	Producto	Precio
Masleche 18	\$ 70.500	Cremosa	\$ 43.100	Renta leche	\$ 25.530	Fibralac	\$ 30.600
Masleche Dorado	\$ 64.400	Italleche	\$ 45.400	Campo Leche	\$ 54.300	Generalac 200	\$ 40.400
Solla Leche 14	\$ 57.900	Leche 16	\$ 56.805	Leche Standard70	\$ 60.500	Generalac 300	\$ 41.000
Ordeño HNA	\$ 48.700	Producción 75	\$ 57.330	Leche Standard72	\$ 64.50[56]0	Enerlac	\$ 35.600
		Vaca Lechera	\$ 67.410				

En la Tabla XVII, se pueden observar algunos de los concentrados más vendidos de algunas de las marcas más reconocidas a nivel nacional, las cuales se cotizaron en su presentación de bultos de 40 kg debido a que en esta presentación es en la que

generalmente se comercializa al mercado de producción de leche. Cabe destacar que los contenidos nutricionales de los productos en esta tabla fueron diseñados por cada empresa dependiendo de las condiciones climáticas en las que se están criando los rumiantes, raza, condiciones de suelo, condiciones de forraje con el que se alimentan, etc.

Según el periódico La República, estas empresas abarcan el 80% de la producción de alimentos concentrados en la industria lechera colombiana [65]. El porcentaje restante de la demanda se suple con alimentos no concentrados, como ensilajes elaborados en las fincas productoras, entre otros. Ahora bien, esta afirmación también se encuentra respaldada en las entrevistas del anexo 10, donde uno de los expertos afirma que la mayor parte de los pequeños productores de leche no alimentan a los bovinos con concentrados debido a su alto costo.

2) Determinación de la macro localización de planta y demanda del producto

Para obtener la macro localización de la disposición de la planta para la producción de pellets para el ganado lechero, se implementó el método de localización de puntaje ponderado, en el cual se incluyeron las locaciones de Antioquia, Valle del Cauca y Bogotá como alternativas para la localización de la planta, empleándose una escala de calificación de 0 a 100 y una ponderación de los factores de 1 a 5. A continuación, se explicaron cada uno de los factores con sus respectivos puntajes y relación a las distintas ubicaciones; el primer factor es “Facilidad para la obtención de materia prima” al cual se le asignó un puntaje de 5 por su relevancia dentro del proyecto, ya que es de vital importancia tener cercanía con las fuentes de materia y según el ICA, Antioquia y el Valle del Cauca pertenecen a las principales zonas productoras y exportadoras de cítricos del país [66], teniendo en cuenta que para el año 2020, el Valle del Cauca y Antioquia tuvieron una producción de 148 920 y 132 791 toneladas de cítricos respectivamente [5], por lo tanto, se infiere que estas regiones cuentan con un número importante de empresas que generen residuos de naranja útiles para la adquisición de materia prima. Para el segundo factor correspondiente a “Cantidad de bovinos en el departamento” se encuentran los datos de población bovina en capacidad de producir leche (hembras mayores a un año) en la página del DANE, que corresponde a 293 626 cabezas para el Valle del Cauca, 1 772 085 para Antioquia 19625 y para Bogotá [67]. La escala se manejó de 0 a 100 con el porcentaje de la cantidad de ganado en capacidad de producir leche del Valle del Cauca y Bogotá con respecto a Antioquia, dado que este es el departamento con mayor número de cabezas de ganado en el país.

Además de los anteriores factores, también se tuvo en cuenta factores de desarrollo de cada uno de los departamentos como la competitividad, el sistema financiero, mercado laboral e infraestructura [68]; los cuales se explican a continuación.

Competitividad del departamento: este indica la competitividad global del departamento basado en factores como condiciones de vida de los habitantes, el capital humano, la eficiencia de los mercados y el sistema innovador [68].

Sistema financiero: este indicador mide la eficiencia del sistema financiero de cada departamento con base en la facilidad para obtener préstamos, tasas de interés entre otros [68].

Mercado Laboral: en este indicador se miden las condiciones de trabajo en cada departamento, teniendo en cuenta factores como la brecha laboral entre hombres y mujeres, tasa de formalidad, entre otros [68].

Infraestructura: En este indicador se mide como se encuentra cada departamento en infraestructura, teniendo en cuenta factores como el estado de las vías, puentes, entre otros [68].

Para efectos de mantener una escala igual para todos los factores en esta tabla, se han multiplicado los indicadores anteriormente explicados por 10, dado que estos se encuentran en una escala del 1 al 10, donde 1 es menos desarrollado en cada aspecto y 10 es más desarrollado.

TABLA XVIII.

FACTORES DE IMPORTANCIA PARA LA LOCALIZACIÓN DE LA PLANTA

No.	Nombre del factor	Peso
1	Facilidad para la obtención de materia prima	5

2	Cantidad de bovinos en el departamento	4
3	Competitividad del departamento	3
4	Sistema financiero	2
5	Mercado laboral	3
6	Infraestructura	4

TABLA XIX.

METODOLOGÍA DE PUNTAJE PONDERADO PARA LOCALIZACIÓN. MODIFICADO DE [66] [68] [69].

Factor	Localidad					
	Antioquia	PP	Valle del Cauca	PP	Bogotá	PP
1	80	400	10	50	50	250
2	100	400	16,6	66,4	1,1	4,4
3	68	204	63,6	190,8	83,3	249,9
4	69,9	139,8	57,4	114,8	100	200
5	65,1	195,3	59,7	179,1	78,8	236,4
6	62,3	249,2	57,5	230	85,8	343,2
T]otal puntaje-calificación	1588,3		831,1		1283,9	

En la Tabla XVIII, se encuentran resumidos cada uno de los factores tenidos en cuenta para el método de puntaje ponderado de localización de planta con cada una de sus ponderaciones. Posterior a esto, en la Tabla XIX se puede observar la implementación del método anteriormente mencionado con sus respectivos cálculos, los cuales corresponden a la multiplicación de los puntajes de cada departamento en cada criterio multiplicado por su factor de ponderación, cuyos resultados se suman para obtener el puntaje global de cada departamento.

Dicho lo anterior, se puede afirmar que con base en los resultados del método de puntaje ponderado, la ubicación más adecuada entre las alternativas evaluadas es el departamento de Antioquia, ya que cuenta con el mayor puntaje ponderado total, el cual corresponde a 1588,3. Con efectos de determinar la demanda aproximada del producto a diseñar y la ubicación de la planta de producción, se realizó un análisis de los datos del último censo bovino realizado por el ICA en el año 2019, el cual dio como resultado que la población bovina en Colombia asciende a 27 234 027 cabezas de ganado. El departamento de Antioquia tiene un buen potencial para ubicar la planta de producción gracias a su alta disponibilidad de residuos de naranja y también porque este departamento es el que tiene mayor concentración de cabezas de ganado del país, con un total de 3 090 631 de las cuales 1 772 085 son hembras mayores a 1 año, edad aproximada en la cual empiezan su ciclo reproductivo [67]. No obstante, con el diseño presentado en este proyecto para la producción de pellets, se pretende llegar a aproximadamente el 0.032% de esta población lo cual se considera prudente para el inicio de este proyecto, pues se debe esperar respuesta por parte del mercado y de la operación productiva de la planta para así pensar en una expansión y una cobertura más amplia; esto representaría aproximadamente 573 bovinos, para lo que se estima la producción mensual mediante la cantidad de alimento que requiere una vaca diariamente, lo que corresponde al 3% de su peso en kilogramos, de esta cantidad se puede suministrar hasta un 40% en residuos de naranja [53], por lo que se opta porque la dosis recomendada del producto peletizado sea del 30% de la dieta diaria del bovino. Con base en esto, se realizó el cálculo mensual para los 573 bovinos, el cual teniendo en cuenta que en promedio una vaca pesa 540 kilogramos [70], da como resultado que la demanda sería de 83 543 kg al mes (Anexo 11).

Diagrama de flujo del proceso de elaboración de pellets a base de residuos de naranja

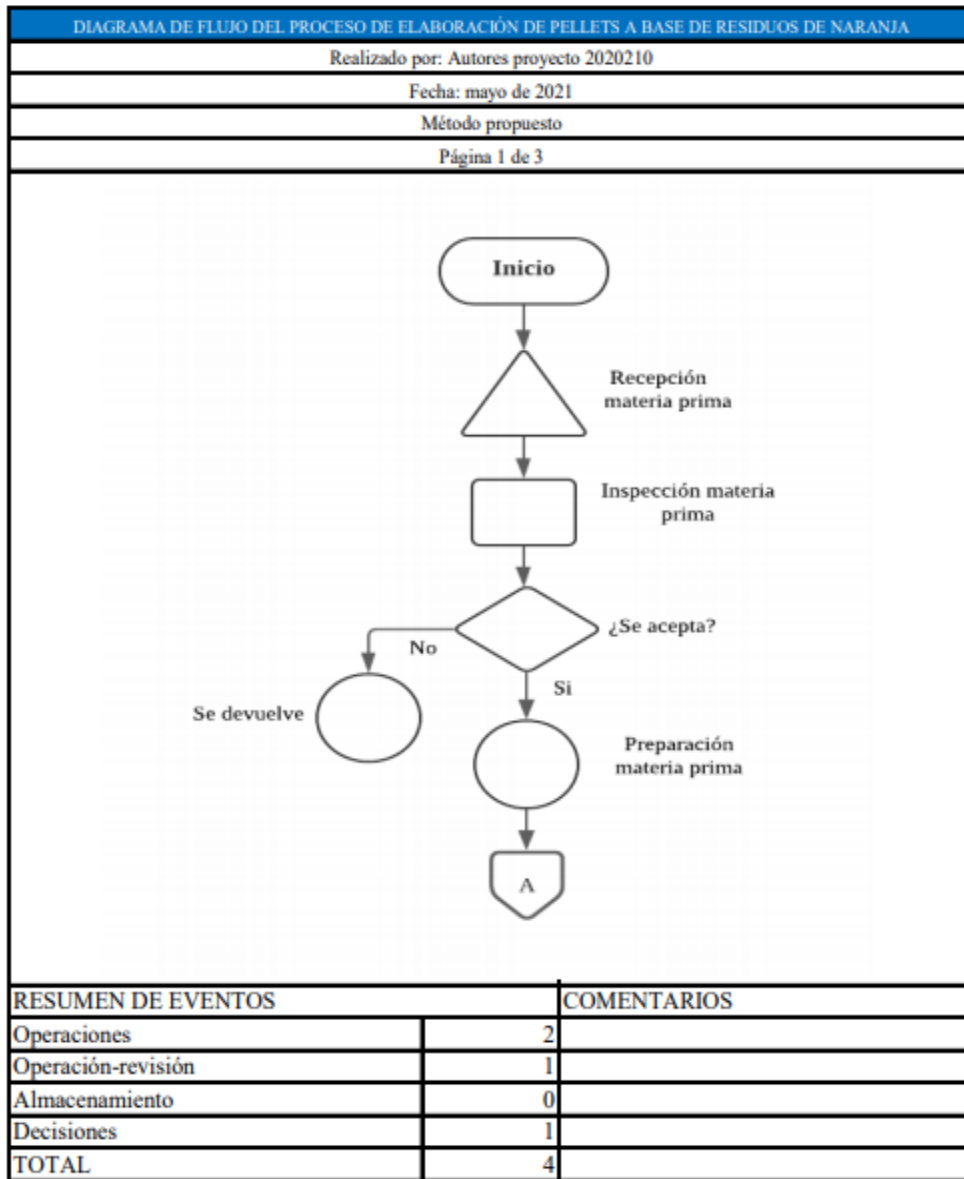


Fig. 8. Diagrama de flujo para la elaboración de pellets a base de residuos de naranja.

Fuente: Propia.

