

**Modelo en Dinámica de Sistemas de una alternativa de utilización de los  
residuos agrícolas del cultivo de la piña. Caso: Municipio de Girón,  
Santander.**

Diego Luis Díaz Lizarazo

ID:000320177

Gabriel Manuel Galindo España

ID:000309357

Universidad Pontificia Bolivariana– Seccional Bucaramanga

Escuela de Ingeniería

Facultad de Ingeniería Industrial

Bucaramanga, Santander, Colombia

2021

**Modelo en Dinámica de Sistemas de una alternativa de utilización de los  
residuos agrícolas del cultivo de la piña. Caso: Municipio de Girón,  
Santander.**

Diego Luis Díaz Lizarazo

ID:000320177

Gabriel Manuel Galindo España

ID:000309357

Proyecto de grado presentado como requisito para optar al título de:

**INGENIERO INDUSTRIAL**

Director del Proyecto

Urbano Eliécer Gómez Prada, PhD.

Universidad Pontificia Bolivariana – Seccional Bucaramanga

Escuela de Ingeniería

Facultad de Ingeniería Industrial

Bucaramanga

2021

## **DEDICATORIA**

*Este trabajo se lo quiero dedicar a Dios, a mi madre Cecilia Lizarazo a mi padre Luis Diaz y a mi hermana Gabriela Diaz, quienes me han apoyado e incentivado a servir y dar lo mejor siempre, tanto académica como personalmente.*

*A mi abuelo Hipólito Diaz, quien siempre fue participe en liderar iniciativas por el campo colombiano y a mi familia quien siempre me ha apoyado*

*A las personas que conocí durante mi trayecto en la universidad por todas las experiencias, que me han ayudado a formarme como persona y como profesional.*

*A la Universidad Pontificia Bolivariana, a los profesores, Semillero Prospectiva Energética de Colombia (SPEC), al grupo de proyección social de la universidad Líderes UPB. Muchas gracias.*

*Diego Luis Díaz Lizarazo.*

## **DEDICATORIA**

*A Dios.*

*A mis padres Manuel Galindo y Laura España por su amor y apoyo en mi etapa universitaria.*

*A mis abuelos Luis J. Durán, Socorro Acosta, Francisco España y María Moreno por sus enseñanzas, apoyo y sabiduría por ser mejor persona.*

*A mi familia por acompañarme y ayudarme en el camino de mi vida.*

*A mis amigos por todos los momentos, experiencias y aprendizaje en la universidad.*

*A la Universidad Pontificia Bolivariana, a los profesores, al Semillero Prospectiva Energética de Colombia (SPEC), al grupo de proyección social de la universidad Líderes UPB. Por aportarme en mi desarrollo profesional y personal.  
¡Muchas gracias!*

*Gabriel Manuel Galindo España.*

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradecemos el apoyo y la colaboración al docente Urbano Eliécer Gómez Prada, nuestro director de proyecto de grado, quien nos ha acompañado con esta problemática del cultivo de la piña, desde el semillero de investigación SPEC, nos orientó en el desarrollo del trabajo y nos ayudó para lograr cumplir con los objetivos propuestos.

A la docente Sandra Natalia Correa Torres, coordinadora del semillero SPEC en la Universidad Pontificia Bolivariana, por la paciencia, apoyo y ayuda en el proceso de formación de investigación.

De igual forma recalcar los aportes en el proceso de investigación, al ingeniero Carlos Fernando Arenas Jiménez, quien nos aportó valioso conocimiento para la realización de este proyecto.

A su vez queremos agradecer a las personas que pertenecen a la facultad de Ingeniería Industrial y a la Universidad Pontificia Bolivariana seccional Bucaramanga por ayudarnos en nuestro proceso de formación y aprendizaje e incentivarnos a ser excelentes profesionales capaces de aportar con conocimiento y lograr superar cualquier reto.

Y a todas aquellas que de alguna manera colaboraron con el desarrollo del presente trabajo, su ayuda hizo posible la realización de este proyecto.

## TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN .....	12
Capítulo 1 DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA .....	14
Capítulo 2 ANTECEDENTES.....	16
Capítulo 3 JUSTIFICACIÓN .....	20
Capítulo 4 OBJETIVOS .....	22
Objetivo General.....	22
Objetivos Específicos.....	22
Capítulo 5 MARCO TEÓRICO.....	23
Dinámica de Sistemas.....	23
Cultivo de Piña.....	31
Región de Estudio .....	39
Valoración Cualitativa de Impacto Ambiental .....	40
Sistema de la Cadena Gestión de Suministro .....	43
Alternativas de estudio.....	47
Capítulo 6 METODOLOGIA .....	51
Fase 1. Definición de la alternativa.....	54
Fase 1.1. Recolección de la información .....	54
Fase 1.2. Valoración cualitativa de las alternativas .....	54
Fase 2. Propuesta del modelo del sistema de gestión .....	55
Fase 2.1. Planteamiento del sistema de gestión para la alternativa definida. ....	55
Fase 2.2. Elaboración del modelo de simulación en Dinámica de Sistemas .....	56
Fase 3. Evaluación del modelo de simulación en Dinámica de Sistemas.....	57
Fase 3.1. Prueba de consistencia dimensional .....	57
Fase 3.2. Pruebas límite .....	58
Fase 3.3. Pruebas y análisis de sensibilidad de parámetros .....	58
Capítulo 7 RESULTADOS Y DISCUSION.....	59
Definición de la alternativa.....	59
Selección de las alternativas .....	59
Valoración cualitativa de impacto ambiental.....	62
Propuesta del Modelo del sistema de gestión de los eslabones. ....	80
Planteamiento del sistema de gestión .....	80
Propuesta del modelo y Prosa.....	84
Elaboración de los diagramas del modelo de simulación .....	90
Evaluación del Modelo de Simulación Propuesto en Dinámica de Sistemas .....	135
Prueba a los Parámetros .....	135
Prueba de Consistencia dimensional.....	141
Prueba Limite.....	142
Prueba Análisis de sensibilidad .....	143
Divulgación.....	147
Capítulo 8 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	149
BIBLIOGRAFIA .....	153
Anexos .....	158

## LISTA DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> <i>Clasificación Taxonómica de la Piña</i> .....	32
<b>Tabla 2</b> <i>Clasificación de los Impactos de la Matriz Conesa Simplificada</i> .....	43
<b>Tabla 3</b> <i>Diseño metodológico del proyecto</i> .....	51
<b>Tabla 4</b> <i>Producción de Piña en las Veredas de Girón, Santander</i> .....	60
<b>Tabla 5</b> <i>Cálculo del Residuo Total de la producción de piña en el municipio de Girón, Santander</i> .....	61
<b>Tabla 6</b> <i>Matriz de Impacto Ambiental Resumida de la Alternativa Bolso de Cuero Vegetal</i> .....	64
<b>Tabla 7</b> <i>Clasificación de Principales Impactos Ambientales de la Alternativa Bolso de Cuero Vegetal</i> .....	67
<b>Tabla 8</b> <i>Matriz de impacto ambiental resumida de la alternativa de papel</i> .....	68
<b>Tabla 9</b> <i>Clasificación de Principales Impactos Ambientales de La Alternativa Papel ...</i>	71
<b>Tabla 10</b> <i>Matriz de Impacto Ambiental Resumida de la Alternativa Calzado de Cuero Vegetal</i> .....	72
<b>Tabla 11</b> <i>Clasificación de los principales impactos ambientales de la alternativa de calzado</i> .....	76
<b>Tabla 12</b> <i>Resultados consolidados de la valoración de las tres alternativas evaluadas</i> .	77
<b>Tabla 13</b> <i>Descripción de propuesta del sistema de gestión de la alternativa bolso de cuero vegetal</i> .....	82
<b>Tabla 14</b> <i>Procesos y características del modelo</i> .....	89
<b>Tabla 15</b> <i>Prototipo I -Tabla de ecuaciones</i> .....	95
<b>Tabla 16</b> <i>Prototipo I - Parámetros, variables auxiliares y retardos</i> .....	97
<b>Tabla 17</b> <i>Prototipo II - Elementos del modelo de simulación</i> .....	109
<b>Tabla 18</b> <i>Prototipo II - Ecuaciones</i> .....	112
<b>Tabla 19</b> <i>Prototipo II - Parámetros, retardos y variables auxiliares</i> .....	116
<b>Tabla 20</b> <i>Delimitación de la planta de la piña en el modelo de simulación propuesto</i> .	121
<b>Tabla 21</b> <i>Descripción de los parámetros</i> .....	135
<b>Tabla 22</b> <i>Prueba de consistencia dimensional</i> .....	141
<b>Tabla 23</b> <i>Parámetro de la prueba límite</i> .....	142
<b>Tabla 24</b> <i>Escenarios de sensibilidad</i> .....	144
<b>Tabla 25</b> <i>Productos de divulgación de los autores</i> .....	147

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> Modelamiento por medio de la Dinámica de Sistemas .....	24
<b>Figura 2</b> <i>Piña Golden Sweet o MD2 Golden</i> .....	33
<b>Figura 3</b> <i>Piña Perolera</i> .....	34
<b>Figura 4</b> <i>Fenología del cultivo de la piña</i> .....	35
<b>Figura 5</b> <i>Residuos agrícolas de la piña en un cultivo</i> .....	36
<b>Figura 6</b> <i>Morfología de la planta de la piña</i> .....	37
<b>Figura 7</b> Criterios del método Conesa simplificada.....	42
<b>Figura 8</b> <i>Modelo de gestión de los eslabones de un producto</i> .....	45
<b>Figura 9</b> <i>Fases de la metodología</i> .....	53
<b>Figura 10</b> <i>Propuesta del sistema de gestión de los eslabones del modelo</i> .....	81
<b>Figura 11</b> <i>Mapa de los eslabones</i> .....	84
<b>Figura 12</b> <i>VARIABLES del eslabón de materia prima</i> .....	85
<b>Figura 13</b> <i>VARIABLES del eslabón de producción</i> .....	86
<b>Figura 14</b> <i>VARIABLES del eslabón de comercialización a minoristas</i> .....	87
<b>Figura 15</b> <i>Interrelación de los eslabones del modelo</i> .....	88
<b>Figura 16</b> <i>Prototipo I Diagrama de Influencias</i> .....	91
<b>Figura 17</b> <i>Prototipo I Diagrama de Flujo y Nivel</i> .....	93
<b>Figura 18</b> <i>Prototipo I Comportamientos</i> .....	99
<b>Figura 19</b> <i>Prototipo II Diagrama de Influencias</i> .....	101
<b>Figura 20</b> <i>Prototipo II Eslabón Materia Prima</i> .....	103
<b>Figura 21</b> <i>Prototipo II Eslabón de Producción</i> .....	105
<b>Figura 22</b> <i>Prototipo II Eslabón de comercialización a minoristas</i> .....	107
<b>Figura 23</b> <i>Prototipo II Diagrama de Flujo-Nivel</i> .....	110
<b>Figura 24</b> <i>Prototipo II Comportamientos de la transformación de Residuo a Hoja</i> .....	123
<b>Figura 25</b> <i>Prototipo II Comportamientos de la transformación de Hoja a Fibra</i> .....	124
<b>Figura 26</b> <i>Prototipo II Comportamiento de la transformación de Fibra Cardada</i> .....	125
<b>Figura 27</b> <i>Prototipo II Comportamiento de producción de conos textiles y láminas de cuero</i> .....	126
<b>Figura 28</b> <i>Prototipo II Comportamientos de las etapas de Producción</i> .....	127
<b>Figura 29</b> <i>Prototipo II Comportamiento de bolsos en inventario (BLS_INVNT_ACUM), pedidos (PDD) y unidades terminadas (UND_TER)</i> .....	128
<b>Figura 30</b> <i>Prototipo II Comportamiento de ventas (VNTS), pedidos (PDD) y producido (UND_TER)</i> .....	130
<b>Figura 31</b> <i>Prototipo II Comportamientos de la Prueba Límite</i> .....	143
<b>Figura 32</b> <i>Prototipo II Comportamiento de Escenario I</i> .....	145
<b>Figura 33</b> <i>Prototipo II Comportamiento de escenario II</i> .....	146

## LISTA DE ANEXOS

<b>Anexo 1</b> Matriz de impacto <i>ambiental de la alternativa de bolso de cuero vegetal</i> . ....	159
<b>Anexo 2</b> Matriz de impacto <i>ambiental de la alternativa de papel</i> .....	165
<b>Anexo 5</b> Matriz de impacto <i>ambiental de la alternativa de calzado</i> .....	171



## RESUMEN GENERAL DE TRABAJO DE GRADO

**TITULO:** Modelo en Dinámica de Sistemas de una alternativa de utilización de los residuos agrícolas del cultivo de la piña. Caso: Municipio de Girón, Santander.