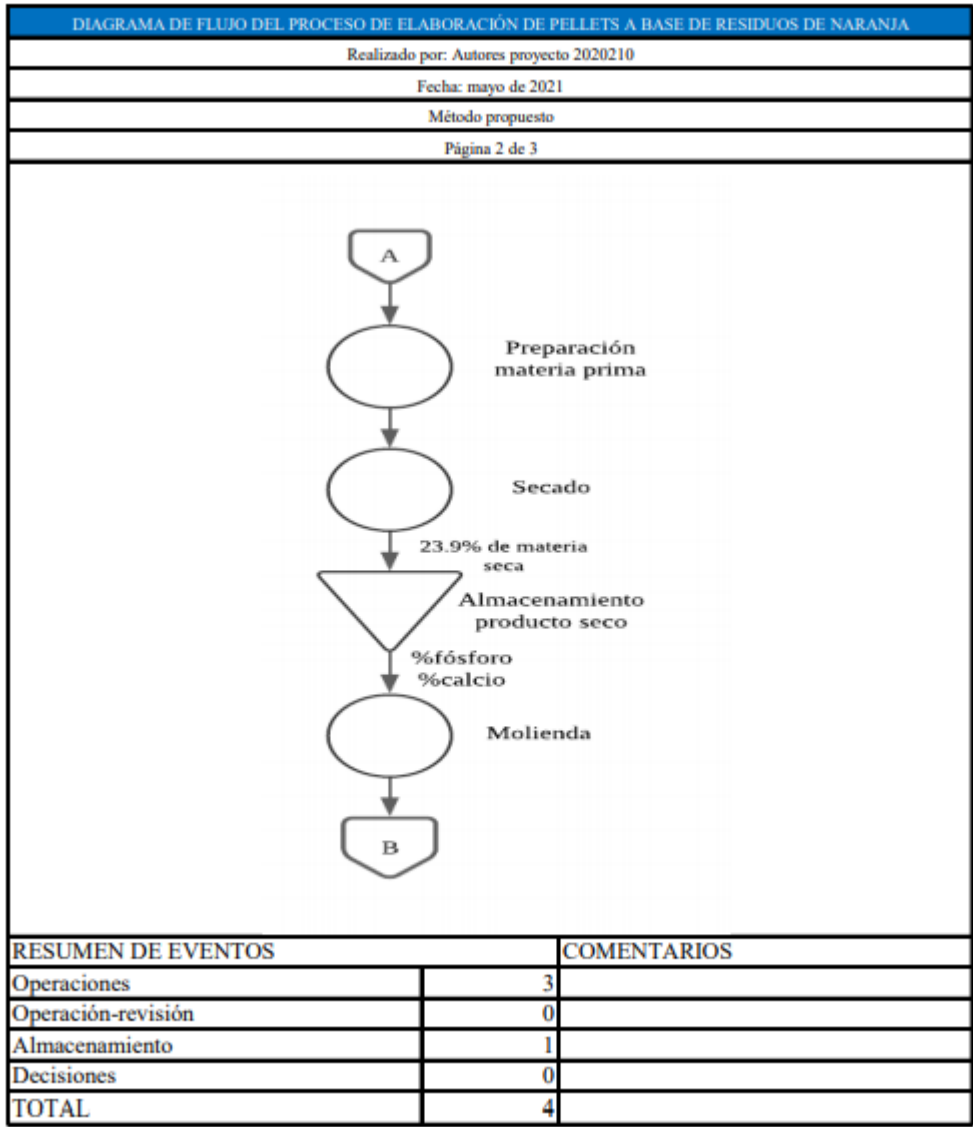


Fig. 9. Diagrama de flujo para la elaboración de pellets a base de residuos de naranja.

Fuente: Propia.

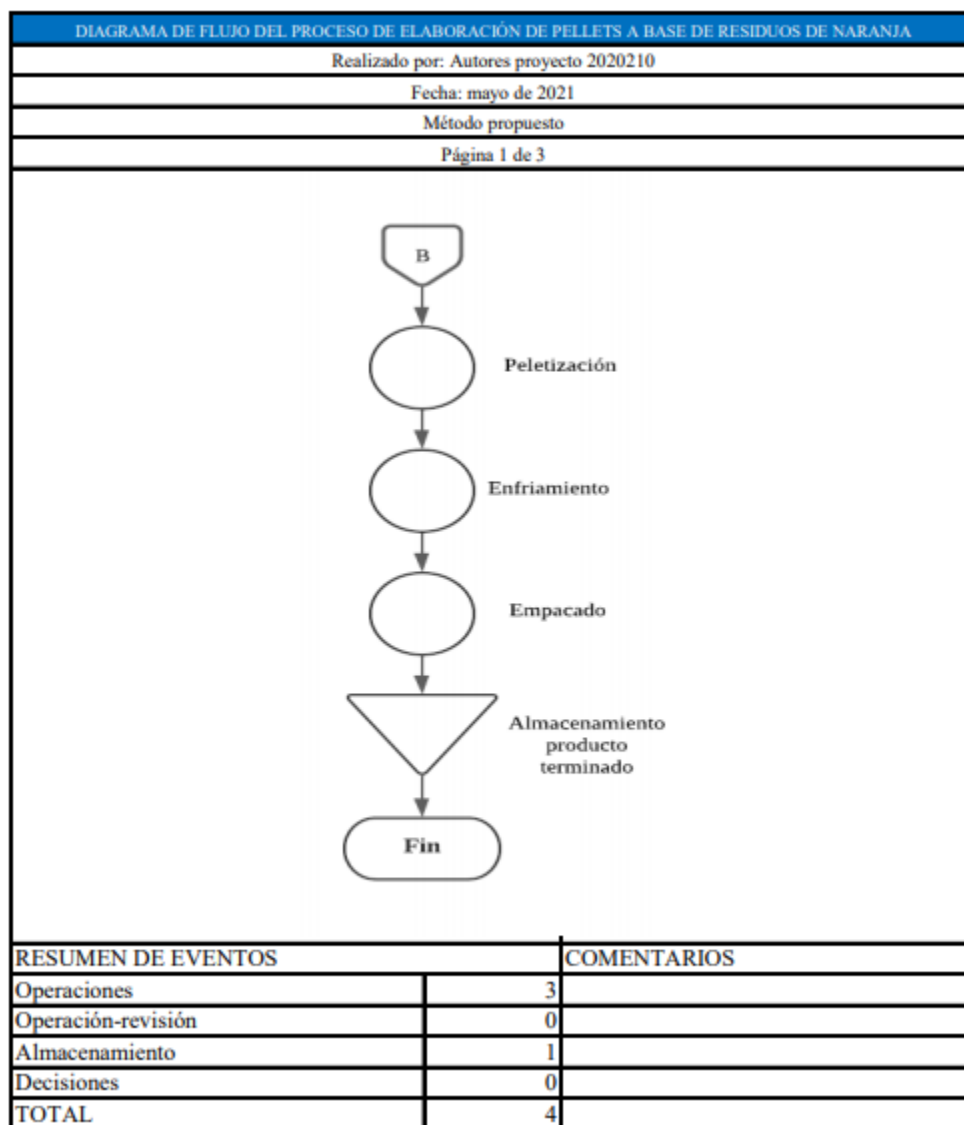


Fig. 10. Diagrama de flujo para la elaboración de pellets a base de residuos de naranja.

Fuente: Propia.

4) Composición del producto y requerimientos de materiales.

Para el procedimiento correspondiente a la elaboración de los pellets, se requiere como componente principal los residuos de naranja en buenas condiciones, pues debido a que la cáscara contiene tanta humedad esta tiende a descomponerse fácilmente. También, se requiere adicionar calcio y fósforo en cantidades correspondientes a los requerimientos de las vacas especificados en la Tabla XX. Después de tener dichos materiales a disposición, se debe comenzar el proceso con un debido secado a la pulpa cítrica disponible.

Para esto, se ha hecho un análisis de información obtenida en las entrevistas con expertos (Anexo 10), en la cual se obtiene que un bovino requiere consumir entre 3% y 3.5% de materia seca al día, de los cuales máximo el 40% de este valor puede ser proveniente de los residuos de naranja; para este caso se especificará que su consumo diario sea de alrededor del 30%. Adicional a esto, se ha encontrado en la literatura que el contenido de materia seca de los residuos de naranja es de alrededor del 23.9% [71], y los requerimientos de calcio y fósforo de vacas con producción diaria de leche baja (menos de 20 kg), media (20 a 30 kg)

y alta (de 30 a 40 kg), los cuales están resumidos en la Tabla XXI. En este sentido, se ha realizado el cálculo de los ingredientes necesarios para realizar 1kg de suplemento con las especificaciones anteriormente descritas, las cuales se encuentran en la Tabla XX.

TABLA XX.

REQUERIMIENTOS DE CALCIO Y FÓSFORO DE VACAS LECHERAS SEGÚN SU PRODUCCIÓN. MODIFICADO DE [62].

% Mineral	Producción de leche (kg/día)		
	Bajo (20)	Medio (20 -30)	Alto (30 - 40)
Calcio	0,51	0,58	0,64
Fosforo	0,33	0,37	0,41

TABLA XXI.

MATERIALES REQUERIDOS PARA 1 KG DE ALIMENTO CONCENTRADO.

Ingrediente	Producción de leche (kg/día)		
	Bajo (20)	Medio (20 -30)	Alto (30 - 40)
Agua	0,08 kg	0,08 kg	0,08 kg
Residuo de naranja	3,73 kg	3,72 kg	3,7 kg
Calcio	0,017 kg	0,0193 kg	0,0213 kg
Fósforo	0,011 kg	0,0123 kg	0,01367 kg

Con base en la información resumida anteriormente se ha realizado el diseño del producto, el cual deberá corresponder a un 30% del alimento diario del vacuno y supliría sus necesidades nutricionales de calcio y fósforo según su producción de leche. Dicho lo anterior, se ha realizado el plan de requerimiento de materiales para el producto. Para iniciar, a continuación, se encuentra la lista de materiales requeridos (BOM por sus siglas en ingles) para bultos de 40 kg de alimento concentrado, dado que se ha encontrado que esta es la presentación más habitual en el mercado.

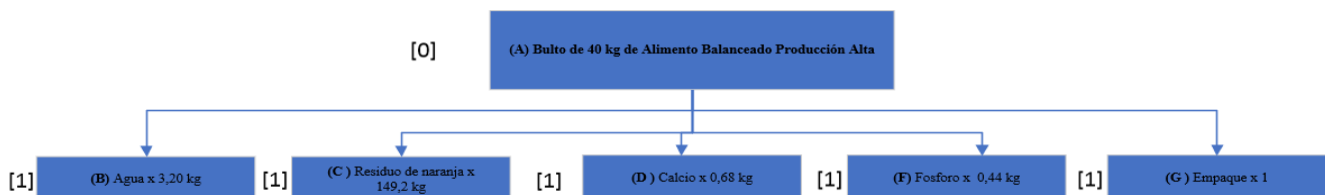


Fig. 11. BOM alimento para vacas con baja producción de leche.

Fuente: propia.

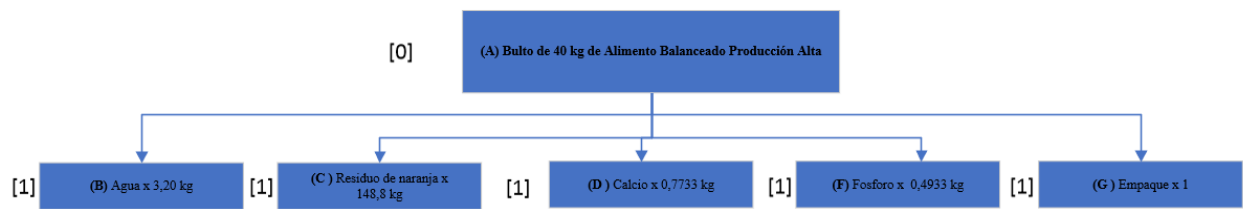


Fig. 12. BOM alimento para vacas con producción de leche media.

Fuente: propia.

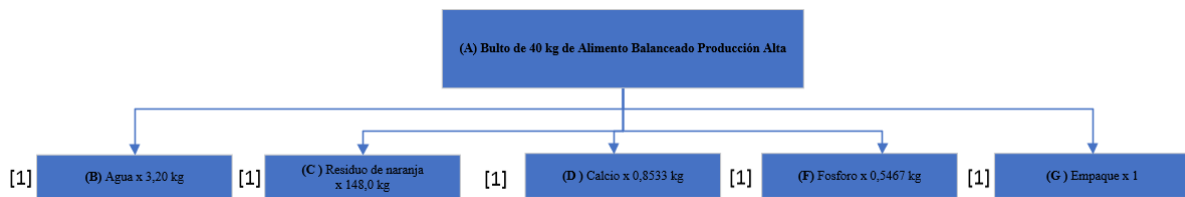


Fig. 13. BOM alimento para vacas con alta producción de leche.

Fuente: propia.

En las Figuras 11, 12 y 13 se pueden observar las gráficas BOM (lista de materiales por sus siglas en inglés) de cada producto a vender (alimento para vacas con producción de leche alta, media y baja) dependiendo de sus requerimientos nutricionales diarios. Cabe resaltar el alimento pelletizado se venderá en presentación de 40 kg, dado que esta es la presentación más habitual en la que se venden los alimentos concentrados en el mercado.

5) Maquinaria y Equipo

Con el fin de cumplir con la demanda propuesta para el proyecto en el numeral anterior (573 bovinos al mes), se determinó cuáles son las máquinas requeridas para la elaboración de los pellets a base de residuos de naranja. En la investigación se encontraron necesarias cinco secadoras, una máquina de molienda, una pelletizadora y una empaquetadora, las cuales se operarán por 8 horas/día en el marco de los días hábiles de una semana. Dichas máquinas fueron seleccionadas con relación a su precio pues se realizó una comparativa entre otras del mercado para analizar la viabilidad económica futura de cada una, otro criterio de búsqueda fue la capacidad, pues se necesitaban máquinas que cumplieran con el requerimiento para la demanda y, por último, se tuvo en cuenta que las empresas comercializadoras ofrecieran un periodo de garantía, pues así ofrece más certeza y seguridad del respaldo hacia la inversión en la maquinaria. A continuación, se describen las características de los equipos.

Secadoras

Para la deshidratación del residuo de naranja, se utilizará la máquina deshidratadora Bear RB-20 de 216 bandejas ya que en su rango de precio era la única que cumplía con una capacidad de procesamiento, cuya capacidad de procesamiento son lotes de entre 3000 y 4000 kg cada 6 horas. Sus dimensiones son de 10 metros de largo, 3 metros de ancho y 2.2 de altura, su consumo energético es de 30 kW. Cabe destacar que, para el desarrollo de este proyecto, se requiere una capacidad de producción de 4177 kg diarios de alimento; que teniendo en cuenta que el porcentaje de materia seca del residuo es de 23.9% supone deshidratar aproximadamente 17500 kg diarios de residuos de naranja, es decir que se necesitan 5 unidades de esta máquina Anexo 11, volumen para el cual su costo es de US \$12500 por unidad [72]. La Figura 14 corresponde a la secadora que se empleará en el proceso productivo.



Fig. 14. Secadora.

Fuente: [63].

Molino

Para moler los residuos secos se usará la moledora CWJX CW-5, la cual fue escogida por su costo en comparación con otras del mercado, también por su capacidad de procesamiento en relación con la demanda que se pretende satisfacer. Tiene una capacidad de procesamiento de 300 a 800 kg/h, un consumo energético de 14 kW y sus dimensiones (largo, ancho y alto) son de 8.5 x 2.5 x 4.6 metros respectivamente [73]. Dado que se requeriría procesar aproximadamente 522 kg/h, se establece que se necesitaría una máquina, cuyo costo sería de US \$11000. En la figura 15 se presenta el molino que se empleará en el proceso productivo.



Fig. 15. Moledora.

Fuente: [65].

Peletizadora

Consecuente al proceso de paletización se requiere una peletizadora RD SZLH250 dado que en su rango de precio era la que ofrecía mejores prestaciones en cuanto a capacidad de procesamiento, la cual tiene un costo de \$5.000 dólares y cuenta con una capacidad de procesamiento de 0.5 a 1.5 tn/h, sus medidas son de 2.3 metros de largo, 1.03 metros de ancho y 2.01 metros de altura, un consumo energético de 15-22kW y da como resultado un pellet de 15mm [74]. A continuación, en la figura 16 se muestra la peletizadora que se empleará en el proceso productivo.



Fig. 16. Peletizadora.

Fuente: [66].

Enfriadora de Pellets

Dentro el proceso es importante contar con una máquina que enfríe los pellets al pasar por el proceso de la peletización, pues salen muy calientes y el no enfriarlos causa daños en el producto. La máquina enfriadora SKLB2.5 cuenta con una capacidad de 5 toneladas/hora, la temperatura del gránulo después del enfriamiento es inferior a 3-5 grados Celsius temperatura ambiente, lo cual es adecuado para la refrigeración de pellets y la hace una máquina adecuada dentro del proceso productivo. Sus medidas son 1.5 metros de largo x 1.5 metros de ancho x 2.0 metros de alto [75].



Fig. 17. Enfriadora de pellets.

Fuente: [67].

Empacadora

Finalizando con el proceso de producción de los pellets para los bovinos, se hace necesario dentro del proceso contar con una máquina empacadora para el producto terminado, en este caso se obtendrá la empacadora BOYANG MACHINE sus dimensiones son de 0.4 metros de largo, 0,578 metros de ancho y 1 metro de alto. Esta máquina cuenta con una capacidad de empacar entre 20-50 kilogramos por bolsa y de 100 a 180 bolsas/hora, un consumo de energía de 0,37 kW; tiene un costo de \$1.500 dólares en el mercado y tiene una garantía de 3 años [76], lo cual la hace factible para ser seleccionada en el proceso productivo. En la figura 18 se evidencia la empacadora que se empleará en el proceso productivo.



Fig. 18. Máquina empacadora.

Fuente: [68].

5) Determinación Inventario

Para determinar el inventario que se debería almacenar en el proyecto, se realizó un análisis de la variación mensual de la cantidad de bovinos hembra sacrificados mensualmente en Colombia, datos a los cuales se les realizó un acotamiento primero, con base en la proporción de hembras bovinas que se encuentran en el departamento de Antioquia que representa el 11,86% [69] del total en el país, para posteriormente a esta suma aplicarle el 0,03237% que es el mercado objetivo del proyecto. Los datos y cálculos mencionados anteriormente se encuentran resumidos en la Tabla XXII.

TABLA XXII.

SACRIFICIOS DE HEMBRAS BOVINAS A NIVEL NACIONAL, DEPARTAMENTAL Y VARIACION DE LA DEMANDA DEL PRODUCTO. MODIFICADO DE [77].

	Nacional (Cabezas)	Antioquia (Cabezas)	Variación Demanda (Cabezas)
Enero	110.192	13.073	4,23
Febrero	107.971	12.809	4,15
Marzo	102.406	12.149	3,93
Abril	78.387	9.299	3,01
Mayo	90.528	10.740	3,48

Junio	96.240	11.417	3,70
Julio	104.846	12.438	4,03
Agosto	99.171	11.765	3,81
Septiembre	102.272	12.133	3,93
Octubre	108.036	12.817	4,15
Noviembre	97.033	11.512	3,73
Diciembre	108.075	12.822	4,15

Posterior a esto se realizó el cálculo del inventario de seguridad para el proyecto con la fórmula que se encuentra en la Fig. 19, calculando la desviación estándar de la variación de sacrificios de hembras bovinas en el mercado objetivo y utilizando un nivel de confianza del 95% (Anexo 12). Cabe resaltar que dado a que la variación esta expresada en cabezas de ganado, se convirtió a kilogramos de producto multiplicando este valor por 145.8 que es la cantidad diaria que requeriría una vaca productora de leche del producto suplementario a base de residuos de naranja. En la Tabla XXIII y la Tabla XXIV se encuentran los valores de la desviación estándar de la demanda para el proyecto en cabezas de ganado y en kg de alimento.

$$SS = k \sqrt{LT * \sigma_d^2} = k * \sigma_d \sqrt{LT} = k * \sigma_1$$

Fig. 19. Fórmula para el cálculo del inventario del stock de seguridad.

TABLA XXIII.

CÁLCULOS ESTADÍSTICOS SOBRE LOS SACRIFICIOS EN LA ESCALA DE LA DEMANDA DEL PROYECTO

	Cabezas de ganado	kg de alimento
Promedio (kg)	3,86	562,417
σ_d (kg)	0,349	50,932
% σ_d	9,06%	9,06%

TABLA XXIV.

PARÁMETROS Y CÁLCULO DE INVENTARIO DE SEGURIDAD

Nivel de confianza	0,95
k	1,64
σ_d (kg)	50,93
LT (meses)	0,040
SS (kg)	17

Como se puede observar en la Tabla XXV, el inventario de seguridad basado en la variación de la demanda es de 17 kg, el cual es considerablemente bajo teniendo en cuenta de que la estimación de la demanda mensual asciende a aproximadamente 83 543 kg. Posterior a esto, se concluyó que este inventario era muy pequeño para mantener en el sistema, debido a que la variación

de la demanda no solo está sujeta a los sacrificios de las cabezas de ganado, sino a factores externos a los productores de este como promociones de la competencia, probar nuevos productos o que la compañía realice campañas de marketing para aumentar sus ventas.

Con base en el análisis anterior, se procedió a hacer el cálculo del inventario promedio del sistema, esto teniendo en cuenta que el despacho de los pedidos se hará semanalmente, por lo que se procedió a calcular el inventario promedio. En la Tabla XXV se encuentran dichos cálculos, donde el inventario promedio es de 10 443 kg.

TABLA XXV.

CÁLCULO DEL INVENTARIO PROMEDIO. FUENTE: ANEXO 12.

	kg	Bultos 40 kg
Demanda semanal	20.886	522
Inventario promedio	10.443	261

6) Distribución de planta

A continuación, se presenta la distribución de planta correspondiente a lo requerido para la elaboración de los pellets, tomando como base la metodología SLP (Planeación Sistemática de Distribución) creado por Richard Muther y que se mantiene vigente en la actualidad y es el método más usado para resolver problemas de distribución de planta por diversos investigadores y autores, debido a la forma organizada de llevar a cabo la planeación de la distribución y la implementación de la planta [78] [79] El método tiene como objetivo principal mejorar la productividad de las empresas, minimizando distancias recorridas, espacios innecesarios, congestiones, cuellos de botella y generando satisfacción y seguridad a los operarios en los años 70; es importante resaltar que el método cuenta con unas fases para su correcto desarrollo para lo cual se tiene en primera instancia la localización de la planta, la cual como se especificó anteriormente será ubicada en el departamento de Antioquia gracias a su potencial cifra en cuanto a cultivos y por ende, a empresas procesadoras de naranja en el lugar. También, se cuenta con la información necesaria de las máquinas requeridas para el proceso y el diagrama de flujo que permite conocer el procedimiento para la elaboración de los pellets a base de residuos de naranja para bovinos.

Con el fin de determinar la relación entre los espacios dentro de la planta, se realizó la matriz de relaciones, por medio de la cual se determina la importancia de proximidad entre un área y otra y a su vez, la razón por la cual deben tener la proximidad asignada, de esta forma se obtiene una distribución general de la planta para luego por medio de esta, poder llegar a una distribución detallada que cuente con las características para satisfacer el diseño requerido para la producción de los pellets. La importancia de proximidad entre un área y otra se definen como: “A” (absolutamente necesario), “E” (especialmente necesario), “I” (importante), “O” (ordinario o normal), “U” (sin importancia) y “X” (no recomendable); así mismo se definen las razones por de dichas proximidades como: “1” (flujo de materiales), “2” (supervisión), “3” (contactos de personal), “4” (comparten equipos), “5” (proceso genera ruidos) y “6” (no es necesario). Las áreas destinadas a tener en cuenta para la realización de la matriz de relaciones son descarga de materia prima, preparación de materia prima, área de secadoras, almacenamiento de producto seco, almacenamiento de aditivos, área de moledora, área de peletizadora, área de enfriamiento de pellets, área de empaque, almacenamiento de producto terminado, departamento administrativo y despacho de producto terminado, así en la Fig. 20:

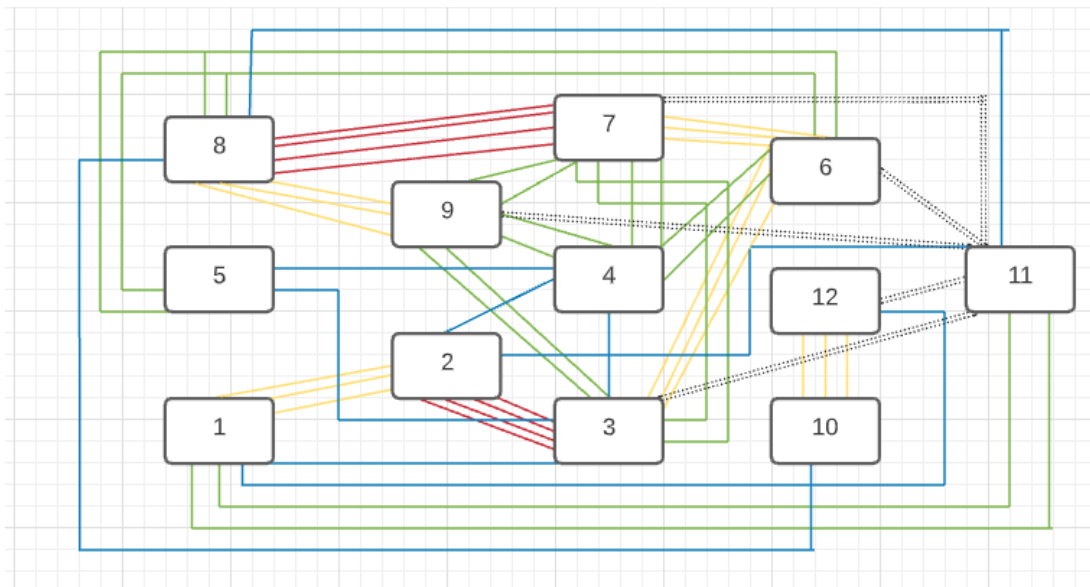


Fig. 21. Diagrama de relación de actividades.

Fuente: propia.

En relación con el diagrama relacional de actividades se propone para la distribución más detallada dentro de la planta la circulación de flujo en U de los materiales y así mismo, el diagrama relacional de espacios que evidencia desde la vista superior este tipo de procedimiento, lo anteriormente mencionado se evidencia en las Fig. 22 y 23 que se muestran a continuación:

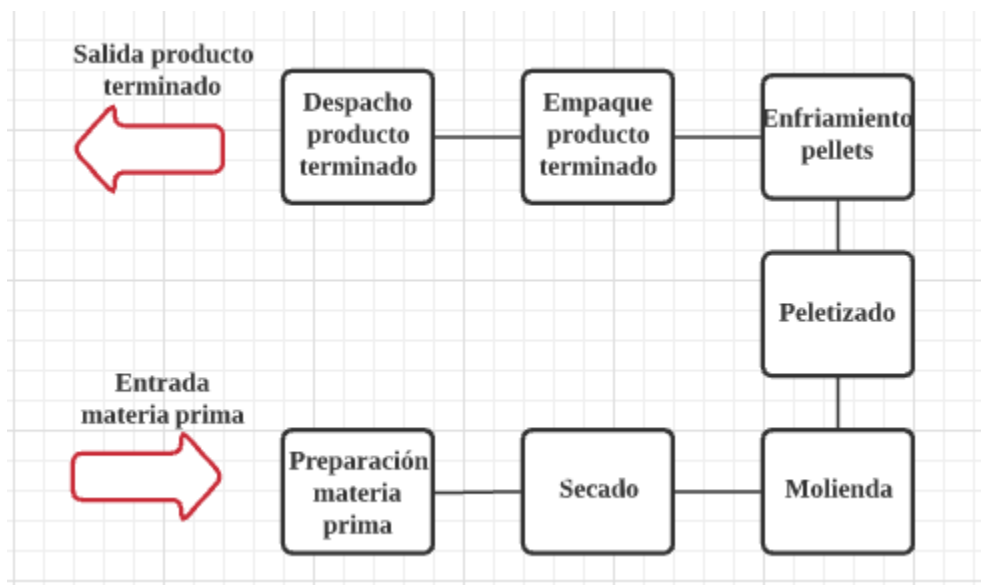


Fig. 22. Circulación de flujo en U.