**AUTOR(ES):** Diego Luis Díaz Lizarazo  
Gabriel Manuel Galindo España

**PROGRAMA:** Facultad de Ingeniería Industrial

**DIRECTOR(A):** Urbano Eliécer Gómez Prada

### RESUMEN

En este proyecto se desarrolló un modelo de simulación en Dinámica de Sistemas de una alternativa de utilización de residuos agrícolas para las veredas productoras de cultivo de piña (Ananás Comosus), más representativas del municipio de Girón, Santander. La alternativa se seleccionó a partir de la valoración cualitativa del impacto ambiental aplicando el método de la Matriz Conesa Simplificada y la estimación de la cantidad de residuos agrícolas en la región, en donde fue elegida la alternativa de bolso de cuero vegetal, se realizó la propuesta del modelo del Sistema de Gestión que comprendió los eslabones de Materia Prima, Producción y Comercialización a minoristas, para la alternativa seleccionada, posteriormente fue expresado en función de los lenguajes de la Dinámica de Sistemas y evaluado desde el punto de vista de los parámetros, la consistencia dimensional y el análisis de sensibilidad.

### PALABRAS CLAVE:

Simulación, Dinámica de Sistemas, Residuos Agrícolas, Piña, Cuero Vegetal.

**Vº Bº DIRECTOR DE TRABAJO DE GRADO**



## GENERAL SUMMARY OF WORK OF GRADE

**TITLE:** System Dynamics Model of an alternative use of agricultural residues from pineapple cultivation. Case: Municipality of Girón, Santander

**AUTHOR(S):** Diego Luis Díaz Lizarazo  
Gabriel Manuel Galindo España

**FACULTY:** Facultad de Ingeniería Industrial

**DIRECTOR:** Urbano Eliécer Gómez Prada

### ABSTRACT

In this project, a simulation model was developed in System Dynamics of an alternative for the use of agricultural residues for the pineapple growing villages (Ananás Comosus), most representative of the municipality of Girón, Santander. The alternative was selected from the qualitative assessment of the environmental impact applying method of the Simplified Conesa matrix and the estimation of the amount of agricultural waste in region, where the alternative of vegetable leather bag was chosen, the proposal of the Model of the Management System which included the links of Raw material, Production and Marketing to retailers, for the selected alternative, then it was expressed based on the System Dynamics languages and evaluated from the point of view of the parameters, the dimensional consistency and sensitivity analysis.

### KEYWORDS:

Simulation, System Dynamics, Agricultural residues, Pineapple, Vegetable Leather

**V° B° DIRECTOR OF GRADUATE WORK**

## INTRODUCCIÓN

El proyecto propuesto se ubica en Girón, un municipio del departamento de Santander, Colombia. Para el municipio, el cultivo de la piña es significativo en el ámbito económico y es el sustento de muchas familias de la región.

En el proceso de retiro de la piña, los residuos agrícolas deben tener un tratamiento especial debido a que pueden ser proliferantes de moscas de ganado (*Stomoxys calcitrans*) y se utilizan diferentes métodos que son altamente nocivos para el medio ambiente (García & Rodríguez, 2011). Según el plan de desarrollo de Girón este fruto está clasificado como cultivo permanente con alrededor del 31% de las hectáreas sembradas (Alcaldía de Girón, 2020).

Por lo cual el manejo de estos residuos está generando una problemática ambiental y económica, las cuales no se han abordado de manera concreta mientras se continua con el tratamiento convencional en el manejo de estos. (Montiel, 2015). En la región no se ha encontrado una alternativa para la utilización de estos residuos, que agregue valor para lograr su implementación y así disminuir la problemática.

Teniendo en cuenta las anteriores consideraciones, este proyecto proponer una alternativa con una valoración con el menor impacto ambiental negativo para la utilización de los residuos con base a la valoración cualitativa de impacto ambiental según Arboleda (2008) la cual permite identificar los efectos ambientales en las acciones de un proyecto, obra o actividad y a través de la EIA (Evaluación de Impacto Ambiental) realizar las medidas para que las acciones afecten perjudicialmente lo menos posible al medio ambiente.

Además, es necesaria la comprensión de la visión dinámica de esta alternativa que utilice los residuos, y permita entender los eslabones de proceso: materia prima, producción, y comercialización a minoristas. Logrando así, la identificación de aspectos claves en su

manejo y aplicación para utilizar los residuos agrícolas de una forma que evite el tratamiento convencional y aporte en la reducción del impacto negativo de la problemática que generan. Para lo cual se tiene como base a la Dinámica de Sistemas que se usa para estudiar fenómenos sociales debido a que poseen gran cantidad de interrelaciones y variables donde se puede observar la existencia de no linealidades. El uso de modelos de simulación dinámica permite visualizar y estudiar, los retardos, la estabilidad de un sistema y su crecimiento con respecto al tiempo.(Gómez, Andrade,Vásquez,2015).

El presente proyecto aborda el sistema de producción tomando como referencia en Gómez, U. & Gómez, O (2013) donde abordan la complejidad presente en las interacciones de los aspectos que Gaither & Fraizer (2000) proponen ,y realizan el sistema desde otra perspectiva que permite comprender la necesidad de aumentar la productividad en el mercado, integran los movimientos básicos en producción (asumiendo que no se dan reprocesos o devoluciones) Y en las ventas definen que solo se pueden realizar a partir de los pedidos y a que haya existencias en el inventario.

De acuerdo a lo anterior La tesis de grado titulada: “Modelo en Dinámica de Sistemas de una alternativa de utilización de los residuos agrícolas del cultivo de la piña. Caso: Municipio de Girón, Santander” se desarrolló de la siguiente manera: primero se realizó una valoración cualitativa del impacto ambiental para diferentes alternativas, se seleccionó una de acuerdo a diferentes criterios y se realizó una propuesta para el sistema de Gestión, debido a que fue necesario por no encontrar modelos de referencias del cultivo de piña, o del proceso para la elaboración de un producto a partir de residuo agrícola, las variables de este modelo posteriormente se representaron en un modelo de simulación en Dinámica de Sistemas para el sistema de gestión de la alternativa seleccionada y se realizó la respectiva evaluación del modelo.

## Capítulo 1

### DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA

El departamento de Santander, Colombia se resalta por su gran diversidad de flora y fauna, con sus tradicionales cultivos históricos que han impulsado el desarrollo de la región. Dentro de los diferentes frutos producidos en este territorio, el cultivo de la piña (Ananá Comosus), en el que el departamento es uno de los mayores productores (Pinzón, et al., 2019).

Para el municipio de Girón, Santander la producción de piña es una de sus principales actividades agrícolas y económicas; este fruto está clasificado como cultivo permanente con alrededor del 31% de las hectáreas sembradas en el municipio (Alcaldía de Girón, 2020.). Con base en estudios realizados en los últimos años, se ha identificado que el tratamiento convencional de los residuos agrícolas del cultivo de la piña genera contaminación de los recursos hídricos, pérdida de la fertilidad de los suelos y polución en el aire (Montiel, 2015). En la región no se ha encontrado una alternativa para la utilización de estos residuos, que agregue valor para lograr su implementación y así disminuir la problemática.

Teniendo en cuenta las anteriores consideraciones, se puede evidenciar que es necesario proponer una alternativa con una valoración con el menor impacto ambiental negativo para la utilización de los residuos agrícolas del cultivo de la piña. En consecuencia, es necesaria la comprensión de la visión dinámica de esta alternativa que utilice los residuos, y permita entender los eslabones de proceso: materia prima, producción, y comercialización a minoristas. Logrando así, la identificación de aspectos claves en su manejo y aplicación para utilizar los residuos agrícolas de una forma que evite el tratamiento convencional y aporte en la reducción del impacto negativo de la problemática que generan.

Con base en ello, surge la siguiente pregunta: teniendo en cuenta una alternativa para la utilización de los residuos agrícolas del cultivo de la piña en el municipio de Girón, Santander ¿Cuál es la hipótesis dinámica de un modelo de simulación que represente los eslabones de proceso tales como materia prima, producción y comercialización a minoristas, de una alternativa con una menor valoración ambiental negativa que facilite la comprensión de sus procesos?

## Capítulo 2

### ANTECEDENTES

A continuación, se presentan algunos antecedentes para este proyecto

1. En el proyecto de grado “Empleo de la fibra de piña en el campo textil” González (2004) presenta las diferentes maneras para la utilización de la fibra de piña extraída de la hoja de la piña; las características que deben tener la planta y la hoja para su transformación a fibra. También expone sus aplicaciones en el campo textil, los procesos que conlleva hasta la tela textil y las propiedades de la fibra.
2. En el trabajo de investigación “Modelo Dinámico y estratégico de la cadena agroindustrial de frutas” Herrera, Orjuela, Sandoval, Martínez (2017) se desarrolla un estudio sobre las cadenas agroindustriales y se construye un modelo de Dinámica de Sistemas para analizar las variables que influyen en la gestión de la cadena y así mismo, en la productividad y eficiencia en sus procesos y operaciones. Además, por medio de la metodología de la Dinámica de Sistemas, se genera una visión dinámica de las problemáticas que afectan a las cadenas agroindustriales y se proponen políticas para reducirlas junto con el factor de la planificación y gestión tecnológica en las cadenas de suministros de las frutas.
3. En el trabajo de grado “Modelo de simulación continua para la gestión de la cadena de suministro en productos con ciclo de vida corto” Ramírez & Valencia (2012) presenta la temática de la gestión y la Dinámica de Sistemas en la cadena de suministro, incorporan cinco eslabones para el desarrollo del modelo, minorista, fabricante, mercado, pronóstico en donde se visualizan los diferentes elementos y variables de una cadena de suministro en ciclo de vida corto.

4. En la base de datos EVA 2017 hay un informe titulado “Evaluaciones Agropecuarias Municipales (EVA) Municipio de Girón 2017” Ministerio de agricultura & Secretaría de Agricultura Departamental (2017) presenta información de los diferentes cultivos permanentes en el municipio de Girón, Santander entre los que se encuentra la piña (Ananás Comosus) con 2734Ha de área sembrada a 31 de diciembre de 2017 con una producción de 121936t. Basado en el informe, el cultivo predominante en la región es la Piña y cuenta con los datos de las 5 veredas con mayor área sembrada del municipio que son las siguientes: Cantalta, Chocóa, Pantano, Angulo y Palogordo. Servirá para conocer la cantidad de residuos en la región de estudio.
5. En el trabajo de investigación titulado: “Valoración Cualitativa del Impacto Ambiental en una planta productora de aceite de palma en Colombia” Amazo & Alzate (2018) identifica los procesos de la fase de cultivo y producción de aceite de palma en una planta ubicada en el municipio de Barranca de Apía. Se determinaron los aspectos de los impactos ambientales de cada una de las etapas de los procesos y se hace una valoración cualitativa de los impactos ambientales a partir del método Conesa simplificada. En los resultados que se obtuvieron, a través del método permitió conocer el impacto ambiental de los procesos de la planta productora de aceite de palma. El 24% de los impactos ambientales calculados son severos, de tipo positivo y negativo. Por último, destaca la importancia de reconocer los impactos ambientales en los procesos y su valoración como parte del desarrollo sostenible y del negocio.
6. En el proyecto de investigación “Análisis de alternativas para la elaboración de un producto a partir del aprovechamiento de los residuos del cultivo de la piña (Ananás Comosus) en una zona del municipio de Lebrija, Santander.” Díaz, Galindo, Correa, Gómez (2021) a los autores investigan diferentes alternativas al tratamiento convencional de los residuos agrícolas de la piña. En el proyecto, se seleccionó la vereda Santo Domingo del Municipio de Lebrija, Santander para cuantificar por

medio de los softwares geospaciales ArcGIS y Google Earth Pro la cantidad de cultivos de piña disponibles y se calcularon la cantidad de residuos agrícolas en la zona de estudio para contar con una cifra de materia prima para su utilización. Posteriormente, a partir de unas alternativas preseleccionadas, se realizó un análisis ambiental y económico a las alternativas Bioetanol y Bolso de mujer a través de la matriz Conesa simplificada y una matriz diseñada por los autores. Por último, la alternativa Bolso de cuero vegetal contó con los mejores puntajes y se realizó el estudio de formulación y evaluación de proyectos hasta la fase de perfil con buenos resultados.

7. En el artículo de investigación “Análisis de la estructura económica y ambiental de los residuos del cultivo de la piña en una zona de Lebrija Santander”. Díaz, Galindo, Correa, Gómez (2020) se desarrolló un diagrama de influencias en el que se identificaron las diferentes variables económicas, ambientales junto con los ciclos de retroalimentación y balance. Posteriormente se definió la región de estudio de acuerdo con diferentes parámetros. Por último, se realizó una evaluación de los parámetros del modelo, teniendo en cuenta la zona delimitada y la información de la literatura disponible. El modelo propuesto aporta en la comprensión de la problemática de los residuos agrícolas del cultivo de la piña con variables económicas y ambientales y en futuras propuestas de alternativas que lo respondan.
8. En el artículo de investigación “Variables de Evaluación del Impacto Económico y Ambiental para el aprovechamiento de los Residuos Agrícolas del Cultivo de la piña, en Lebrija Santander.” Díaz, Galindo, Correa, Gómez (2020) presentado en Redcolsi Departamental y Nacional. Se establecen las variables que afectan el ámbito económico y ambiental de la cadena de suministros del cultivo de piña. Se realizó la definición de la vereda de zona de estudio de acuerdo con diferentes criterios para evaluar la cantidad de materia prima en el municipio de Lebrija, se realizó un diagnóstico de las fuentes primarias y secundarias en la información disponible sobre los residuos agrícolas de la piña en la región. Finalmente, se

determinan las variables económicas, ambientales y se realiza un análisis cualitativo por medio de la Dinámica de Sistemas.

Se puede concluir y afirmar que se han realizado estudios de diferentes usos para alternativas de residuos agrícolas de la piña, por ejemplo: Empleo de la fibra de piña en el campo textil. Algunos de estos estudios aplican Dinámica de Sistemas, como el de la cadena agroindustrial de frutas, el de la gestión de la cadena de suministro en productos con ciclo de vida corto y de la región; que funcionan como un punto de partida para el desarrollo del presente trabajo de grado, permitiendo tener un contexto desde la problemática para entender relaciones, eslabones, comportamientos y variables.

### Capítulo 3

#### JUSTIFICACIÓN

El ciclo del cultivo de la piña es de 27 meses; la primera cosecha es a los 15 meses después de la siembra, la segunda cosecha es 12 meses después. Cuando se finaliza el cultivo se debe reiniciar el ciclo productivo, retirando las plantas y las hojas también conocidos como rastrojo, frutos que no cumplan con los estándares de calidad definidos por los clientes a los agricultores y que se componen de coronas y frutos defectuosos (Irías & Lutz, 2014).

Generalmente los residuos agrícolas de los cultivos se agrupan en arrumes a campo abierto y se descomponen. Sin embargo, por las propiedades de los residuos agrícolas de la piña, no es posible agruparlos porque generan proliferación de la mosca de ganado (*Stomoxys calcitrans*) que afectan nocivamente a los bovinos y pobladores de la región (García & Rodríguez, 2011).

Es por esta razón, que se aplica un método del tratamiento convencional que es común para el manejo de los residuos agrícolas de la piña y consiste en la aplicación de agroquímicos (herbicidas) o en la quema química y posteriormente la quema física (García & Rodríguez, 2011). Este método tiene efectos nocivos en el medio ambiente debido a que reduce la fertilidad del suelo, causa erosión, produce polución en el aire y contamina los recursos hídricos de la zona de cultivo y sus proximidades (Montiel, 2015).

Hay estudios que afirman que se produce comúnmente entre 200 y 250 toneladas de residuos agrícolas de la piña por hectárea en un cultivo. Tecnologías de la Información y las Comunicaciones de la Orinoquia (2014). Según la Alcaldía del Municipio de Girón en su plan de desarrollo del año 2016 identifica que los cultivos de la piña están bajo la

modalidad de monocultivo y que han afectado en la pérdida del equilibrio hidrológico de las cuencas y microcuencas y se requiere de su recuperación. (Alcaldía de Girón, 2016)

El presente proyecto valora cualitativamente en el ámbito ambiental varias alternativas distintas al tratamiento convencional de los residuos agrícolas del cultivo de la piña en el municipio de Girón, Santander.

Esta valoración cualitativa ambiental, permite identificar las actividades que compone cada propuesta valorada o alternativa, para la obtención de conocimientos de los impactos positivos o negativos que se generen (Arboleda, 2008).

Después de seleccionar la propuesta mejor valorada ambientalmente es importante comprender la interacción de los diferentes procesos que conforman los eslabones representativos de esa alternativa. La simulación apoya a la comprensión de cómo reaccionan los procesos, elementos y variables que convergen en la alternativa según diferentes escenarios (Osorio, Andrade, Gómez 2010).

La Dinámica de Sistemas permite construir modelos para estudiar, simular, validar la estructura y apoyar en la toma de decisiones (Iñaki, 2011). Este trabajo propondrá un modelo de simulación en Dinámica de Sistemas con base a los eslabones de proceso tales como materia prima, producción y comercialización a minoristas en la gestión de un producto utilizando los residuos del cultivo de la piña.

Se espera que este proyecto sirva de referencia para los piñicultores, la comunidad académica del territorio, entes gubernamentales, y futuros proyectos aplicados que aporten al desarrollo de la región. Logrando ser un fundamento para modelos dinámicos en propuestas en el manejo de residuos agrícolas de la piña y otros cultivos a nivel local, nacional e internacional.

## **Capítulo 4**

### **OBJETIVOS**

#### **Objetivo General**

Construir un modelo soportado en Dinámica de Sistemas de una alternativa de utilización de los residuos agrícolas del cultivo de la piña (Ananás Comosus) con el menor impacto ambiental negativo para la comprensión de sus procesos, que incluya los eslabones de materia prima, producción y comercialización a minoristas. Caso: Municipio de Girón, Santander.

#### **Objetivos Específicos**

1. Realizar la valoración cualitativa de impacto ambiental para al menos dos alternativas en donde se dé la utilización de los residuos agrícolas del cultivo para la selección de la más adecuada en la región.
2. Proponer un modelo del sistema de gestión soportado en Dinámica de Sistemas de los eslabones materia prima, producción y comercialización a minoristas para la alternativa más adecuada.
3. Evaluar el modelo del sistema de gestión de los eslabones materia prima, producción y comercialización a minoristas en su estructura y comportamientos teniendo como base la literatura disponible y los modos de referencia según diferentes escenarios.

## Capítulo 5

### MARCO TEÓRICO

En este apartado se abordan las diferentes temáticas que serán base para la elaboración de este proyecto, los cuales son: Dinámica de Sistemas, Cultivo de Piña, Región de Estudio, Valoración Cualitativa de Impacto Ambiental, Sistema de Gestión de la Cadena de Suministro y Alternativas de Estudio.

#### **Dinámica de Sistemas**

La Dinámica de Sistemas se usa para estudiar fenómenos sociales debido a que poseen gran cantidad de interrelaciones y variables donde se puede observar la existencia de no linealidades. El uso de modelos de simulación dinámica permite visualizar y estudiar, los retardos, la estabilidad de un sistema y su crecimiento con respecto al tiempo (Gómez, Andrade, Vásquez, 2015).

En la actualidad el uso de este tipo de modelos en Dinámica de Sistemas se usa en diferentes áreas tales como: el diseño, la gestión y la planificación de políticas, la agroindustria, la toma de decisiones y problemáticas complejas con dinámica no lineal (Herrera et al., 2017).

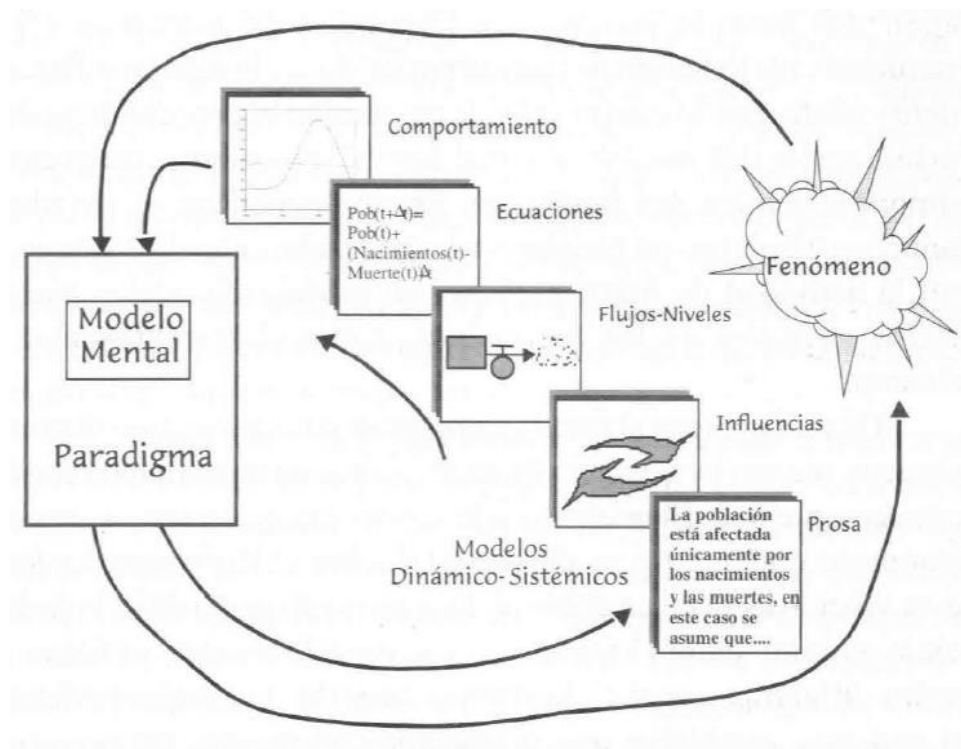
#### ***Modelado en Dinámica de Sistemas***

Según Andrade et al. (2001) el estado de entendimiento de un fenómeno se representa por el modelo mental que creamos de él. Ese modelo cambia continuamente por nuevas percepciones y experiencias que nos proporciona el contacto con el fenómeno o porque reinterpretamos experiencias y conceptualizaciones pasadas de otro modo, el modelo mental condiciona las percepciones del individuo como acciones sobre el fenómeno.

Este tipo de interacción con el fenómeno, utilizando el modelo mental, puede ser representada por medio del ciclo externo (fenómeno-modelo mental) el cual se muestra en la figura 1.

**Figura 1**

*Modelamiento por medio de la Dinámica de Sistemas*



**Nota:** Se evidencian los diferentes lenguajes de la Dinámica de Sistemas juntos con las interacciones que permiten representar el fenómeno a estudiar. Reproducido de El modelado con Dinámica de Sistemas, autor: (Gómez et al., 2015)

A continuación, se aborda la forma en cómo se realizó el modelo para este proyecto. Teniendo como base las estructuras propuestas por Andrade et al. (2001), Kanti Bala et al. (2018).

1. **Identificación del problema:** El primer paso en la construcción del modelo es identificar el problema, establecer sus límites y establecer los objetivos específicos. El problema debe identificarse claramente, Por lo tanto, el límite del sistema debe abordar la parte de todo el sistema que incluye todas las variables importantes y relevantes para abordar el problema y el propósito del análisis y diseño de políticas. El alcance del estudio debe establecerse y así poder identificar las causas del problema para una comprensión clara del problema y las políticas para resolver el problema a corto y largo plazo.