Fuente: propia.

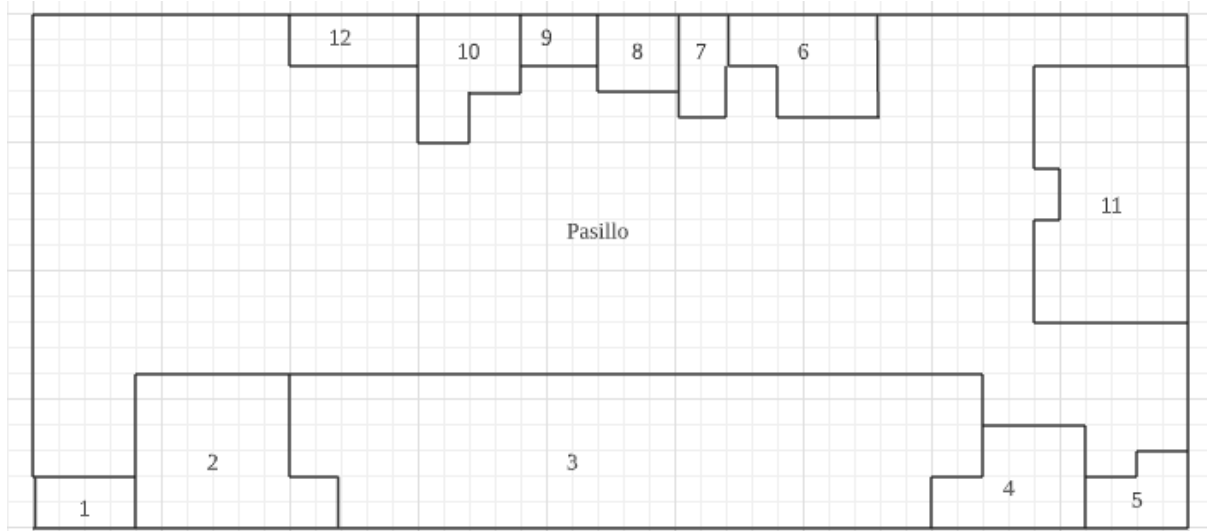


Fig. 23. Diagrama relacional de espacios.

Fuente: propia.

Con base en el diagrama relacional de actividades (Fig. 21) se realiza el diagrama relacional de espacios (Fig. 23) el cual representa la propuesta distribución general en el desarrollo del proyecto, la cual cuenta con un ancho de 46m y un alto de 20m que al ser multiplicados se obtendría como resultado un área final de 920 metros cuadrados. Gracias a que la planta aún no existe se puede considerar el tener estas medidas, pues el objetivo es implementarla con todas las condiciones necesarias para su óptimo funcionamiento y con el área que sea requerida. Es un proceso que requiere de un espacio amplio, pues en su mayoría son máquinas grandes que no solo deben contar con la superficie de ocupación sino también, con un espacio adecuado para las actividades que se realicen entre ellas, los desplazamientos, etc. Seguido a esto, en la Fig. 24 se presenta la distribución final detallada, enfocada en cada una de las máquinas y los procesos que se deben tener en cuenta, disposiciones de entrada y salida de materia prima y producto terminado, departamento administrativo, zonas adecuadas para el bienestar de operarios como lo son el baño y cocineta y disposición de espacio de almacenamientos para el producto seco, los aditivos (calcio y fósforo) y el almacenamiento de producto terminado. En el Anexo 13 se adjunta la distribución realizada en Illustrator.

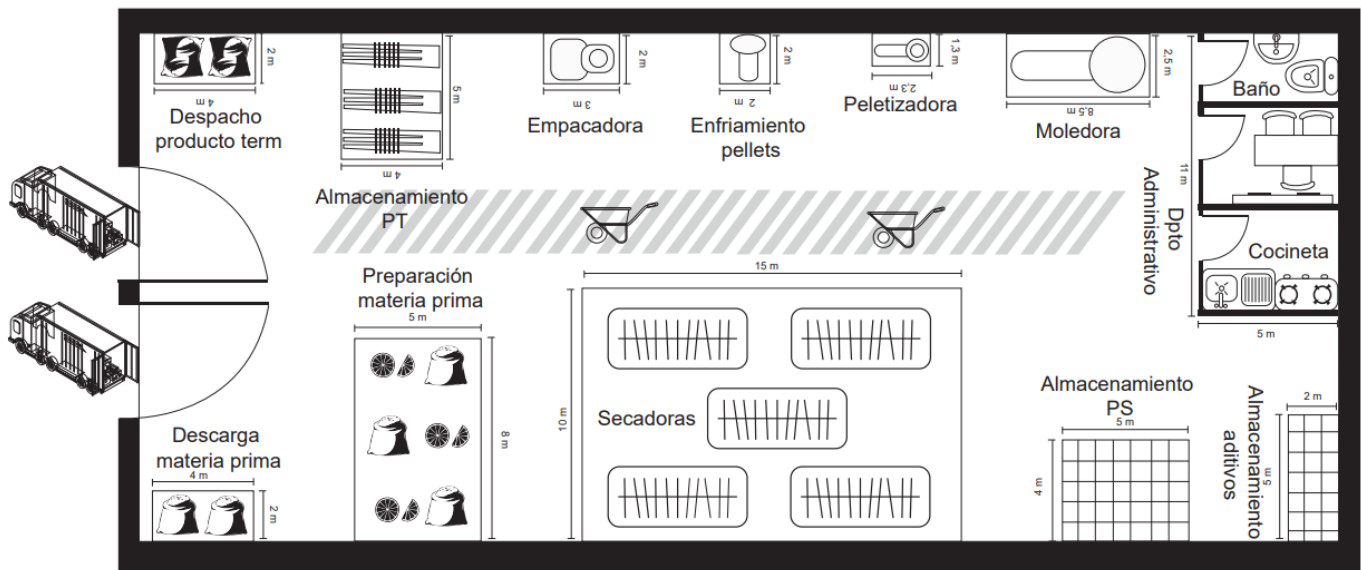


Fig. 24. Propuesta final de distribución de planta.

Fuente: propia.

VI. VERIFICAR

1) Validación del diseño propuesto

Luego del diseño del proceso propuesto que se presenta en los numerales anteriores, se realizó una simulación del sistema en el software Flexsim el cual se puede encontrar en el Anexo 14 y en el Anexo 15 con el fin de determinar si este diseño es viable operacionalmente. En la Fig. 25 se puede observar el modelo que tiene en cuenta las máquinas a utilizar con sus respectivas capacidades, dimensiones de bodegas y operarios a contratar. Cabe destacar que el modelo se corrió para una jornada laboral de 8 horas en un día, donde se analizó cuantos operarios se necesitarían dependiendo de la ocupación de este, así como el comportamiento del sistema y si se cumple o no la demanda, con los parámetros establecidos.

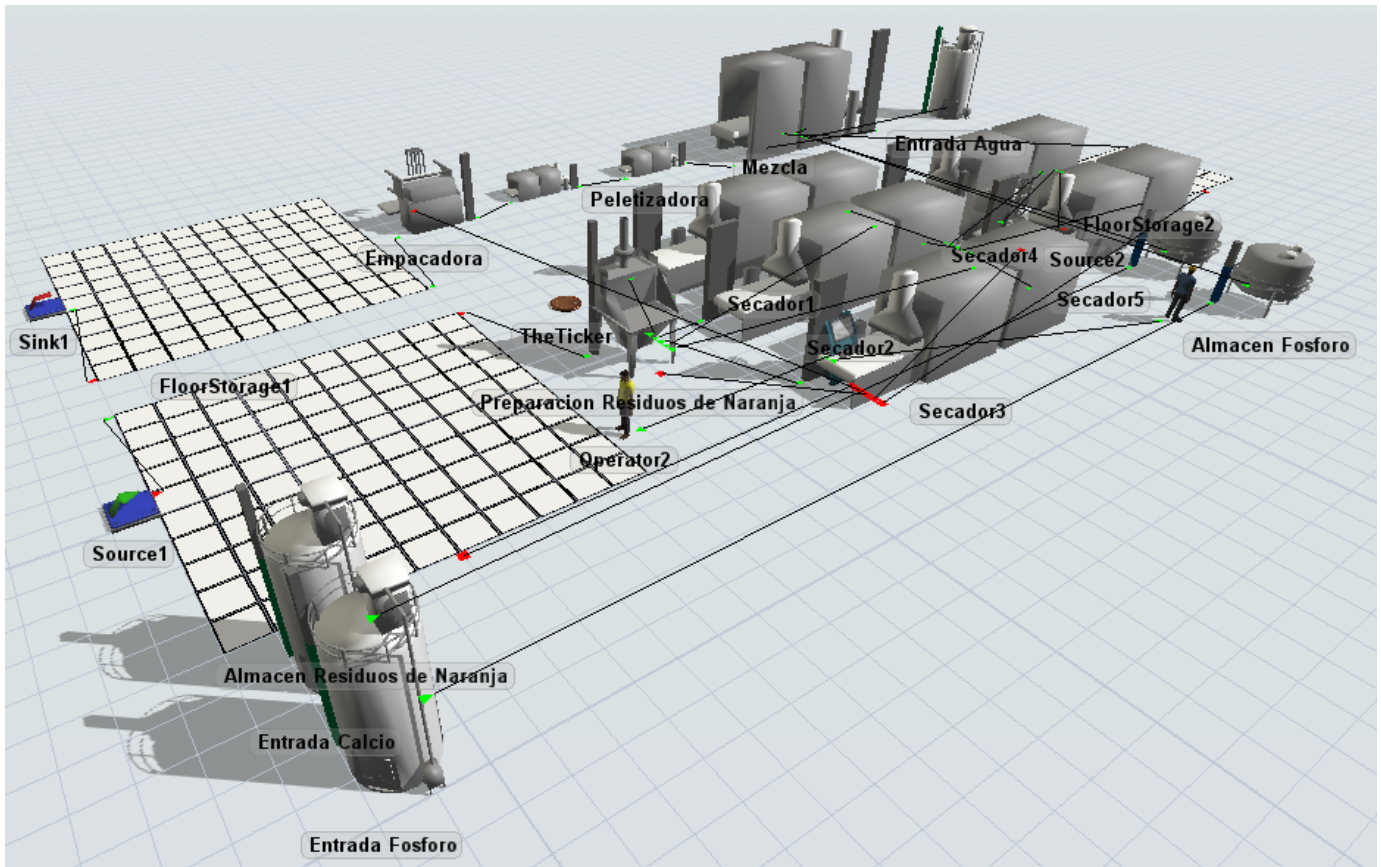


Fig. 25. Modelo de simulación en Flexsim.

Fuente: propia.

Inicialmente, se corrió el modelo con un operario en la planta y las maquinas propuestas en los anteriores apartados, en la Fig. 26 se puede observar que bajo estas condiciones se produjo 53 bultos de 40 kg de alimento, cuando la demanda estimada es de aproximadamente 105 bultos diarios. Asimismo, en la Fig. 27 se puede observar que la ocupación de este operario es del 100%, por lo que la primera mejora que se decidió implementar en el modelo fue la de agregar un operario adicional.

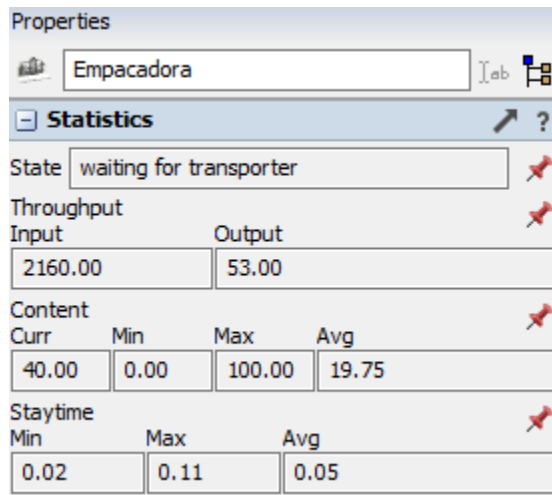


Fig. 26. Resultados operación de empacadora.

Fuente: propia.

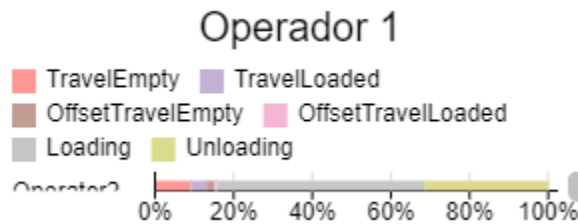


Fig. 27. Resultados ocupación operario.

Fuente: propia.

Luego de implementar un segundo operario en el modelo, la tasa de ocupación del operario 1 mejoro considerablemente, pues pasaría a tener un porcentaje inactividad del 17.22%, suficiente para hacer las pausas activas necesarias. Por otro lado, el porcentaje de inactividad del operario 2 asciende al 91.24%, por lo cual se debe hacer una redistribución del trabajo de estos. No obstante, a pesar de la mejora en la carga de trabajo en el operario la producción diaria se mantiene en 53 bultos, por lo que se procede a aumentar en una máquina de cada tipo, es decir la moledora, peletizadora, enfriadora y empacadora.