Puede resultar difícil comprender todo el sistema, cuando es muy grande y complejo. Según Kanti Bala et al. (2018) es conveniente dividir dicho sistema en eslabones o se simula el modelo de dinámica del sistema de estructura endógena de bucles de retroalimentación para generar el problema dinámicamente, es decir, el comportamiento dinámico observado. Este patrón de cambio del comportamiento con el tiempo se denomina comportamiento de modo de referencia o comportamiento histórico. Necesitamos el comportamiento del modo de referencia observado para comprender el problema y, por lo tanto, las variables se seleccionan en consecuencia.

Los siguientes aspectos deben abordarse en el desarrollo de problemas de identificación:

- 1) Definición del problema
  - 2) Objeto del modelo
  - 3) Enfoque de sistemas
  - 4) Modo de referencia
  - 5) Horizonte temporal
2. **Hipótesis dinámica:** una vez que se identifica el problema, el siguiente paso es desarrollar una teoría llamada hipótesis dinámica basada en el comportamiento del

modo de referencia en un horizonte de tiempo. La hipótesis dinámica en términos de diagrama de influencias y diagrama de flujo nivel del sistema permiten explicar la dinámica del problema. La hipótesis es provisional y está sujeta a revisión y rechazo que depende únicamente del modo de comportamiento de referencia observado y simulado en un horizonte de tiempo (Sterman, 2014). Por lo cual el objetivo de la hipótesis dinámica es desarrollar una explicación endógena de la problemática.

3. **Modelamiento del fenómeno utilizando prototipos:** según Andrade et al., (2001) al estudiar un fenómeno mediante prototipos con complejidad y cobertura crecientes, es necesario que estos prototipos permitan representar el fenómeno por medio de los elementos fundamentales, buscando llegar a un modelo útil el cual sirva para el diseño y experimentación de las políticas de intervención propuestas sobre el fenómeno mismo.

Este proceso de modelado implica un desarrollo a partir de un núcleo central, que se va constituyendo en el modelo final a medida que gana en detalle y en cobertura, es decir, como producto de la inclusión o desagregación de elementos del sistema y la clarificación de las relaciones entre ellos.

- **Primer Prototipo** busca conceptualizar el fenómeno, modelo por medio de la elaboración de la primera representación de este con el objetivo de mostrar las relaciones entre las diferentes variables.
- **Segundo Prototipo:** permite presentar de forma progresiva las modificaciones o cambios del modelo en términos de la Dinámica de Sistemas. El segundo prototipo genera la pregunta guía para el nuevo prototipo, que puede admitir múltiples respuestas y originar múltiples modelos a futuro.

4. **Modo de Referencia:** el comportamiento o modo de referencia funciona como un elemento de comparación y/o de validación de las trayectorias o comportamientos que reporta el modelo en función de las ecuaciones matemáticas, al ser simulado en diferentes escenarios o las condiciones en las cuales es posible simular el fenómeno del problema. El objetivo es representas las trayectorias o comportamientos en función del tiempo, un tipo de: “simulación mental”.
  
5. **Diagrama de Influencias:** es una herramienta que permiten identificar las hipótesis sobre las causas dinámicas. Del mismo modo entender el modelo mental de los individuos y, permiten visualizar las realimentaciones más relevantes las cuales al momento de modelar son consideradas las causantes del problema. Cuentan con diferentes elementos los cuales son: variables, eslabones, parámetros, relaciones funcionales, retardos y bucles Kanti Bala et al., (2018).

El límite del sistema cubre las variables clave dentro del límite y las variables que cruzan el límite. Las variables dentro del límite son variables endógenas y las variables fuera del límite son variables exógenas. El siguiente paso en el pensamiento sistémico es buscar las relaciones entre las variables y los desarrollos de ciclos o bucles de retroalimentación (Sterman, 2014).

Se siguen los siguientes pasos en el desarrollo del diagrama de influencias:

- 1) Definir el problema y los objetivos.
- 2) Identificar los elementos más importantes de los sistemas.
- 3) Identificar los elementos secundarios importantes de los sistemas.
- 4) Identificar los elementos terciarios importantes.
- 5) 5. Identificar los bucles cerrados.
- 6) Identificar los bucles de equilibrio y refuerzo.

6. **Diagrama de Flujo-Nivel:** es la representación en flujos y niveles de las ecuaciones integrales en diferencias finitas que involucran las variables de la estructura del ciclo de retroalimentación del sistema y simula como es el comportamiento dinámico del sistema (Scott & Kaneene, 2014).

Se siguen los siguientes pasos en el desarrollo del diagrama de flujo-nivel:

- 1) Definir el problema y los objetivos.
  - 2) Identificar las variables más importantes de los sistemas.
  - 3) Identificar las variables secundarias importantes de los sistemas.
  - 4) Identificar la variable terciaria importante de los sistemas.
  - 5) Identifique las variables que representan las existencias, es decir, acumulaciones.
  - 6) Identificar las variables que representan los flujos que tienen una unidad de por unidad de tiempo del Existencias.
  - 7) Asegurar las entradas que ingresan al stock y la salida que sale del stock.
7. **Ecuaciones del Modelo:** el diagrama de flujo-nivel según Andrade et al., (2001) contiene un modelo de ecuaciones, que no todas se encuentran explícitamente definidas. El modelador es quien plasma sus supuestos en términos de ecuaciones finitas o diferenciales, formuladas a partir del diagrama de flujo-nivel. Esto supuestos de su modelo mental, son transformados y reflejados en las hipótesis matemáticas de las relaciones de influencia entre los elementos del sistema.
8. **Comportamientos:** según Andrade et al., (2001) con el modelo explícitamente definido y con un escenario que determina las condiciones de simulación, es posible obtener una solución numérica que ofrece trayectorias temporales para cada una de las variables consideradas en el modelo. Además del escenario específico en el cual se desea observar el desenvolvimiento dinámico comportamiento de referencia, se

requiere la información para la solución numérica, algoritmo de integración, tiempo inicial y tiempo final, por lo menos.

- 9. Estimación de parámetros:** según Andrade et al., (2001) las técnicas de estimación de parámetros se pueden clasificar en tres categorías: 1. Estimación a partir de datos no agregados, 2. Estimación a partir de una ecuación y datos a un nivel de agregación de variables del modelo y 3. Estimación a partir del conocimiento de la estructura completa del modelo y datos a nivel de agregación de variables modelo.

Para comprender la formulación de un modelo en Dinámica de Sistemas se deben conocer algunos elementos descritos por Jaimes (2016) que la componen, tales como:

- **Parámetros:** también conocidos como constantes del modelo, son usados en la elaboración del modelo, para acercar los valores al mundo real.
- **Variables:** hay diversos tipos de variables dependiendo de la función que tienen dentro del sistema y el tipo de información que proporcionen dentro de las cuales podemos encontrar: variables de Estado, exógenas, endógenas y auxiliares.
- **Eslabones o componente:** los eslabones o componentes poseen diferentes procesos o actividades productivas, en el caso de una empresa, puede estar compuesta por las unidades de producción, marketing, ventas y distribución.
- **Relaciones Funcionales:** las relaciones funcionales son relaciones entre diferentes variables o parámetros.
- **Retardos:** se definen como el tiempo que transcurre entre la causa y los efectos que esta genera; en modelos de dinámica de sistemas, se encuentran como

aquellos procesos en donde la salida es retrasada por una unidad de tiempo definida en función de la entrada.

- Bucles: los bucles son el grupo de variables interconectadas por relaciones causales, que conforman un camino cerrado el cual empieza con la variable de inicio y finaliza en la misma variable. Existen dos tipos de bucles en Dinámica de Sistemas los cuales pueden ser de realimentación positiva o de realimentación negativa.

## **10. EVALUACIÓN DE UN MODELO DE SIMULACIÓN**

La evaluación en un modelo de simulación en Dinámica de Sistemas es la última etapa en la construcción de un modelo, se le realiza diferentes pruebas que evalúan la estructura, validez y sensibilidad (Jaimes, 2016).

Según Dynamic Group & Forrester J. (1997) recomienda que en el desarrollo de los modelos en Dinámica de Sistemas se realicen pruebas para incrementar el entendimiento del modelo. A medida que se van realizando pruebas con un nivel mayor de exigencia y desarrollado con expertos se aumenta su confiabilidad. También en la evaluación del modelo en Dinámica de Sistemas, se comprueba la hipótesis dinámica del modelo, se corrobora que cumpla con las suposiciones del modelo y examina los comportamientos del modelo y sus perturbaciones.

- Prueba de parámetros: con base en Martínez (2012) la prueba de parámetros es para identificar las fuentes de información de los valores que cuentan los parámetros del modelo puesto que tiene efectos considerables en su comportamiento.
- Prueba de consistencia dimensional: la consistencia dimensional es para comprobar que las medidas de las variables y sus ecuaciones en el modelo de

simulación no cuentan con anomalías y la interacción de la información es coherente.

- Prueba límite: Las pruebas límites o pruebas extremas son un tipo de prueba en el cual se ingresan valores extremos o exagerados para saber cómo se comporta el modelo de simulación. La aplicación de esta prueba es útil para profundizar en el comportamiento generado por la estructura de un modelo y también en comprobar las suposiciones acerca del sistema sobre el mundo (Dynamic Group. & Forrester J., 1997)
- Prueba análisis de sensibilidad: El análisis de sensibilidad es una herramienta o prueba para determinar los efectos o cambios en el comportamiento dinámico del modelo cuando se cambian los valores de varios parámetros (Dynamic Group. & Forrester J., 1997).

### **Cultivo de Piña**

Para el cultivo de la piña se abordan los siguientes subtemas:

#### ***Contexto General del Cultivo de Piña***

La piña (Ananás Comosus) es originaria de las zonas tropicales de Sur América entre Uruguay y Brasil, fue descubierta por los españoles y tenía diferentes nombres locales como Yayagua, Yayama y Boniana. Por su similitud a la semilla del pino, los exploradores portugueses le colocaron el mismo nombre que es Piña. (Buitrago, 2017)

El nombre científico de la piña se les atribuye a los pueblos nativos guaraníes que la llamaron “Ananás Comosus” o “fruta exquisita” y la difundieron alrededor del continente. Así mismo, los portugueses y españoles se encargaron de esparcir el fruto

alrededor de diferentes partes del mundo (Buitrago, 2017); Para el año 2016, los mayores exportadores de Piña a nivel mundial fueron Costa Rica, Brasil, Filipinas, Tailandia e Indonesia. Colombia se encuentra en el décimo lugar en la producción de la fruta a nivel mundial.(Altendorf, 2019)

La planta de la piña es herbácea, perenne y después de su cosecha, las yemas axilares del tallo forman nuevas plantas. La planta adulta tiene una medida aproximada de 1.20m de altura y 1.30- 1.50m de diámetro o largo (López, 2017).

### **Tabla 1**

#### *Clasificación Taxonómica de la Piña*

REINO	DIVISIÓN	CLASE	ORDEN	FAMILIA	GENERO	ESPECIE
Plantae	Magnoliphyta	Liliopsida	Bromeliácea	Bromeliácea	Ananás	Comosus

**Nota:** Se presentan Las características taxonómicas del tipo de piña que se tiene en cuenta para este proyecto. Adaptada de Manual para la producción de una piña de calidad. Manual (Sánchez E, 2012)

#### *Variedades de la piña cultivadas en la región de estudio*

A continuación, se presentan los diferentes tipos de variedades de piña Golden y Perolera representativas para este proyecto.

##### 1. Híbrido MD-2 Gold

El cultivo del híbrido MD-2 Gold fue desarrollado por Del Monte Fresh Produce Internacional Inc. en Hawái. Ha ganado una participación considerable en el mercado en los últimos años. Posee una alta capacidad de producción y buenas características. Son de crecimiento rápido, crece sin espinas de color amarillo y tiene tolerancia a algunas plagas y enfermedades. El MD-2 Gold es más susceptible a afectaciones en el

tallo y raíces causados por phytophthora parasítica y phytophthora cinnamoni en comparación a otras variedades de piña y requieren de más potasio (López , 2017).

## **Figura 2**

*Piña Golden Sweet o MD2 Golden*



**Nota:** Se presenta la forma del fruto de una piña tipo Golden, Reproducido de: Determinación de los Requerimientos Nutricionales de la Piña Variedad MD-2: (López , 2017).

### 2. Piña Perolera

Citando a Yépez (2019) y Reina, Trujillo, Lizcano (1994) la perolera tiene entre sus características que no tiene espina por lo que facilita en la cosecha de los frutos. Puede llegar a tener un peso de 2kg y entre sus características está que es de color entre amarillo y naranja, tiene solo una corona, ojos profundos (de la cáscara de la piña), y de forma cilíndrica. Es una de las variedades de piña más sembradas en Colombia por su sabor y calidad. Cabe destacar que es considerado como un clon de la variedad Cayena lisa y por sus dimensiones y propiedades no se recomienda para procesamiento y es una variedad que tiene extensas zonas de cultivo en Santander y otros departamentos.

**Figura 3***Piña Perolera*

*Nota:* Se presenta la forma del fruto de una piña tipo Perolera, Reproducido de: Comportamiento agronómico de la piña (*Ananas comosus* L) variedad perolera, en cuatro distancias de siembra, en el centro de producción y práctica Río Verde, de la UPSE (Yépez Bazán, 2019).

*Residuos*

El ciclo del cultivo de la piña es de 27 meses; la primera cosecha es a los 15 meses después de la siembra, la segunda cosecha es 12 meses después. Cuando se finaliza el cultivo se debe reiniciar el ciclo productivo, retirando las plantas y las hojas también conocidos como rastrojo, frutos que no cumplan con los estándares de calidad definidos por los clientes a los agricultores y que se componen de coronas y frutos defectuosos (Irías & Lutz, 2014).

## Figura4

### *Fenología del cultivo de la piña*



*Nota:* Es presentado el ciclo de la fenología del cultivo de la piña, de la primera cosecha en donde se indica la duración de cada paso, el cual dura aproximadamente entre 14 y 15 meses, Reproducido de (Lombana Oliveros, 2016)

Según diferentes estudios Méndez (2015) y Tecnologías de la Información y las Comunicaciones de la Orinoquia (2014) (2014) aseguran lo siguiente: “Por cada hectárea de piña cultivada se generan entre 220 y 250 toneladas de rastrojo. Actualmente el manejo de estos residuos es poco tecnificado, lo que produce problemas de contaminación y proliferación .de moscas.” En Costa Rica, país que se destaca por ser uno de los mayores productores de piña en el mundo define el término Rastrojo o Poda el Rastrojo o Poda a los residuos agrícolas del cultivo.

**Figura 5**

*Residuos agrícolas de la piña en un cultivo*

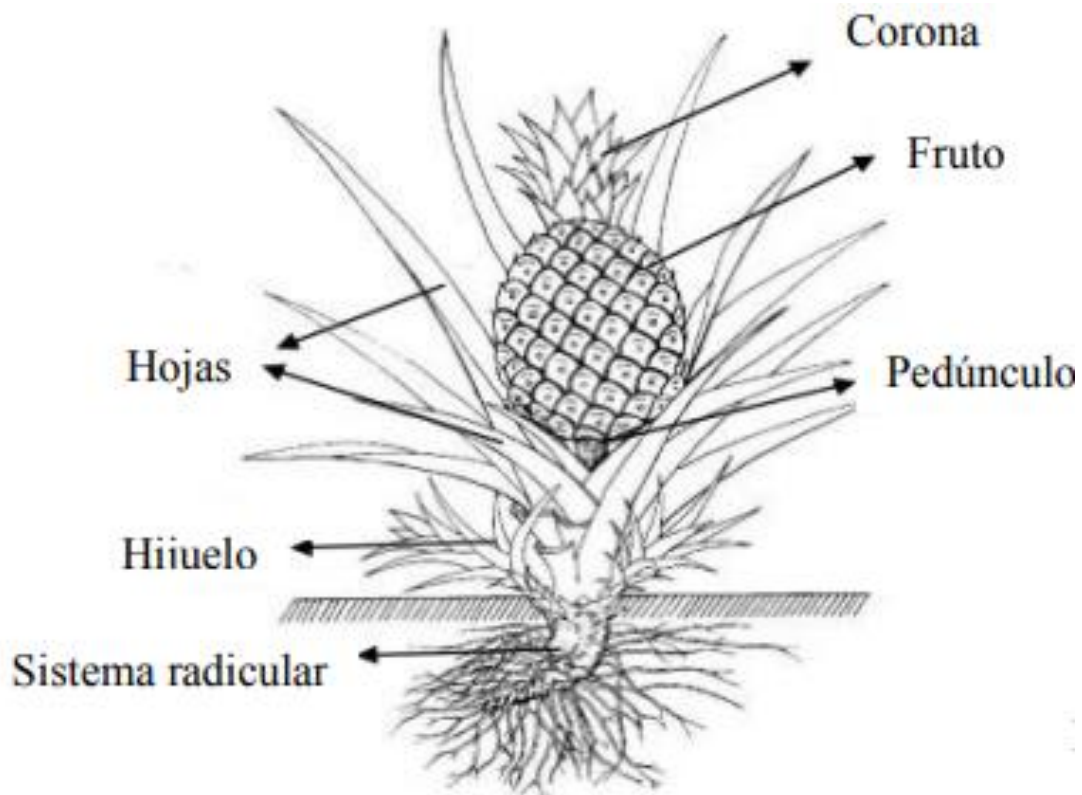


*Nota:* Se presenta como queda el lugar del cultivo de la piña, una vez se han retirado los residuos agrícolas, Reproducido de: Utilizan los residuos de piña para crear medicamentos. 1–2. (Méndez, 2015).

Estos residuos Agrícolas son compuestos de diferentes partes de la planta de la piña para lo cual es necesario entender la morfología de esta planta.

## Figura 6

### *Morfología de la planta de la piña*



**Nota:** La morfología nos indica las partes de una piña, la palabra “residuos” para este proyecto hace referencia a las hojas, el pedúnculo, el hijuelo y el sistema radicular también conocido como raíces y tallo. (Lombana Oliveros, 2016).

#### 1. Raíces y Tallo

El sistema radicular o las raíces de la piña son pequeñas, fibrosos, frágil y poco profundo. El tallo es de forma cilíndrica con longitudes de 25cm a 50cm y de consistencia herbácea. La propagación de la planta de piña es a través del tallo (Lombana, 2016).

## 2. Hojas

Las hojas tienen forma alargadas y están unidas al tallo de forma espiral. Hay hojas que cuentan con espinas según el tipo de planta de piña. En el ciclo de crecimiento de la planta de la piña se puede generar entre 70 a 80 hojas y se debe aclarar que no todas tienen el mismo tamaño o estructura a causa de que influye otros factores como la edad de la planta y la ubicación de las hojas en la planta (Loria,2016).

Según Lombana (2016) y Pac (2005) las hojas están clasificadas en función de su nivel de crecimiento y posición, nombradas en A,B,C,D,E, y F en el que las hojas tipo D indican el estado de la planta. También es de resaltar que las hojas de la piña por sus propiedades y su forma facilitan el agua hacia la planta.

### *Condiciones Favorables para el Cultivo*

Según Sánchez (2012) para el cultivo de la piña se debe tener en cuenta que el clima tiene efectos en la planta y la calidad del fruto. En el caso de la temperatura se requiere que esté en un intervalo de 15°C a 35°C. Las temperaturas que no estén en este rango afectan notablemente a la planta y la calidad del fruto.

Así mismo, para la precipitación pluvial es de destacarse que el fruto no es exigente debido a que absorbe el agua de la humedad atmosférica y puede sostener periodos largos de sequía. No obstante, hay etapas del cultivo que necesitan más del recurso hídrico como es el inicio de la floración y de la fruta. Se recomienda para la piña una precipitación pluvial de 500mm-2500mm.(Sanchez,2012)

En la luminosidad el número de horas de brillo solar deben ser de 1200 horas y un valor óptimo de 1500 horas luz anuales. La altitud recomendable es de un intervalo entre 0 y 1200 msnm, con un valor óptimo entre los 300 y 900 msnm. La piña requiere de un suelo con un pH recomendable entre 5.5-6.2. (Garzón, 2016)

## **Región de Estudio**

El departamento de Santander se ha destacado por ser el primer puesto en área sembrada, cosechada de producción y rendimiento del cultivo de piña en los últimos años en Colombia (Ministerio de agricultura y Secretaría Agricultura Departamental, 2017). Este fruto tropical se ha convertido en un referente cultural y significativo en la región en donde se valora su generación de empleo y desarrollo a nivel departamental.

Después de Lebrija, el municipio de Girón es el mayor productor de piña en el país (Ministerio de agricultura y Secretaría Agricultura Departamental, 2017). Entre las principales actividades económicas y agrícolas en el municipio está la piña y las variedades que más se cultivan son la piña perolera y la piña MD-2 Golden. Está clasificado como cultivo permanente(Alcaldía de Girón, 2016).

Existen veinticinco asociaciones que agrupan un amplio sector productivo como los cítricos, la guanábana y entre los que se encuentran la piña Golden y la piña perolera. La mayor parte de esta producción se comercializan en el mercado local y pasa por intermediarios que generalmente obtienen utilidades superiores a los agricultores que son los que más esfuerzo tienen en la cadena y es una problemática vigente hoy en día en la región. La otra parte de la producción de la fruta tropical se dedican su actividad a la transformación de los productos y agregando un valor a ellos, generando mayores utilidades a los integrantes de las cadenas de suministros y productivas de la piña (Alcaldía de Girón, 2016).

En cuanto a la Identificación de la problemática del cultivo de la piña en la región se debe tener en cuenta, el plan de desarrollo del municipio de Girón, Girón (2020), en donde se afirma que en los últimos años se ha afectado el ambiente a causa de la deforestación de los monocultivos como la Piña y los Cítricos entre otros. Está estipulado que se debe recuperar el Humedad El Pantano y las demás zonas de cuencas y microcuencas para la restauración de los recursos hídricos perjudicados por los

monocultivos nombrados anteriormente y también las otras actividades agrícolas y agropecuarias que se desarrollan en el municipio. En relación con la problemática expuesta, se ha evidenciado que los monocultivos afectan notablemente el ambiente y los sistemas hídricos. En Costa Rica, país productor de piña el tema ha tomado relevancia por los efectos del monocultivo y en el manejo de los residuos agrícolas en el país centroamericano (Tribunal Latinoamericano del Agua, 2013).

### **Valoración Cualitativa de Impacto Ambiental**

La valoración cualitativa de impacto ambiental según Arboleda (2008) se define como una herramienta para identificar los efectos ambientales en las acciones de las actividades del ser humano, de manera preventiva y recomendable en la fase de planificación de un proyecto, obra o actividad y a través de la EIA (Evaluación de Impacto Ambiental) realizar las medidas para que las acciones afecten perjudicialmente lo menos posible al medio ambiente.

Para la identificación y evaluación de los impactos ambientales se han encontrado estudios como el de Arboleda (2008) en donde han trabajado con el método EPM y el método de Conesa Simplificada y que se han realizado una valoración cualitativa en las diferentes acciones que conforman un proyecto, obra o actividad. En Arboleda (2008) se exponen los criterios, rangos, fórmula y algoritmo de los siguientes métodos.

#### ***Matriz EPM***

Creada por Empresas Públicas de Medellín (EPM) en el año 1986 que se utilizó para trabajar en proyectos específicos y después se amplió su uso a todo tipo de proyectos de la empresa. Después, otros profesionales la han trabajado y ha sido aceptado por las autoridades colombianas, BID y Banco Mundial (Arboleda, 2008).

### ***Matriz Conesa Simplificada***

Creado en el año 1993 por el Ingeniero español Vicente Conesa junto con otros colaboradores para la Evaluación de Impacto Ambiental (EIA). Su aplicación es compleja y es por esta razón que varios expertos en la materia la simplificaron teniendo en cuenta el algoritmo y los criterios de la propuesta inicial de Conesa (Arboleda, 2008).

La matriz Conesa Simplificada presenta los aspectos ambientales de cada una de las subfases de los procesos productivos de una propuesta, permite la valoración de los impactos ambientales, los cuales se clasifican de acuerdo con la valoración de cada impacto y su sumatoria, a continuación, se presenta la lista de criterios para valorar los impactos ambientales.