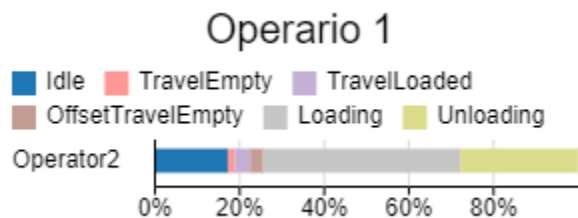


Fig. 28. Ocupación de actividades de operario 1 con operario adicional.

Fuente: propia.

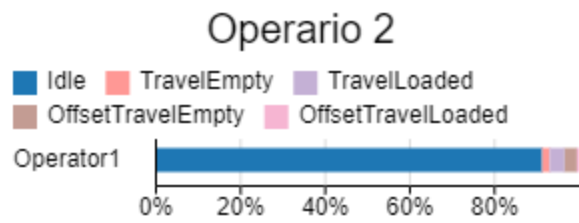


Fig. 29. Ocupación de actividades de operario 2 con operario adicional.

Fuente: propia.

Properties			
Empacadora			
Statistics			
State: waiting for transporter			
Throughput			
Input		Output	
2160.00		53.00	
Content			
Curr	Min	Max	Avg
40.00	0.00	100.00	19.75
Staytime			
Min	Max	Avg	
0.02	0.11	0.05	

Fig. 30. Resultados operación empacadora con operario adicional.

Fuente: propia.

Dicho lo anterior, dadas las limitaciones del software por permitir 30 entidades, se optó por aumentar las capacidades de las maquinas mencionadas anteriormente en el doble, cambios que junto a la mejora mencionada anteriormente lograron cumplir con la capacidad de producción necesaria para cumplir con la demanda, en el cual en la Fig. 31 se produjo 107 bultos de 40 kg.

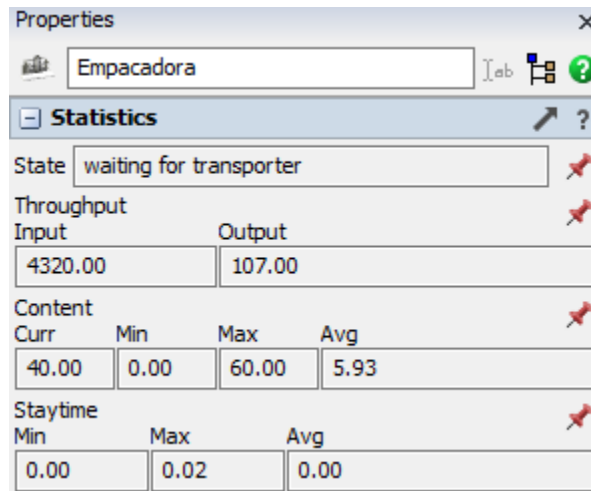


Fig. 31. Resultados operación empacadora con aumento de capacidad.

Fuente: propia.

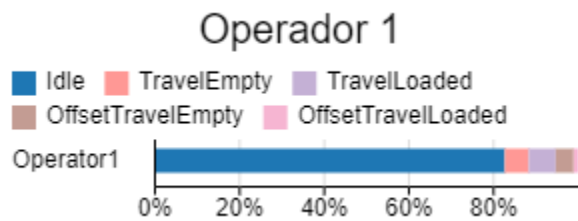


Fig. 32. Ocupación de actividades de operario 1 con aumento de capacidad.

Fuente: propia.

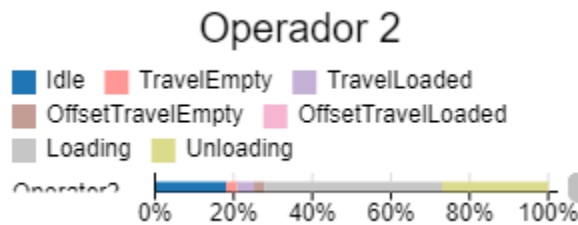


Fig. 33. Ocupación de actividades de operario 2 con aumento de capacidad.

Fuente: propia.

Las principales configuraciones iniciales del modelo radican en los servidores, entradas y operarios, los cuales son nueve, cuatro y uno, respectivamente, los cuales se encuentran resumidos en la Tabla XXVI.

TABLA XXVI.

PARÁMETROS USADOS EN EL MODELO DE FLEXSIM. MODIFICADO DE [72] [73] [74] [75] [76].

Tipo	Nombre	Capacidad Procesamiento
Servidores	Secadora	4000 kg/6 horas
	Moledora	1600 kg/h
	Peletizadora	3 tn/h
	Enfriador	10 tn/h
	Empacadora	1600 kg/h
Entradas	Residuo de naranja	2 lotes 8750/día
	Calcio	240 kg/3 días
	Fosforo	160 kg/3 días
	Agua	Flujo constante
Operarios	2 operarios Almacén	3 min/unidad

Como conclusión sobre el sistema productivo simulado en Flexsim, se puede afirmar que las maquinas propuestas para el desarrollo del proyecto no cuentan con las capacidades adecuadas por lo que se opta por doblar la cantidad de las máquinas moledora, peletizadora, enfriadora y empacadora. No obstante, los espacios propuestos para el almacenamiento de materias primas y producto terminado son suficientes para la operación. Por otro lado, la cantidad de operarios no fue la adecuada debido a que como se dijo anteriormente, este cuenta con sobrecargas de trabajo y no puede atender solo todos los procesos que se llevan a cabo. Por lo que se decide que se deben contratar dos operarios para que el proceso productivo funcione sin problemas.

2) Proyecciones Financieras

Después de tener definidos los parámetros bajo los que se realizará el proyecto, se realizan las estimaciones correspondientes a los costos de operación y a cada una de las inversiones que se requerirán para la implementación de este proyecto, tales como costos de maquinaria, insumos, los costos de instalación y adecuación de equipos, así como de los artículos de dotación para el personal, el costo de mano de obra para la puesta en marcha de la planta y costos de arrendamiento en zona industrial para la localización requerida. Estos últimos, se estimaron tomando como referencia el precio por metro cuadrado de tres establecimientos (Anexo 17) y se realizó un promedio entre ellos para así, determinar un costo estimado y multiplicarlo por el número de metros cuadrados que se requieren según lo establecido en el diseño de la planta de producción; en este mismo sentido, se calcularon los salarios de los operarios teniendo en cuenta la reglamentación gubernamental (prestaciones sociales y seguridad social), no se estimaron salarios de personal administrativo ya que el propósito del proyecto era enfocarse en la parte operacional y porque esta línea de producción podría implementarla una empresa ya existente cuya estructura administrativa ya esté establecida. Aparte de esto, se calculó el costo de la investigación requerida para la propuesta del proyecto. Los cálculos previamente mencionados se evidencian en las Tablas XXVII y XXVIII, aunque es importante resaltar que los costos de investigación que se encuentran en la Tabla XXVIII no se encuentran dentro del análisis financiero de este proyecto pues dicho estudio se hace en torno a lo que puede ser atractivo y justificable para futuros inversionistas, teniendo en cuenta que en un momento de implementación se deben tener en consideración.

TABLA XXVII.

COSTOS INVERSIÓN INICIAL. MODIFICADO DE ANEXO 17.

Resumen inversiones iniciales	
Concepto	Costo
Máquinas	\$ 371 454 255
Adecuaciones	\$ 80 000 000
Instalaciones	\$ 10 742 414
Dotación	\$ 566 000
Total	\$ 462 762 669

TABLA XXVIII.

COSTOS INVESTIGADORES. MODIFICADO DE ANEXO 17.

Concepto	Costo
Costo 2 ingenieros	\$ 4 777 778
Costo coordinador	\$ 1 440 000
Costo total investigación	\$ 6 217 778

En la Tabla XXVIII, se encuentran resumidos los costos de la investigación realizada para el diseño del proyecto, la cual se realizó basándose en el promedio del salario por hora de 3 ofertas laborales para ingenieros industriales recién graduados en Colombia, el cual dio un valor de \$ 7 465 (Anexo 17). Adicional a esto, se estableció el costo por hora del director del proyecto en \$ 45 000, dado que es el valor por hora que se le paga a la profesora que dirigió este proyecto. Por otro lado, se estableció un promedio semanal de trabajo de los investigadores de 10 horas, y de 1 hora para la directora. Dicho lo anterior y teniendo en cuenta que se trabajó durante dos semestres académicos (32 semanas), se llegó al valor total de investigación que es de \$ 6 217 778.

Luego de determinada la inversión inicial, se procede a determinar un panorama real para las proyecciones financieras teniendo en cuenta que para la inversión inicial de implementación de la planta y el diseño se debe tomar un crédito en alguna entidad bancaria, por lo cual se cotizaron tasas de interés con diferentes entidades financieras [80] tomando como referencia las tasas de interés ofrecidas para las PYMES (pequeñas y medianas empresas) a un plazo de 5 años. Las tasas ofrecidas por los bancos usualmente están indexadas por el DTF, el cual se estima en 1,87% al 31 de mayo del 2021 [81]. Con base en la información anterior, en la Tabla XXIX se calcula el promedio de las tasas de interés más bajas encontradas en los bancos y se obtiene un valor de 17,81% para el cálculo del costo de oportunidad de los créditos del proyecto. Posterior a esto, teniendo en cuenta que los rendimientos exigidos por los inversionistas pueden ser variables, se estableció que el rendimiento esperado por estos será de un 5% superior a la tasa de interés exigida por los bancos. Cabe resaltar que estas tasas de interés se usaran para el cálculo de los flujos de caja netos del inversionista y del crédito del proyecto.

TABLA XXIX.

TASA DE FINANCIACIÓN DEL PROYECTO: ANEXO 17

Banco	Tasa EA	Tasa + DTF	Tasa del inversionista
BBVA	17,13%	19,00%	22,81%
Colpatria	14,75%	16,62%	

Promedio	15,94%	17,81%	
----------	--------	--------	--

Posteriormente, se determinó el precio del producto, previamente se calculó el costo de elaborar el mismo, dicha determinación de costos se hizo con base en la presentación de bultos de 40 kg como previamente se mencionó. Algunos precios de las materias primas se obtuvieron por medio de entrevistas a comerciantes y fabricantes de suplementación para bovinos (residuo de naranja y fósforo), por otra parte, el calcio se cotizó en fuentes digitales [82], al igual que el costo del agua [83] y empaque; con base en los valores de los insumos requeridos para la fabricación se tiene que cada bulto de 40 kg tiene un costo promedio de \$9 906 COP como se muestra en la Tabla XXX, teniendo en cuenta este costo de producción y buscando tener un precio competitivo en el mercado, se le asignó un precio de venta al producto de \$39 900 COP, este precio está por debajo del promedio de los precios en el mercado de otros productores de suplementos para bovinos, esto con el fin de generar una ventaja sobre los demás productores, pues se busca ofrecer un producto de buena calidad a un precio justo para campesinos quienes serían el mercado objetivo seleccionado para el proyecto.

TABLA XXX.

COSTOS MATERIA PRIMA. FUENTE: ANEXO 17.

Determinación de costos de producción (40kg/bulto)	
Residuo naranja	\$ 6,690
Calcio	\$ 766,1
Fósforo	\$ 1,158.4
Empaque	\$ 1,286
Agua	\$ 5.79
Total	\$ 9,906.26

Posterior a esto, se investigó sobre los factores que aumentan anualmente y que, asimismo, hace que los costos de producción aumenten, los cuales se usaron para la proyección financiera a cinco años.

TABLA XXXII.

AUMENTOS ANUALES. FUENTE: ANEXO 17.

Indicador	Aumento Anual
Demanda	4,13%
IPC 2022	3,00%
IPP 2021	3,21%

En la Tabla XXXI, se pueden observar los factores como son la inflación (IPC) para los precios del producto, el índice de precios del productor (IPP) para los precios de la materia prima y el aumento promedio anual de la demanda de la población bovina, los cuales como se menciono anteriormente, afectan directamente sobre los precios de producción, venta y demanda del producto.

Usando los costos y tasas de crecimiento mencionadas anteriormente, se procedió a armar los estados de resultados para cada uno de los años dentro del horizonte de planeación, donde posteriormente se realizó el flujo de caja neto del proyecto, el cual se puede observar en la Tabla XXX y a partir del cual se calcularon la tasa interna de retorno (TIR) y el valor presente neto

(VPN) para determinar la viabilidad financiera del proyecto con estas condiciones iniciales, las cuales se encuentran en la Tabla XXXI.

TABLA XXXII.

FLUJO DE CAJA NETO DEL PROYECTO. FUENTE: ANEXO 17.

AÑO	0	1	2	3	4	5
Ventas		1 608 277 709	1 725 037 698	1 850 260 007	1 984 568 355	2 128 626 918
Ventas netas		1 608 277 709	1 725 037 698	1 850 260 007	1 984 568 355	2 128 626 918
Mano de obra		36 533 052	37 629 043	38 757 915	39 920 652	41 118 272
Materia prima		386 476 763	398 882 667	411 686 800	424 901 947	438 541 299
Costos arrendamiento		22 539 513	23 215 699	23 912 170	24 629 535	25 368 421
Servicios públicos		974 783 603	1 003 977 461	1 034 045 944	1 065 015 260	1 096 912 406
Depreciación maquinas		37 145 426	37 145 426	37 145 426	37 145 426	37 145 426
Utilidad bruta		150 799 352	224 187 402	304 711 753	392 955 536	489 541 094
Gastos operacionales						
Utilidad antes de intereses e impuestos		150 799 352	224 187 402	304 711 753	392 955 536	489 541 094
Impuesto a la renta (30%)		45 239 806	67 256 221	91 413 526	117 886 661	146 862 328
Utilidad Neta (operacional)		105 559 546	156 931 182	213 298 227	275 068 875	342 678 766
Depreciaciones		37 145 426	37 145 426	37 145 426	37 145 426	37 145 426
Inversión en activos fijos	484 645 692					
Inversión en Capital de Trabajo	10 345 035	427 623	445 300	463 707	482 874	-
FLUJO NETO DE CAJA DEL PROYECTO	- 485 073 315	142 704 972	194 076 607	250 443 653	312 214 301	379 824 192

TABLA XXXIII.