**Figura 7***Crterios del método Conesa simplificada*

CRITERIOS		SIGNIFICADO
Signo	_+/-	Hace alusión al carácter benéfico (+) o perjudicial(-) de las distintas acciones que van a actuar sobre los distintos factores considerados.
Intensidad	IN	Grado de incidencia de la acción sobre el factor en el ámbito específico en el que actúa. Varía entre 1 y 12, siendo 12 la expresión de la destrucción total del factor en el área en la que se produce el efecto y 1 una mínima afectación.
Extensión	EX	Área de influencia teórica del impacto en relación con el entorno de la actividad (% de área, respecto al entorno, en que se manifiesta el efecto). Si la acción produce un efecto muy localizado, se considera que el impacto tiene un carácter puntual(1). Si por el contrario, el impacto no admite una ubicación precisa del entorno de la actividad ,teniendo una influencia generalizada en todo él , el impcto sera Total (8). Cuando el efecto se produce en un lugar crítico, se le atribuirá un valor de cuatro unidades por encima del que le correspondía en función del % de extensión en que se manifiesta.
Momento	MO	Alude al tiempo entre la aparición de la acción que produce el impacto y el comienzo de las afectaciones sobre el factor considerado. Si el tiempo transcurrido es nulo, el momento será Inmediato, y si es inferior a un año, Corto plazo, asignándole en ambos casos un valor de cuatro (4). Si el periodo de tiempo mayor a cinco años, Largo Plazo(1).
Persistencia	PE	Tiempo que supuestamente permanecerá el efecto desde su aparición y, a partir del cual el factor afectado retomaría a las condiciones iniciales previas a la acción por los medios naturales o mediante la introducción de medidas correctoras.
Reversibilidad	RV	Se refiere a la posibilidad de reconstrucción del factor afectado, es decir, la posibilidad de retornar a las condiciones iniciales previas a la acción, por medios naturales , una vez aquella deje de actuar sobre el medio.
Recuperabilidad	MC	Se refiere a la posibilidad de reconstrucción, total o parcial, del factor afectado, es decir, la posibilidad de retornar a las condiciones iniciales previas a la acción, por medio de la intervención humana ( o sea mediante la implementación de medidas de manejo ambiental).Cuando el efecto es irrecuperable ( alteración imposible de reparar, tanto por la acción natural como por la humana) le asignamos el valor de ocho (8). En caso de ser irrecuperable, pero existe la posibilidad de introducir medidas compensatorias, el valor adoptado será cuatro (4).
Sinergia	SI	Este atributo contempla el reforzamiento de dos o más efectos simples. La componente total de la manifestación de los efectos simples, provocados por acciones que actúan simultáneamente, es superior a la que cabría de esperar cuando las acciones que las provocan actúan de manera independiente, no simultánea.
Acumulación	AC	Este atributo da idea del incremento progresivo de la manifestación del efecto cuando persiste de forma continuada o reiterada la acción que lo genera. Cuando una acción no produce efectos acumulativos (acumulación simple), el efecto se valora como uno (1); si el efecto producido es acumulativo el valor se incrementa a cuatro (4).
Efecto	EF	Este atributo se refiere a la relación causa-efecto, o sea, a la forma de manifestación del efecto sobre un factor, como consecuencia de una acción. Puede ser directo o primario, siendo en este caso la repercusión de la acción consecuencia directa de ésta, o indirecto o secundario, cuando la manifestación no es consecuencia direct de la acción, sino que tiene lugar a partir de un efecto primario, actuando este como una acción de segundo orden.
Periodicidad	PR	Se refiere a la regularidad de manifestación del efecto, bien sea de manera cíclica o recurrente (efecto periódico), de forma impredecible en el tiempo (efecto irregular) o constante en el tiempo ( efecto continuo).

**Nota:** Se presenta la descripción, de los criterios de la Matriz Conesa Simplificada, los cuales son utilizados para la identificación de los impactos ambientales y su valoración. Adaptado de: Manual de evaluación de impacto ambiental de proyectos, obras o actividades (Arboleda, 2008)

Para el cálculo de los Impactos ambientales, es necesario una vez identificados, aplicar la fórmula de Importancia del Impacto Ambiental expresada en:  $I = \pm(3i + 2EX + M0 + PE + RV + SI + AC + EF + PR + MC)$  y en función del resultado se clasifican los impactos.

**Tabla 2**

*Clasificación de los Impactos de la Matriz Conesa Simplificada*

IMPORTANCIA(I)	TIPOS DE IMPACTO
Inferiores a 25	Compatibles
Entre 25 y 50	Moderado
Entre 50 y 75	Severos
Superiores a 75	Críticos

*Nota:* Se presenta los tipos de clasificación de los impactos según la metodología Conesa Simplificada.

Adaptado de: Manual de evaluación de impacto ambiental de proyectos, obras o actividades (Arboleda, 2008)

### **Sistema de la Cadena Gestión de Suministro**

Según Herrera-Ramírez et al. (2017), se define la cadena de suministros o de abastecimiento como una red o una secuencia de empresas y elementos que cuentan una organización para el desarrollo de su producto o servicio y cumplir con la satisfacción del cliente.

Según el autor Pérez & Burbano (2016) la cadena de suministros es definida como “ un conjunto de actividades funcionales que se repiten reiteradamente a lo largo de todo el proceso, mediante los cuales los materiales o materia prima que llegan a producción se convierte productos terminados, cabe señalar que se añade valor al consumidor final”.

Desde la Revolución Industrial del siglo XVIII el término de la cadena de suministros se transformó en el término actual y aumentó su relevancia en las organizaciones. Actualmente, con la globalización y digitalización de las empresas han obligado a ellas a aumentar sus eficiencias, la calidad de sus productos y el tiempo de entrega a clientes más demandantes. Por esta razón, se ha tomado la administración de las cadenas de suministros como un área de estudio importante (Pérez & Burbano, 2016).

Es de tener en cuenta que una buena administración de la cadena de suministros en una empresa tiene un efecto en los costos de la organización y así mismo, en la calidad, satisfacción del cliente y penetración de mercados (Ballou, 2004).

### *Cadena de Suministros y Cadena Agroindustrial*

Basado en los autores Pérez & Urbano (2016) y Herrera-Ramírez et al. (2017), una cadena de suministros, está compuesta por diferentes eslabones en donde cada eslabón tiene interrelación con los demás, de forma directa o indirecta.

En Herrera, Orjuela, Sandoval, Martínez (2017) analizan las variables que influyen en la gestión de la cadena agroindustrial de las frutas y así mismo, en la productividad y eficiencia en sus procesos y operaciones. En donde afirman que por medio de una visión dinámica de las problemáticas que afectan a las cadenas agroindustriales ellos proponen políticas para reducirlas junto con el factor de la planificación y gestión tecnológica en las cadenas de suministros de las frutas.

Al respecto de este ítem, al año de publicación de este proyecto no se encontraron modelos en Dinámica de Sistemas de la cadena agroindustrial de la piña, tampoco se encontraron modelos de referencia de la fabricación de una alternativa utilizando residuos agrícolas para lo cual fue necesario desarrollar una propuesta presentada en la **Figura 10** y descrita en la **Tabla 13** para usar como base o referencia del modelo.

## Figura 8

### *Modelo de gestión de los eslabones de un producto*



*Nota:* Se presentan los eslabones principales de una Cadena Agroindustrial. Adaptado de Modelo de gestión de los eslabones de una cadena agroindustrial (Herrera, Orjuela, Sandoval, Martínez 2017)

### ***Eslabones de la cadena de suministros de un producto generado a partir de los residuos agrícolas de la piña.***

Se debe precisar que en el presente proyecto los autores definieron para el modelo los siguientes eslabones:

- **Materia prima (Abastecimiento):** El abastecimiento son todo el conjunto de operaciones y procesos que inicia desde los agricultores de piña que después de retirar los residuos agrícolas envían la materia prima a la planta hasta su ingreso a los inventarios para su transformación a la alternativa definida. Así mismo, ingresan los diferentes insumos requeridos para el proceso de transformación.
- **Transformación:** En la transformación van todo el conjunto de operaciones y procesos para llegar al producto final.
- **Comercialización:** Posteriormente, ingresa a la comercialización que son todo el conjunto de operaciones y procesos de los productos terminados y su envío a inventarios a la espera de ser despachados por los pedidos y la demanda de los clientes.

- **Distribución:** Por último, de acuerdo con el tipo de producto por medio de los diferentes canales de distribución y el tipo de transporte es entregado el producto al cliente final

Es de recalcar el proyecto actual se concentró en los primeros tres eslabones.

### ***Sistemas de producción y costeo***

Según (Gaither & Fraizer, 2000) el control de producción es la prioridad de la administración en una organización que convierte insumos en productos. Un sistema de producción toma insumos o materias primas, personal, máquinas, edificios, tecnología, efectivo y otros recursos, y los convierte en productos (bienes y servicios); este proceso de conversión se conoce como centro de producción y es la actividad predominante de un sistema de transformación.

El presente proyecto aborda el sistema de producción tomando como referencia en Gómez, U. & Gómez, O (2013) donde abordan la complejidad presente en las interacciones de los aspectos que Gaither & Fraizer (2000) proponen ,y realizan el sistema desde otra perspectiva que permite comprender la necesidad de aumentar la productividad en el mercado, integran los movimientos básicos en producción (asumiendo que no se dan reprocesos o devoluciones) Y en las ventas definen que solo se pueden realizar a partir de los pedidos y a que haya existencias en el inventario.

### ***Demanda dependiente versus demanda independiente***

En el presente proyecto se tendrá una demanda independiente la cual será satisfecha por la alternativa que sea definida, la demanda dependiente para los componentes de esa alternativa como la materia prima indirecta no se tendrán en cuenta en este proyecto Según Coyle, Langley, Novack, Gibson (2013) se dice que la demanda para un artículo determinado de inventario es *independiente* cuando no se relaciona con la de otros

artículos; por el contrario, se dice que es *dependiente* cuando se relaciona directamente con la demanda de otro artículo o producto del inventario, o deriva de ella.

Desde otra perspectiva Coyle, Langley, Novack, Gibson (2013) afirma que el inventario desempeña una función dual en las organizaciones; afectando el costo de los bienes vendidos, pero también ayuda al cumplimiento de los pedidos (servicio al cliente).

Para analizar cómo afecta el costo del inventario es necesario realizar la parte financiera sin embargo en este proyecto no se tuvo en cuenta, por lo cual se busca analizar la dinámica de las diferentes variables que se tienen en cuenta en un sistema de inventarios variable con faltantes, para observar el comportamiento y entender las relaciones futuras de las variables.

### **Alternativas de estudio**

Para los residuos de la piña existen diferentes aplicaciones, se han realizado diferentes estudios de utilización de estos residuos agrícolas,(Méndez, 2015). Sin embargo, es necesario evaluar cuál es la más conveniente conforme al producto que se puede generar, por lo que se deben identificar las diferentes alternativas basado en la literatura disponible. Para realizar una selección de estas de acuerdo con diferentes criterios.

A continuación, son presentadas algunas de esas alternativas de utilización:

#### ***Platos Desechables***

Según Iewkittayakorn et al. (2020) con el uso de diferentes pruebas y múltiples bio revestimientos, se pueden realizar platos biodegradables hechos de la fibra de la piña donde la pulpa(fibra) de las hojas de la piña tiene propiedades que pueden ser usadas en la fabricación de este tipo de producto biodegradables.

### ***Billeteras***

Teniendo como referencia a Acosta, Anticona, Laura, Retamozo (2019) investigan acerca de la fabricación de billeteras, a partir del cuero elaborado principalmente de fibras de las hojas de la planta de piña y así brindar al mercado un producto de impacto positivo en lo ambiental, social y económico. De acuerdo con los autores, en el mercado peruano el interés de las personas hacia productos ecológicos y sostenibles se ha vuelto más usual, lo cual una oportunidad de mercado.

### ***Vestimenta***

De acuerdo con Bonilla (2018) estudian la posibilidad de emplear los residuos agrícolas de la piña, en el litoral ecuatoriano, especialmente en la provincia del Guayas, para la elaboración de “cuero vegetal”, que serviría de base para la elaboración de múltiples productos de alta calidad para la vestimenta de la población local, a precios muy competitivos y buscando la penetración del mercado de la ciudad de Guayaquil.

### ***Bolsa Ecológica***

En el trabajo de grado “Desarrollo de un producto a partir de la fibra del rastrojo de la piña tipo nativa en la Reserva Miramar en el municipio de Dibulla, La Guajira” Cárdenas & Perdomo (2020) se presenta la creación de un producto a base de la fibra de las hojas de piña que quedan de los residuos agrícolas de cultivos de piña ubicados en la reserva Miramar, La Guajira, Colombia. Se realizó en primer lugar un estudio de mercado en el que se analizó el mercado potencial y la definición del producto que resultó bolsas ecológicas. Después, se realizó su diseño específico por medio de software de diseño como AutoCad y, por último, el estudio técnico conformado por la ingeniería de procesos de la bolsa ecológica, cálculo de la capacidad de producción, tiempos de fabricación y modelos de simulación.

### ***Cuero Vegetal***

En el proyecto de posgrado nivel especialización titulado “Cuero de piña” Chaparro, Puerto, Velásquez (2017) busca realizar un proyecto con una alternativa que no genere un impacto ambiental negativo y que pueda suplir las necesidades de la industria manufacturera del cuero; por lo cual se realiza la investigación de la viabilidad de la producción de un producto sustituto al cuero a base de fibras de las hojas de la planta de piña; realizan la investigación de mercados para determinar la demanda y oferta, así como el plan de ventas del proyecto. Adicionalmente, se determina el estudio técnico, basado en el diseño del producto, diseño del proceso, y dimensionamiento del sistema productivo. Por último, se realizó el análisis financiero y económico, que permitió definir la viabilidad financiera del proyecto.

### ***Bolso de cuero vegetal***

Según Hijosa (2016) , Castillo (2019) y Franco (2014) se ha trabajado el cuero vegetal originario de la fibra extraída de las hojas de la planta de piña para realizar bolsos de cuero vegetal. Se ha estudiado los procesos para el desarrollo del cuero y el producto. También, en la literatura disponible se ha realizado proyectos de bolso de cuero vegetal utilizando como materia prima el fique que según Aguilar (2004) tiene propiedades similares a la fibra de las hojas de piña.

### ***Papel ecológico***

Con base en Alvarez & Ortiz (2016) y Roza, González, Villamizar (2016) se ha realizado estudios sobre el desarrollo de papel a través de la cáscara y corazón de la piña cuando se utilizan de manera de consumo. También, es posible su aplicación en los residuos del cultivo de la piña especialmente de los frutos que fueron descartados para su consumo al igual que se deduce la posibilidad de utilización de las hojas de la planta de la piña por tener propiedades similares a las de la corona del fruto.

### *Calzado*

De acuerdo con Santaria, Alvarado, Alejandro, Bautista, Yauyo (2020) y Balbin , Bellezza, Guzmán, Hurtado, Tovar (2020) se realiza estudios de formulación de proyectos hasta la fase de pre factibilidad de zapatos elaborados con cuero de piña o cuero vegetal hechos con la fibra extraída de las hojas de la planta de la piña.

Se destaca el aporte ambiental del proyecto como sustituto del cuero animal que se debe aplicar químicos nocivos en el medio ambiente, al igual que el aprovechamiento del material orgánico generado por los cultivos como residuos. También, el aporte social por la oportunidad de generación de empleo y fuente de ingresos a los agricultores por la compra de los residuos. En el análisis financiero y económico se cuenta con buenos resultados sobre la factibilidad de estos proyectos de productos de calzado.

## Capítulo 6

### METODOLOGIA

El presente proyecto de grado es de carácter mixto debido a que se trabajará con información cualitativa y cuantitativa. La población de estudio es el municipio de Girón y sus veredas aledañas basado en una revisión de estudios de entidades gubernamentales a nivel local y departamental.

**Tabla 3**

*Diseño metodológico del proyecto*

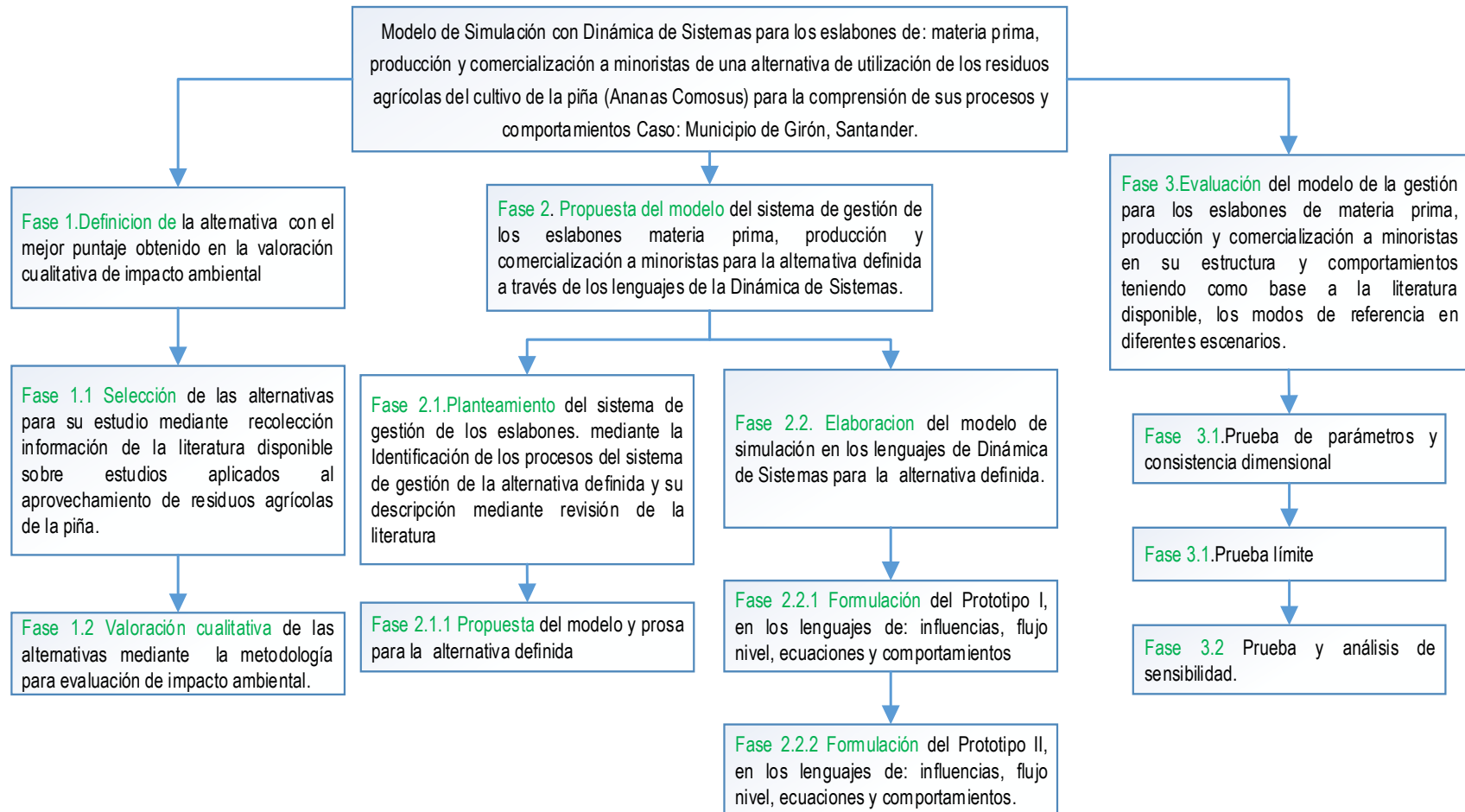
ENFOQUE	El presente estudio tiene carácter mixto
TIPO DE INVESTIGACIÓN	Exploratorio dado que se encuentran pocos estudios sobre el tema de la utilización de los residuos agrícolas del cultivo de la piña en sistemas de gestión y en modelos de Dinámica de Sistemas.
TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN	Revisión documental, Observación sistemática, Datos secundarios, Simulación sistémica.
INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN	Artículos de investigación, proyectos de grado, informes de entes gubernamentales y del sector privado, literatura disponible sobre desarrollo de modelos de Dinámica de Sistemas.
FUENTES DE INFORMACIÓN PRIMARIA	Datos e información recolectadas por el Semillero de Prospectiva Energética de Colombia (SPEC). Plan de desarrollo municipal de Girón, el informe de Evaluaciones

**Tabla 3***Diseño metodológico del proyecto*

FUENTES DE INFORMACIÓN SECUNDARIA	Agropecuarias Municipales (EVA) Municipio de Girón 2017, Manual de Impacto Ambiental. Bases de datos, tesis de grado, publicaciones de investigación, informes de entes gubernamentales y del sector privado.
DEFINICIÓN DE POBLACIÓN	Veredas del Municipio de Girón.
MUESTRA DE LA POBLACIÓN	Las 5 veredas con mayor cultivo de piña basado en el Informe de Evaluaciones Agropecuarias Municipales (EVA) Municipio de Girón 2017. Son las siguientes: Cantalta, Chocóa, Pantano, Angulo y Palo gordo.
ALCANCE	Girón, Santander
TIEMPO DE APLICACIÓN	1 semestre (6 meses)

*Nota:* El Diseño Metodológico propuesto explica el alcance, la población y el cómo se recolectó la información para abordar el proyecto, Reproducido de Diseño metodológico del proyecto (Autores 2021).

A continuación, en la **Tabla 3**, se presenta la metodología junto con cada una de las fases y subfases que se pretende abordar.

**Figura 9***Fases de la metodología*

**Nota:** Se pueden evidenciar las fases de la metodología del presente proyecto Reproducido de Fases de la metodología (Autores,2021).

Las fases del proyecto para el modelo en Dinámica de Sistemas de la gestión de los eslabones: materia prima, producción y comercialización a minoristas para una alternativa de utilización de los residuos agrícolas del cultivo de la piña. Son las siguientes:

### **Fase 1. Definición de la alternativa**

La definición de la alternativa se realizó a través de la valoración cualitativa de impacto ambiental basado en la metodología para evaluación de impacto ambiental (EIA), matriz Conesa simplificada. y comprende tres subfases:

#### **Fase 1.1. Recolección de la información**

En la primera etapa, se identificó alternativas de aprovechamiento de los residuos agrícolas del cultivo de la piña a través de la recolección de la información de la literatura disponible sobre estudios aplicados al aprovechamiento de residuos, métodos de análisis, indicadores o variables y documentación en fuentes secundarias de información disponibles en las bases de datos académicas que habilita la Universidad Pontificia Bolivariana y bases de datos para público en general relacionados en el tema.

A partir de la información recolectada se seleccionó tres alternativas de aprovechamiento del cultivo de piña a través del criterio propio tomando en consideración la cantidad de información disponible sobre los procesos, la administración de los eslabones de materia prima, producción y comercialización a minoristas de sus sistemas de gestión que son relevantes su documentación para las siguientes fases de la metodología propuesta.

#### **Fase 1.2. Valoración cualitativa de las alternativas**

Para la valoración cualitativa se eligió la metodología de evaluación de impacto ambiental (EIA) Conesa simplificada definiendo los criterios ambientales idóneos basados en la literatura disponible.

Se calificaron las alternativas la cual se establecieron los procesos y acciones de cada una según las etapas de un proyecto como lo indica la matriz ambiental. La definición de la alternativa fue a partir de la clasificación de los tipos de impactos y una comparación entre las alternativas.

## **Fase 2. Propuesta del modelo del sistema de gestión**

Para esta fase se planteó el sistema de gestión y después se desarrolló el modelo dinámico. Está compuesto por las siguientes subfases y actividades:

### **Fase 2.1. Planteamiento del sistema de gestión para la alternativa definida.**

Al realizar la prosa que se tuvo en cuenta para la elaboración de los diagramas del modelo. Esta subfase se dividió en dos actividades las cuales fueron:

#### ***Fase 2.1.1 Identificación de las características, procesos del sistema de gestión.***

Se identificarán las características, procesos y operaciones del sistema de gestión de la cadena de suministros de la alternativa definida mediante una revisión de la literatura disponible.

#### ***Fase 2.1.2 Propuesta del modelo y prosa para la alternativa definida:***

En esta fase se estableció el sistema de gestión con los eslabones materia prima, producción y comercialización a minoristas de la alternativa definida para el aprovechamiento de los residuos agrícolas del cultivo de la piña, posteriormente se construyó la prosa del modelo y se realizó los demás lenguajes de la Dinámica de Sistemas en la siguiente fase.