FLUJO DE CAJA NETO DEL INVERSIONISTA. FUENTE: ANEXO 17.

AÑO	0	1	2	3	4	5
Ventas		1 608 277 709	1 725 037 698	1 850 260 007	1 984 568 355	2 128 626 918
Ventas netas		1 608 277 709	1 725 037 698	1 850 260 007	1 984 568 355	2 128 626 918
Mano de obra		36 533 052	37 629 043	38 757 915	39 920 652	41 118 272
Materia prima		386 476 763	398 882 667	411 686 800	424 901 947	438 541 299
Costos arrendamiento		22 539 513	23 215 699	23 912 170	24 629 535	25 368 421
Servicios públicos		974 783 603	1 003 977 461	1 034 045 944	1 065 015 260	1 096 912 406
Depreciación maquinas		37 145 426	37 145 426	37 145 426	37 145 426	37 145 426
Utilidad bruta		150 799 352	224 187 402	304 711 753	392 955 536	489 541 094
Gastos operacionales						
Gastos financieros (intereses)		33 164 305	33 164 305	33 164 305	36 234 186	36 234 186

Utilidad antes de intereses e impuestos		117 635 047	191 023 097	271 547 449	356 721 350	453 306 909
Impuesto a la renta (30%)		35 290 514	57 306 929	81 464 235	107 016 405	135 992 073
Utilidad Neta		82 344 533	133 716 168	190 083 214	249 704 945	317 314 836
Depreciaciones		37 145 426	37 145 426	37 145 426	37 145 426	37 145 426
Inversión en activos fijos	484 645 692			33 469 061		
Inversión en Capital de Trabajo	10 345 035	427 623	445 300	463 707	482 874	-
Desembolsos créditos	339 251 984			23 428 343		
Amortización deuda		108 018 735	108 018 735	108 018 735	128 029 308	128 029 308
FLUJO NETO DE CAJA DEL INVERSIONISTA	- 155 738 743	- 26 101 825	25 252 134	71 560 054	121 192 763	189 285 528

En las tablas XXXII y XXXIII se pueden observar los flujos de caja netos del proyecto y del inversionista, los cuales fueron armados con las inversiones, ingresos por ventas e indicadores de crecimiento mencionados a lo largo de todo este apartado. Cabe destacar que el análisis de estos flujos de caja y de toda la parte financiera se encuentran posteriormente, mediante el análisis de indicadores como la TIR (tasa interna de retorno) y el VPN (valor presente neto).

3) Evaluación Financiera

TABLA XXXIV.

INDICADORES FINANCIEROS DE LOS FLUJOS DE CAJA. FUENTE: ANEXO 17.

Indicador	Proyecto	Inversionista
Tasa de descuento	19,31%	22,81%
TIR	36%	23%
VPN	\$ 192 375 801,88	-\$ 474 139,28

Como se puede observar en la Tabla XXXIV, el costo promedio ponderado de capital (WACC) dio un valor de 19.31%, teniendo en cuenta que un 70% de la inversión será financiada mediante préstamos bancarios y el 30% restante será financiado mediante inversionistas. Haciendo un análisis del TIR, se puede observar que este dio un valor del 36% > 19.31% del WACC, lo cual indica que el proyecto puede ser viable financieramente. No obstante, se debe hacer el análisis del VPN para confirmar la hipótesis anterior.

Posterior a esto, se procedió a realizar el análisis del VPN, el cual debe dar un valor mayor que cero para que el proyecto sea viable financieramente. En este caso, el VPN dio un valor de \$ 192 375 801,88. Con base en las anteriores observaciones, se puede afirmar que el proyecto es financieramente viable con las condiciones pactadas inicialmente, dado que se cumplen las reglas de que la TIR > WACC y el VPN > 0.

Por otro lado, el proyecto no es viable desde el inversionista, dado que en la Tabla XXXIII se puede observar el flujo de caja neto (FCN) del inversionista donde se encuentran los gastos financieros tanto para los préstamos realizados para la elaboración del proyecto, como del pago de los intereses a los inversionistas, teniendo en cuenta un desembolso en el tercer año para la compra de una maquina secadora adicional, con el fin de cumplir con la demanda del cuarto y quinto año. Los indicadores del anterior FCN se encuentran resumidos en la Tabla XXXIV, donde se puede observar que el TIR > la rentabilidad exigida por el inversionista, las cuales son de 23% y 22,81% respectivamente. Luego de esto se puede hacer un análisis del VPN, el cual da un valor de -\$ 474 139,28, por lo que bajo este criterio el proyecto no es viable financieramente.

4) Análisis de Sensibilidad y Riesgo

Análisis de sensibilidad

Para el análisis de sensibilidad del proyecto, se realizó encontrando mediante el Solver de Excel cuál es la tasa de interés máxima para los préstamos bancarios que soportaría el proyecto para ser viable financieramente, al igual que la rentabilidad máxima que se le podría brindar a los inversionistas de este.

TABLA XXXV.

INDICADORES FINANCIEROS DE LOS FLUJOS DE CAJA. FUENTE: ANEXO 17.

Indicador	Tasa inversionista para VPN = 0	Tasas iguales para VPN = 0	Tasa interés créditos para VPN = 0
Tasa créditos	17,81%	20,46%	17,77%
Tasa inversionista	22,71%	20,46%	22,81%
TIR	34%	20%	23%
VPN	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00

En la Tabla XXXV se puede observar la tasa de rendimiento máxima que el proyecto le podría ofrecerle a un inversionista es del 23,55%, ya que este valor causa que el VPN del proyecto llegue a cero (\$0,00). Por otro lado, se resolvió el sistema para que el VPN fuera igual a cero evaluando la máxima tasa de interés que soportaría el proyecto para los préstamos bancarios, la cual arrojó un valor del 17,69%. Cabe resaltar que estos cálculos se hicieron manteniendo el resto de las condiciones como estaban pactadas en un principio. Por último, se resolvió el sistema tal que las tasas de interés de los préstamos y la rentabilidad de los inversionistas fueran iguales, lo cual dio como resultado el 20,46% para ambas.

Debido al resultado negativo del VPN del flujo de caja del inversionista, se hizo el análisis para determinar cuál es la tasa máxima de rendimiento exigido por un inversionista, que permite tener un proyecto viable y atractivo para él. Esta tasa es del 22,71 %.

Finalmente, se realizó una simulación de 5 000 iteraciones en Risk Simulator (Anexo 17) con la finalidad de estabilizar las variables de salida y comprobar por medio de una herramienta técnica la viabilidad financiera del proyecto, y así mismo hacer recomendaciones para quien decida implementarlo. La simulación se hizo con base en el flujo de caja del proyecto, tomando como variables de entrada las ventas en unidades, el porcentaje correspondiente a los costos variables y la tasa de descuento, definiéndose una distribución triangular para las ventas, y una distribución uniforme para las otras dos variables; también, se seleccionaron como variables de salida los resultados del VPN y la TIR.

En la Fig. 28 se evidencia la gráfica resultante en Risk Simulator para el análisis del VPN, en la cual se observa una media de \$49 228 388 para la proyección a 5 años del proyecto y en la que se puede observar que con una probabilidad del 53,44% el VPN tomará un valor mayor a 0, se puede observar también que tiene un intervalo entre \$-1 133 293 839 y \$1 434 296 208 con un nivel de confianza del 95%, lo cual indica que el proyecto no es factible en todos los escenarios, pues corre con el riesgo de oscilar entre valores menores a cero, aunque por otro lado, se tiene que el coeficiente de variación para el VPN es del 11,68% lo que indica que el proyecto representa un nivel de riesgo alto por la alta volatilidad del VPN.

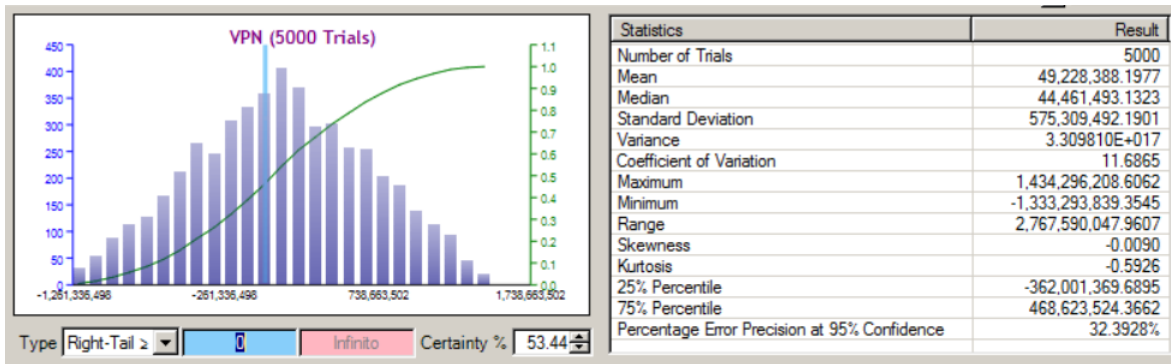


Fig. 34. Pronóstico VPN Risk Simulator.

Fuente: propia.

Por otra parte, en la Fig. 29 se puede observar la gráfica correspondiente a la TIR en Risk Simulator, en la que se evidencia una media de 24,33% correspondiente a la proyección a 5 años del proyecto, y junto a está una probabilidad del 57,28% de que la TIR sea mayor al 19,31% lo cual es un buen indicador pues el valor de está supera el de la WACC, el coeficiente de variación es del 153%. Después de analizar todos estos indicadores, se puede decir que el proyecto es financieramente viable, aunque existen riesgos al implementarlo.

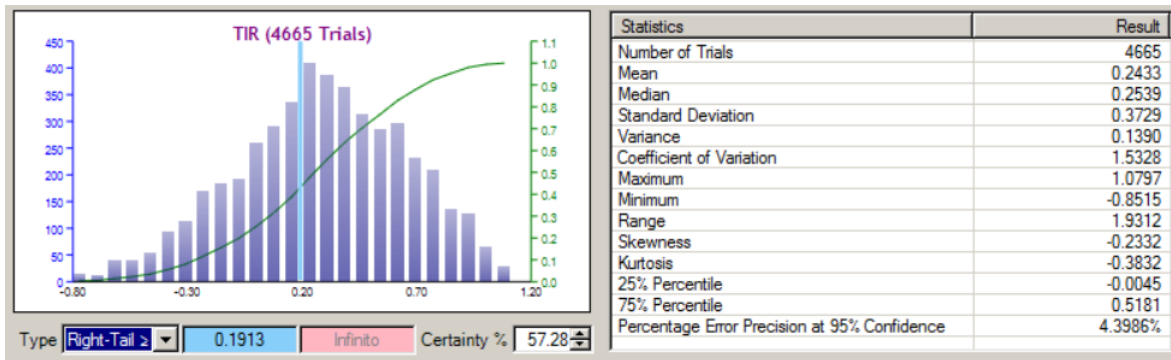


Fig. 35. Pronóstico TIR Risk Simulator.

Fuente: propia.

Por último, en el análisis de sensibilidad se evidencia que la variable más influyente para la determinación del VPN y la TIR es la celda D20, la cual corresponde a la participación de ventas iniciales como se representa en la Fig.30. En el Anexo 18, se evidencia de manera más específica todo el proceso de la simulación en Risk Simulator con sus reportes correspondientes.

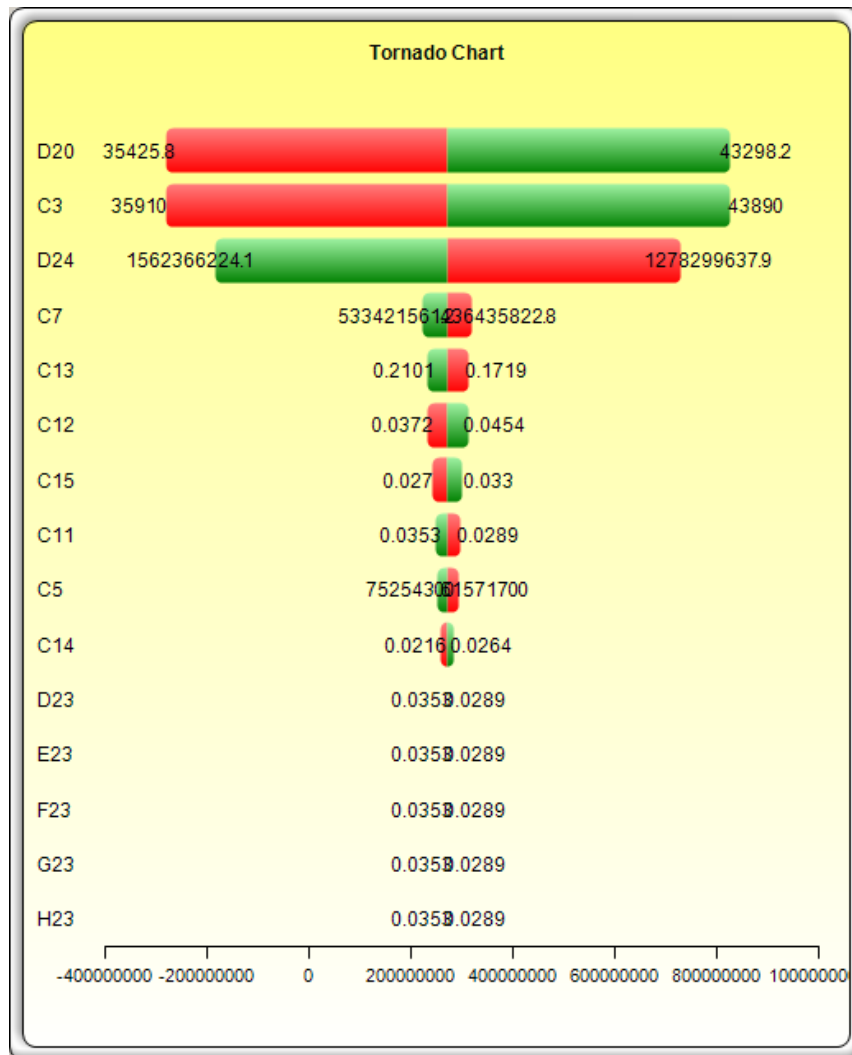


Fig. 36. Análisis de sensibilidad Risk Simulator.

Fuente: propia.

Por último y para la finalización del proceso a lo largo del documento, se realizó un formato de estandarización POE, con el cual se busca detallar la descripción del proceso que consistió en indagar cada una de las alternativas que podrían existir para el aprovechamiento del residuo de naranja, posterior a esto, se seleccionó la alternativa de realizar un suplemento alimenticio para bovinos los cuales serán pellets para los que se investigaron todas las máquinas requeridas en el proceso, así como el funcionamiento en cuanto a logística y procesos tomando como referencia otro tipo de empresas que desarrollan este tipo de procesos. La plantilla del formato de estandarización del proceso se puede encontrar en el Anexo 19, ahí se plasmó el proceso de forma detallada desde que ingresa la materia prima a la planta hasta que se despacha el producto terminado.

VII. CONCLUSIONES

El mercado de los cítricos, y en especial el de la naranja, es muy grande a nivel mundial y tiene múltiples enfoques así como los subproductos que se generan posteriores al primer uso, el enfoque de este proyecto fue proponer un aprovechamiento de dicho residuo orgánico ya que esto se considera algo positivo debido a que no solo permite el aprovechamiento de los mismos, logrando

generar un impacto en el medio ambiente y un impacto económico positivo, sino que también se cumple con el objetivo principal en el desarrollo de este proyecto, el cual se enfocaba en realizar un diseño a partir de un subproducto que permitiera generar y promover la economía circular. En el desarrollo de este proyecto, se pudo detectar que en el procesamiento de naranjas se obtiene un subproducto correspondiente al 59,90% y el objetivo era darle el mayor porcentaje de utilización posible. Con base en el trabajo desarrollado se puede concluir que:

- Este tipo de alimentos se deben incluir en la dieta de los bovinos como un suplemento, no puede ser su fuente completa de alimentación en vacas productoras de leche, pues su dieta debe incluir forrajes necesarios para su correcta nutrición y crecimiento.
- Con la implementación de este diseño se pretende cumplir una demanda del 0,032% de la población bovina en el departamento de Antioquia correspondiente a 1 772 085 (hembras mayores a 1 año) [69], lo cual corresponde a 573 bovinos al mes. Para satisfacer dicha demanda se deben producir 83 543 kg mensuales en 2 088 bultos de 40kg cada uno, teniendo en cuenta esta información se realiza una propuesta de capacidad instalada correspondiente a maquinaria, espacio y operatividad que permite cumplir con dicho objetivo.
- Se estableció el diseño del sistema de aprovechamiento a partir de la distribución de la planta de producción utilizando la metodología SLP, en el cual se propone la distribución según la cercanía y la importancia del relacionamiento de las áreas de la planta y se definen las máquinas necesarias para la operación con una proyección de la capacidad de cada una para los siguientes 5 años.
- Según el flujo de caja neto del inversionista, se concluye que el proyecto no es factible financieramente con la tasa de interés para los créditos y la rentabilidad esperada por dichos inversionistas inicialmente son de 17,81% y 22,81% dado que el VPN da un valor de \$ -474 139,28. No obstante, el análisis de sensibilidad realizado para este flujo de caja dio como resultado que para que el proyecto sea factible financieramente ($VPN = 0$) se debe cumplir con las siguientes condiciones: **1)** La tasa máxima de interés para los créditos debe ser del 17,77% manteniendo la rentabilidad inicial del inversionista, **2)** La rentabilidad esperada por el inversionista debe ser de 22,71% manteniendo la tasa inicial para los créditos y **3)** Ambas tasas deben ser de 20,46%.

VIII. RECOMENDACIONES

- Se le recomienda a quienes realicen la implementación del proceso productivo, la exploración constante del mercado de alimentación bovina, esto con el fin de estar alineado con las necesidades del consumidor y de descubrir que componentes le ayudan a mejorar la calidad del producto y a potencializar el diseño propuesto.
- Se recomienda evaluar la distribución de planta una vez sea instalada, probar parámetros de eficiencia, asegurándose de que se esté aprovechando el espacio de la mejor forma, implementando, por ejemplo, una metodología Guerchet y analizando los traslados innecesarios que ocurran dentro de la planta.
- Se recomienda tener un cuidado especial y una logística controlada, pues gracias a la humedad que se le atribuye al residuo orgánico tiende a llegar a su fase de descomposición en un muy corto tiempo.
- Se recomienda realizar una mejor distribución con respecto a las cargas de trabajo entre los operarios, pues según los resultados obtenidos por la simulación en Flexsim, se tiene que uno de los operarios cuenta con un porcentaje de inactividad del 17,22%, mientras que el segundo tiene un porcentaje de inactividad del 82,42%.
- Se recomienda realizar la evaluación financiera a un plazo mayor a 5 años, para analizar cómo se comporta el proyecto, especialmente desde el punto de vista del inversionista.

IX. GLOSARIO

- *Lumbricultura*: Cría de lombrices de tierra [84].
- *Citricultivo*: Cultivo de cítricos [85].

- Bioetanol anhidro: Tipo de bioetanol que se ha sometido a un proceso para eliminar la mayoría de su contenido de agua, el cual queda en aproximadamente 0,5% [86].
- *Lixiviados*: Líquido residual generado por la descomposición biológica de la parte orgánica o biodegradable de los residuos sólidos y/o como resultado de la percolación de agua a través de los residuos en proceso de degradación [87].
- *Economía circular*: es un concepto que se interrelaciona con la sostenibilidad, y cuyo objetivo es que el valor de los productos, los materiales y los recursos se mantenga en la economía durante el mayor tiempo posible, y que se reduzca al mínimo la generación de residuos [88].
- *Biomasa*: Materia orgánica originada en un proceso biológico, espontáneo o provocado, utilizable como fuente de energía [89].
- *Stakeholders*: palabra del idioma inglés usada en la gerencia de proyectos para referirse a las partes o grupos interesados en un proyecto.
- *Pluviosidad*: Cantidad de lluvia que recibe un sitio en un período determinado de tiempo [90].
- *Rendimiento*: Producto o utilidad que rinde o da alguien o algo [91].
- *Riesgo agroindustrial*: Clásicamente se mencionan al menos los riesgos asociados y dentro de ellos están las incertidumbres del clima y de precios, las plagas, la dificultad de acceso, el aislamiento, pero parte de esos riesgos también influyen en la ocurrencia de accidentes laborales y la falta de mecanismos de prevención a las que se suman [92].
- *Metilester*: Esteres metílicos del ácido metacrílico que polimerizan fácilmente y son utilizados como cementos tisulares, materiales dentales y absorbentes para sustancias biológicas [93].
- *Hidrólisis ácida*: Es una reacción química determinada, en la que moléculas de agua se dividen en sus átomos componentes (H₂O: hidrógeno y oxígeno) y forman uniones distintas con alguna otra sustancia involucrada, alterándola en el proceso [94].
- *Rumia de bovinos*: Es la capacidad para regurgitar y masticar repetidas veces el contenido del estómago para facilitar su digestión es con diferencia uno de los indicadores de salud más claros del estado de salud y bienestar de la vaca [95].
Ensilaje: Es un método de fermentación anaeróbica, donde bacterias ácido-lácticas convierten los carbohidratos solubles, en ácidos orgánicos y agua; disminuyendo el pH para conservar el material [51]

X. REFERENCIAS

- [1] Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, “Perspectivas a Plazo Medio de los Productos Básicos Agrícolas,” 2010. .
- [2] “Citrus : World Markets and Trade,” 2020.
- [3] P. Aguilar, M. Escobar, and C. Pássaro, *Cítricos: cultivo, poscosecha e industrialización*. 2012.
- [4] (Departamento Administrativo Nacional de Estadística) DANE, “Boletín Técnico Encuesta Nacional Agropecuaria (ENA) 2019-I,” 2020.
- [5] W. Pérez Granados and M. E. Noreña Triana, *Cadena del Cítricos Indicadores e Instrumentos*. 2019.
- [6] M. Patsalou, A. Chrysargyris, N. Tzortzakis, and M. Koutinas, “A biorefinery for conversion of citrus peel waste into essential oils, pectin, fertilizer and succinic acid via different fermentation strategies,” *Waste Manag.*, vol. 113, pp. 469–477, 2020, doi: 10.1016/j.wasman.2020.06.020.
- [7] F. R. Rossi, H. M. de S. Filho, B. V. Miranda, and M. J. Carrer, “The role of contracts in the adoption of irrigation by Brazilian orange growers,” *Agric. Water Manag.*, vol. 233, no. October 2019, p. 106078, 2020, doi: 10.1016/j.agwat.2020.106078.
- [8] R. R. A. Sanchez, “Grupos de Interés – Gestión de Proyectos,” *ESCUELA DE ORGANIZACIÓN INDUSTRIAL*, 2011. .
- [9] Roberto Sanz, “Cómo identificar a los interesados del Proyecto.,” *nextop*, 2017. .
- [10] “Matriz interés-poder,” *Wolters Kluwer*. .
- [11] L. Alvarado Dávila and A. T. Hernández Sierra, “Revisión de alternativas sostenibles para el aprovechamiento del orujo de naranja,” *Rev. Colomb. Investig. Agroindustriales*, vol. 5, no. 2, pp. 9–32, 2018, doi: 10.23850/24220582.1393.
- [12] D. F. Flórez Delgado, E. A. Capacho Mogollón, S. M. Quintero Muiño, and K. Y. Gamboa Vera, “Effect of Supplementation With Orange Silage on the Caprine Milk Quality,” *Rev. U.D.C.A Actual. Divulg. Científica*, pp. 501–506, 2018.
- [13] A. Cabrera-Núñez, M. Lammoglia-Villagómez, C. Martínez-Sánchez, R. Rojas-Ronquillo, and F. Montero-Solís, “Utilización de subproductos de naranja (*Citrus sinensis* var. valencia) en la alimentación para rumiantes,” 2020.
- [14] K. Rezzadori, S. Benedetti, and E. R. Amante, “Proposals for the residues recovery: Orange waste as raw material for

new products,” 2012.

- [15] Jugos Mandarín, “Producción 2919.” 2019.
- [16] A. M. Ocampo, “Tendencias en bebidas para 2020,” *Revista Aimentos*.
- [17] DANE (Departamento Administrativo Nacional de Estadística), “Boletín técnico Encuesta Mensual Manufacturera con Enfoque Territorial,” 2020.
- [18] Portafolio, “Así crece el negocio de jugos naturales en Colombia,” 2017.
- [19] S. Calderón, J. Manuel, B. Uribe Botero, C. Castaño Uribe, and M. Bonilla Madriñán, *Política Nacional de Producción y Consumo Hacia una cultura de consumo sostenible y transformación productiva*. 2010.
- [20] Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, “Decreto Único.”
- [21] (Departamento Administrativo Nacional de Estadística) DANE, “GranEncuesta Integradade Hogares (GEIH),” 2020.
- [22] CCA, “Caracterización y gestión de los residuos orgánicos en América del Norte,” *Comisión para la Cooperación Ambiental*. p. 6, 2017.
- [23] Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, *Plan Nacional de negocios verdes*. 2014.
- [24] Earthgreen Colombia, “Mapa Normativo Residuos Sólidos,” *Minist. del Medio Ambient. Vivienda y Desarro. Territ.*, pp. 1–5, 2020.
- [25] Semana, “Colombia, uno de los países que más demanda sostenibilidad corporativa,” 2019.
- [26] Nielsen, “LOS COMPRADORES SOSTENIBLES COMPRAN EL CAMBIO QUE QUIEREN VER EN EL MUNDO,” 2019. .
- [27] C. Productiva, “Economía Circular: Una forma diferente de hacer negocios sostenibles.” p. 2, 2020.
- [28] Forbes, “Colombia, el sexto país con los impuestos más altos a empresas,” *Forbes Colombia*, 2020.
- [29] ICA (Instituto Colombiano de Agricultura), “Manejo fitosanitario del cultivo de cítricos,” 1387.
- [30] Forbes, “Sin investigación, Colombia se condena,” *Forbes Colombia*, 2019.
- [31] Finagro, “Cítricos.” 2020.
- [32] Organización para la cooperación y el Desarrollo Económico, “Nota de la OCDE sobre la ley de financiamiento en Colombia,” 2019.
- [33] Semana, “Inflación anual de Colombia a julio fue de 1,97 %, la más baja en 7 años,” 2020.
- [34] M. Kebaili, S. Djellali, M. Radjai, N. Drouiche, and H. Lounici, “Valorization of orange industry residues to form a natural coagulant and adsorbent,” *J. Ind. Eng. Chem.*, vol. 64, pp. 292–299, 2018, doi: 10.1016/j.jiec.2018.03.027.
- [35] D. Z. Cypriano, L. L. da Silva, and L. Tasic, “High value-added products from the orange juice industry waste,” *Waste Manag.*, vol. 79, pp. 71–78, 2018, doi: 10.1016/j.wasman.2018.07.028.
- [36] R. Ciriminna *et al.*, “Fragrant bioethanol: A valued bioproduct from orange juice and essential oil extraction,” *Sustain. Chem. Pharm.*, vol. 9, no. March, pp. 42–45, 2018, doi: 10.1016/j.scp.2018.05.002.
- [37] Federación Nacional de Biocombustibles, “Precios de Alcohol Carburante,” 2020. .
- [38] Infoagro, “Lombriz roja californiana y humus, lombricompost.” 2020.
- [39] Orquidea, “Pectina.” 2020.
- [40] Ministerio del Trabajo, “MiPymes representan más de 90% del sector productivo nacional y generan el 80% del empleo en Colombia.” 2019.
- [41] A. Tovar, “Valorización Integral De Cáscaras De Naranja Mediante Extracción De Pectina Y Elaboración De Carbón Activado,” 2017.
- [42] CONtexto Ganadero, “Conozca las bondades del ensilaje de naranja para lechería.” 2016.
- [43] F. C. de G. FEDEGAN, *Ganadería Colombiana*, 2018th ed. Bogotá D.C.: Ricardo Cortés Dueñas, 2018.
- [44] M. Y. Véliz Jaime and Y. González Diaz, “Evaluación Técnico-Económica Para La Obtención De Aceites Esenciales Y Su Impacto En El Medioambiente,” *Cienc. en su PC*, no. 4, pp. 103–115, 2017.
- [45] Job Wizards, “El método Walt Disney: Una técnica creativa realista.”
- [46] SAF GLOBAL, “Citrus Pulp Pellet (CPP).”
- [47] N. Mahato, K. Sharma, M. Sinha, and M. H. Cho, “Citrus waste derived nutra-/pharmaceuticals for health benefits: Current trends and future perspectives,” *J. Funct. Foods*, vol. 40, no. November 2017, pp. 307–316, 2018, doi: 10.1016/j.jff.2017.11.015.
- [48] Markets and Markets, “Feed Acidulants Market by Type (Propionic Acid, Formic Acid, Citric Acid, Lactic Acid, Sorbic Acid, Malic Acid, and Acetic Acid), Animal Type (Poultry, Ruminants, Swine, Aquaculture, Pets, and Equine), Compound, Form, and Region–Global Forecast to 2023.”
- [49] Markets and Markets, “Pectin Market by Type (HM Pectin, LM Pectin), Raw Material (Citrus fruits, Apples, Sugar beet), Function, Application (Food & beverages, Pharmaceutical & Personal Care Products, Industrial Applications), and Region - Global Forecast to 2025.”
- [50] Verified Market Rresearch, “Vermicompost Market Size And Forecast,” 2018. .

- [51] Oil & Gas 360, “Global \$15.8 Billion Essential Oil Market, 2025 – Citrus Fruit Demand is Growing – Research and Markets,” 2017. .
- [52] Cision, “Global Compost Market Report 2019: \$9.2 Billion Market Opportunities, Trends, Forecast and Competitive Analysis, 2013-2024,” 2019. .
- [53] E. P. Melo-Camacho, J. A. Bermúdez-Loaiza, and J. Estrada- Álvarez, “Ensilaje de naranjas enteras (*Citrus sinensis*) como suplemento para alimentación de rumiantes,” *Vet. y Zootec.*, vol. 11, no. 1, pp. 24–36, Jan. 2017, doi: 10.17151/vetzo.2017.11.1.3.
- [54] S. Milena, Q. Muiño, and P. B. Gamboa, “EFFECT OF ORANGE SILAGE SUPPLEMENTATION ON BOVINE MILK COMPOSITION,” vol. 11, no. 2, pp. 71–79, 2020.
- [55] J. A. Bermúdez-Loaiza, E. P. Melo-Camacho, and J. Estrada-Álvarez, “Evaluación de ensilaje de naranja entera (*Citrus sinensis*) como alternativa de suplementación en bovinos,” *Vet. y Zootec.*, vol. 9, no. 2, pp. 38–53, 2015, doi: 10.17151/vetzo.2015.9.2.4.
- [56] W. G. de Faria Júnior, L. C. Gonçalves, D. A. de A. Pires, J. A. S. Rodrigues, and M. A. Ramirez, *Silagem de sorgo para gado de leite*. 2009.
- [57] La Republica, “Concentrados para bovinos y equinos, un negocio de \$580.000 millones al año.”
- [58] ICA, “Productores colombianos de cítricos dulces podrán exportar a Los Estados Unidos.” <https://www.ica.gov.co/noticias/productores-citricos-dulces-exportacion-eeuu-ica.aspx> (accessed May 14, 2021).
- [59] DANE, “TABLA-BOVINOS-MUNICIPIOS-DEPARTAMENTOS-2019,” 2019.
- [60] Consejo Privado de Colombia, “ÍNDICE DEPARTAMENTAL DE COMPETITIVIDAD,” 2020. [Online]. Available: http://scholar.google.es/scholar?start=110&q=competitividad+regional+en+Colombia&hl=es&as_sdt=0,5#5.
- [61] A. Espinoza-Zamora, G. Orozco-Benítez, Y. Vázquez-López, J. Romo-Rubio, F. Escalera-Valente, and S. Martínez-González, “Una revisión sobre la pulpa de naranja: cantidad, composición y usos A review on orange pulp: quantity, composition and uses,” *Abanico Agrofor.*, vol. 1, no. 0, pp. 2019–3, 2019, Accessed: May 14, 2021. [Online]. Available: <https://abanicoacademico.mx/revistasabanico/index.php/abanico-agroforestal/article/view/208/456>.
- [62] F. Lanuza, “Requerimientos De Nutrientes Según Estado Fisiológico En Bovinos De Leche,” *Man. Prod. leche para pequeños y Median. Prod.*, no. 148, pp. 1–16, 2015, [Online]. Available: <http://biblioteca.inia.cl/medios/biblioteca/boletines/NR33837.pdf>.
- [63] “Secador De Frutas Industrial De Baja Energía, Deshidratador, Deshidratadora De Alimentos - Buy Industrial Fruit Dryer, Dehydrator, Deshidratadora De Alimentos Product on Alibaba.com.” https://spanish.alibaba.com/product-detail/low-energy-industrial-fruit-dryer-dehydrator-deshidratadora-de-alimentos-1600209495161.html?spm=a2700.galleryofferlist.normal_offer.d_title.22cd2f143qDDHy (accessed May 14, 2021).
- [64] “Máquina Pulverizadora Trituradora De Alimentos, Pimienta En Polvo, Café, Sal, Maíz, Azúcar, Turmeric Seco, Cilantro, Trituradora De Semillas - Buy Sugar Powder Mill Grinding Equipment, Turmeric Powder Grinding Mill Machine, Dry Tea Leaf Powder Pulverize Grinding Machine Product on Alibaba.com.” https://spanish.alibaba.com/product-detail/spices-herbs-chilli-powder-coffee-salt-corn-sugar-dried-turmeric-coriander-food-seed-grinder-grinding-pulverizer-machine-1600207246068.html?spm=a2700.7724857.normal_offer.d_title.37c074dfWQxhOh&s=p (accessed May 19, 2021).
- [65] “Uso Industrial Automática Molino De Rodillo De 5 Toneladas Por Día Maíz/molino De Harina De Trigo Maíz/harina De Maíz De Precio De La Máquina - Buy Maize Flour Milling Machine Price, Wheat Flour Mill Corn, Horizontal Flour Mill Product on Alibaba.com.” https://spanish.alibaba.com/product-detail/industrial-use-automatic-roller-mill-5-ton-per-day-maize-wheat-flour-mill-corn-maize-flour-milling-machine-price-60562666675.html?spm=a2700.galleryofferlist.normal_offer.d_title.4d5d62481F0rml (accessed May 14, 2021).
- [66] “Máquina De Fabricación De Pellets Para Alimentos De Animales, Producto En Oferta - Buy Pellet Making Machine, Animal Food Pellet Machine Mill, Cattle Fodder Pellet Press Machine Product on Alibaba.com.” https://spanish.alibaba.com/product-detail/hot-sale-feedstuff-pellet-making-machine-for-animal-food-pellets-production-60469623046.html?spm=a2700.7735675.normal_offer.d_title.395a160dbogKuh&s=p (accessed May 14, 2021).
- [67] “¡venta Caliente! Enfriador De Pellets Para Alimentación De Animales, Aves De Corral, Ganado Y Acuáticos, Certificado Ce - Buy Feed Pellet Cooler, Cattle Feed Pellet Cooler, Chicken Feed Pellet Cooler Product on Alibaba.com.” https://spanish.alibaba.com/product-detail/pellet-cooler-feed-pellet-cooler-hot-sale-ce-certificate-animal-poultry-livestock-aquatic-feed-pellet-cooler-859859696.html?spm=a2700.galleryofferlist.normal_offer.d_title.79217129I1SvNS&s=p (accessed May 19, 2021).
- [68] “Boyang 10-50kg Automatic Urea Silicon Fertilizer Open Top Bag Packaging Machine - Buy Grain Packing Machine, Bagging Machine 25 Kg, Maquina Empacadora De Granos Product on Alibaba.com.” <https://www.alibaba.com/product-detail/Boyang-10-50kg-Automatic-Urea->

Silicon_1600117614596.html?spm=a2700.galleryofferlist.normal_offer.d_title.5f8c3b4bUU3Nbr (accessed May 19, 2021).

- [69] and Y. M. H. Mejía, M. Wilches, M. Galofre, “Aplicación de metodologías de distribución de plantas para la configuración de un centro de distribución,” *Sci. Tech*, vol. XVI, pp. 63–68, 2011.
- [70] and G. R. D. A. R. A. M. Paredes, P. K. A. Mejía, P. V. L. Chud, P. J. L. Quevedo, “Rediseño de una planta productora de lácteos mediante la utilización de las metodologías SLP , CRAFT y QAP,” *Sci. Tech*, vol. 21, pp. 318–326, 2016.
- [71] Asociación Académica de la Lengua Española, “lombricultura,” 2019. .
- [72] Asociación Académica de la Lengua Española, “citricultura,” 2019. .
- [73] Asociación Académica de la Lengua Española, “anhidro,” 2019. .
- [74] U. A. E. D. S. P. UAESP, “Lixiviado.” .
- [75] Economía Circular, “Economía Circular.” .
- [76] Asociación Académica de la Lengua Española, “biomasa,” 2019.
- [77] Asociación Académica de la Lengua Española, “pluviosidad.” .
- [78] Asociación Académica de la Lengua Española, “rendimiento.” .
- [79] GO Consultores, “Gestión del riesgo en agroindustria.” .
- [80] Reverso Context, “éster metílico.” .
- [81] María Estela Raffino, “Concepto de Hidrólisis,” 2020. .
- [82] Tom Lorenzen, “La rumia como parte de las señales vacunas a tener en cuenta,” *Alltech*. .

XI. ANEXOS

TABLA XXXVI.

ANEXOS

No. Anexo	Nombre	Desarrollo (propio o terceros)	Tipo de Archivo (PDF, HTLM, Excel, Word...)
1	2020210 - Anexo 1. Entrevista con Propietario de Citrix Jugos S.A.	Propio	Word
2	2020210 - Anexo 2. Entrevista con expertos.	Propio	Word
3	2020210 - Anexo 3. Plan de recolección de datos	Propio	Excel
4	2020210 - Anexo 4. Datos empresa Jugos Mandarin.	Terceros	Excel
5	2020210 - Anexo 5. Análisis PESTEL.	Propio	Word
6	2020210 - Anexo 6. Caracterización de los residuos de naranja	Propio	Word
7	2020210 - Anexo 7. Selección de alternativa con método AHP	Propio	Excel
8	2020210 - Anexo 8. Cronograma de Project.	Propio	Project
9	2020210 - Anexo 9. Project Charter	Propio	Excel
10	2020210 – Anexo 10. Entrevistas con expertos	Propio	Word

11	2020210 – Anexo 11. Cálculo de capacidad y comparación productos	Propio	Excel
12	2020210 – Anexo 12. Cálculo de inventario de seguridad	Propio	Excel
13	2020210 – Anexo 13. Plano de distribución de planta	Propio	Illustrator
14	2020210 – Anexo 14. Modelo de simulación Flexsim	Propio	Flexsim
15	2020210 – Anexo 15. Modelo de simulación Flexsim	Propio	Flexsim
16	2020210 – Anexo 16. Cálculos de demanda MRP	Propio	Excel
17	2020210 – Anexo 17. Análisis financiero	Propio	Excel
18	2020210 – Anexo 18. Simulación Risk Simulator	Propio	Risk Simulator
19	2020210 – Anexo 19. Formato POE	Propio	Excel