## **Fase 2.2. Elaboración del modelo de simulación en Dinámica de Sistemas**

Después de conocer el problema mediante la literatura disponible y la construcción de la prosa, se identificó el alcance del modelo junto con los diferentes elementos que forman parte del sistema.

Por medio de los lenguajes de la Dinámica de Sistemas como el diagrama causal, el diagrama de flujo-nivel, lenguaje de ecuaciones y lenguaje de comportamientos se construyeron dos prototipos de cobertura y complejidad creciente, los modelos cualitativos y cuantitativos respectivamente, haciendo uso del software Evolución.

### ***Fase 2.2.1. Formulación del prototipo I en los lenguajes influencias, flujo nivel, comportamientos y ecuaciones:***

La fase 2.2.1 presenta el Prototipo II en los lenguajes Influencias, Flujo-Nivel, ecuaciones y comportamientos.

1. *Formulación del diagrama de influencias:* Se formuló el diagrama causal con sus elementos, relaciones y ciclos de realimentación.
2. *Formulación del diagrama del flujo-nivel:* Después de terminar el diagrama causal se formuló el diagrama de flujo-nivel teniendo en cuenta los datos de entrada, parámetros a partir de la información disponible y así mismo, los tipos de variables que corresponden a los elementos.
3. *Formulación de las ecuaciones matemáticas para el modelo:* Se formularon las ecuaciones matemáticas del modelo propuesto.
4. *Formulación de los comportamientos para el modelo:* Después de desarrollar el modelo matemático, con sus ecuaciones definidas se comenzó a simular para representar los procesos del modelo con sus relaciones.

***Fase 2.2.2 Formulación del prototipo II en los lenguajes influencias, flujo nivel, comportamientos y ecuaciones:***

La fase 2.2.2 presenta el Prototipo II en los lenguajes Influencias, Flujo-Nivel, ecuaciones y comportamientos

1. *Formulación del diagrama de influencias:* Se modificó el diagrama causal con sus elementos, relaciones y ciclos de realimentación.
2. *Formulación del diagrama del flujo nivel:* Se modificó y mejoró el diagrama de flujo-nivel realizando diferentes cambios al diagrama de flujo-nivel del prototipo 1 a partir de la información disponible y a los diferentes tipos de variables que corresponden a los elementos.
3. *Formulación de las ecuaciones matemáticas para el modelo:* Se agregan y modifican las ecuaciones matemáticas del modelo teniendo en cuenta el prototipo I.
4. *Formulación de los comportamientos para el modelo:* Teniendo en cuenta el prototipo I y las modificaciones en cada uno de los lenguajes para el prototipo II se realiza la simulación a diferentes variables para el posterior análisis junto con los datos de entrada del sistema y parámetros establecidos previamente.

**Fase 3. Evaluación del modelo de simulación en Dinámica de Sistemas.**

En esta fase se evaluó el modelo por medio de 4 pruebas en donde se comprobó el comportamiento del modelo y la coherencia en su estructura basado en el libro Road Maps Dynamic Group, Forrester J. W (1997) y Valencia & Obando(2012).

**Fase 3.1. Prueba de consistencia dimensional**

En esta prueba se verificaron las unidades de las variables, de modo que en el modelo no se evidencien fallas al momento de medir las diferentes variables.

### **Fase 3.2. Pruebas límite**

Se evaluó que el modelo no genere comportamientos atípicos cuando se asignen valores fuera del límite en sus parámetros. Realizando cambios en las variables de los eslabones del modelo.

### **Fase 3.3. Pruebas y análisis de sensibilidad de parámetros**

Se evaluó la coherencia en el comportamiento de las variables con el comportamiento de los modos de referencia para diferentes escenarios.

### **Fase 3.4 Pruebas a los parámetros.**

Se evaluó pruebas de los parámetros que se encuentren basado en la literatura disponible, modos de referencia y la delimitación de la planta de la piña con sus residuos.

## Capítulo 7

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación, se presenta la sección de resultados del proyecto, la cual retoma los conceptos del marco teórico y de acuerdo con la metodología se desarrollan cada una de las fases propuestas.

#### **Definición de la alternativa**

En la fase 7.1 se procede con la definición de la alternativa de utilización de los residuos agrícolas de la piña, para lo cual es necesario estimar la cantidad de residuo en la región, y posteriormente seleccionar la alternativa conforma a la revisión de la literatura disponible en donde se haga uso de estos residuos, y al análisis obtenido en la valoración cualitativa de impacto ambiental.

#### **Selección de las alternativas**

A continuación, se evidencia el proceso para la selección de las alternativas a valorar, en donde se estima la cantidad de residuo en la región, y se revisa de acuerdo con la literatura disponible el tipo de producto que es posible generar de acuerdo a los residuos.

##### **1.1.1.1 *Estimación del residuo de piña en la región***

Para poder seleccionar una alternativa de producto es necesario entender la cantidad de producto aproximada que existe en la región, dependiendo de la cantidad algunas alternativas son ambientalmente más beneficiosas que otras debido a su proceso productivo, a continuación, según Ministerio de agricultura y Secretaría Agricultura Departamental (2017) se muestran los datos de producción del cultivo de piña variedad Perolera que es predominante en las veredas más representativas en la producción del cultivo de piña de Girón Santander en el año 2017.

**Tabla 4***Producción de Piña en las Veredas de Girón, Santander*

EXPLOTACIONES	870				
AGRÍCOLAS					
ÁREA TOTAL	2734(ha)				
SEMBRADA					
VEREDA	CANTALTA	CHOCOA	PANTANO	ANGULO	PALO GORDO
ÁREA SEMBRADA	30%	20%	10%	10%	10%
PRODUCCIÓN	121.936(to)				
OBTENIDA					

*Nota* Se presentan los datos de las veredas representativas que cultivan piña en la región de Girón, Santander.

Adaptado de: Evaluación Agropecuaria Municipal Girón (Ministerio de agricultura y Secretaría Agricultura Departamental, 2017)

Como se indica en la **Tabla 4**, el municipio de Girón cuenta con gran cantidad de producción de piña. La producción de piña en toneladas se calcula midiendo el peso de la producción del fruto de cultivo, es decir, no se calcula el residuo.

Para calcular el peso del residuo de la planta, en primer lugar, es necesario conocer la cantidad de plantas que se encuentran. Según los parámetros establecidos en la **Tabla 20** se definió el peso promedio de una piña en 2.5kg, y realizando su conversión se mide la cantidad de unidades de fruto de piña. Basado en los parámetros descritos en la **Tabla 21**, cada planta genera un fruto, es decir, por cada fruto de piña hay una planta de piña. A partir del valor de cuánto pesa la planta de piña sin el fruto el cual es de 14.77kg, es posible calcular un valor aproximado de cuánto residuo genera la producción total de piña en las veredas de Girón.

**Tabla 5**

Cálculo del Residuo Total de la producción de piña en el municipio de Girón, Santander

VARIABLE	CANTIDAD	UNIDAD
Producción obtenida	121936	t
Peso promedio del fruto de una planta de piña	2,5	kg
Cantidad de fruto de piña	48774400	Plantas de piña
Peso promedio de la planta sin el fruto	14,77	kg
Peso total del residuo	720397,9	t

*Nota:* Cálculo de la producción del residuo de piña total de las veredas representativas que producen el cultivo de la piña en la región de estudio, Reproducido de Cálculo del Residuo Total de la producción de piña en el municipio de Girón, Santander (Autores,2021).

De acuerdo con la **Tabla 5**, el total del residuo es de 720397.9t. Una vez estimada la cantidad de residuo que puede generar la producción de piña en la región se procede a realizar la valoración cualitativa ambiental de los procesos para así definir la mejor de acuerdo con la necesidad de la región y a la que genere menor impacto ambiental negativo

En primer lugar, se identificaron diferentes alternativas de aprovechamiento de los residuos agrícolas del cultivo de la piña por medio de una recolección de información de la literatura disponible de fuentes de información como bases de datos que habilita la Universidad Pontificia Bolivariana y bases de datos abiertas en general. Para más información sobre las alternativas identificadas se recomienda dirigirse al Capítulo 5 MARCO TEÓRICO.

Las alternativas seleccionadas por los autores se tomaron como criterio propio teniendo en cuenta la cantidad de información disponible sobre sus procesos, documentación sobre la administración de la materia prima, producción y comercialización a minoristas de sus sistemas de gestión.

Se seleccionaron las alternativas bolso de cuero vegetal, calzado y papel por contar con esta información esencial en las siguientes fases del proyecto.

### **Valoración cualitativa de impacto ambiental**

En la siguiente sección se realizó la valoración cualitativa del impacto ambiental a las alternativas seleccionadas por medio de la matriz Conesa simplificada. Se establecieron los procesos productivos de las alternativas bolso de cuero vegetal, calzado de cuero vegetal y papel a partir de la literatura disponible y como etapas de un proyecto. Posteriormente, se identificaron los aspectos e impactos ambientales y se realizó su calificación. Por último, se consideró las tablas de clasificaciones *¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.* **Tabla 9, Tabla11**) y la tabla de consolidados de resultados ver **Tabla 12** para escoger la alternativa que siguió a las siguientes fases de la metodología propuesta.

#### ***Resumen de matrices de impacto ambiental Conesa simplificada de las alternativas seleccionadas***

La matriz presenta la valoración cualitativa de cada alternativa en términos de etapas de un proyecto con sus subfase y principales acciones ambientales de cada uno de los procesos como lo establece el referente teórico Arboleda (2008) . En los criterios para la valoración, está la columna Signo que indica si es benéfico o nocivo para el medio ambiente y están expresados en el operador + y – respectivamente. En las tablas resumidas están indicadas con los principales impactos ambientales.

Los siguientes criterios de la matriz (IN, EX, MO, PE, RV, SI, AC, EF, PR, MC), su descripción se encuentra también en los fundamentos teóricos del proyecto, identificados los impactos de cada alternativa, se calificaron según los rangos estipulados por la matriz para cada criterio y se sintetizó en la fórmula de Importancia.

Expresada en:

$$I = \pm(3i + 2EX + M0 + PE + RV + SI + AC + EF + PR + MC).$$

Según el resultado de la fórmula, los impactos se clasifican en impactos compatible, moderados, severos y críticos siendo los últimos los de mayor grado de impacto.

A continuación, se exponen las matrices Resumidas de Impacto Ambiental Conesa Simplificada con los procesos, acciones ambientales, aspectos e impactos ambientales de la fase de Operación de la planta de producción en donde se evalúan los procesos productivos y de mantenimiento.

Posteriormente se muestran las tablas de clasificación de los impactos ambientales de cada alternativa.

Para observar las matrices completas, por favor dirigirse a Anexos

**Tabla 6**

Matriz de Impacto Ambiental Resumida de la Alternativa Bolso de Cuero Vegetal

SUBFASE	PRINCIPALES ACCIONES AMBIENTALES	PRINCIPALES IMPACTOS AMBIENTALES	IMPACTO
Contratación de personal	Contratación de personal necesario para la planta de producción de bolso de cuero vegetal	Generación de empleo(+)	Severo
Recolección y selección de la materia prima	Transporte de los residuos orgánicos a la planta de producción de Calzado	Afectación a la salud auditiva(-)	Moderado
		Incremento riesgo de accidentabilidad (-)	Moderado
	Cortar las hojas de piña y mantenerlas en agua	Afectación a la calidad del aire(-)	Moderado
		Contaminación agua por partículas sólidas en el corte(-)	Moderado
Extracción de la fibra de las hojas de la piña	Extracción de la fibra a través de una desfibradora	Afectación de los suelos por residuos sólidos (-)	Compatible
		Afectación a la salud auditiva (-)	Moderado
	Lavado de la fibra en tanques de agua Suavizado de la fibra con diferentes químicos	Afectación de los suelos por residuos sólidos(-)	Compatible
		Contaminación del agua por residuos sólidos(-)	Moderado
		Contaminación del agua por químicos disueltos en ella(-)	Moderado
Secado y almacenamiento de las fibras	Contaminación del aire por materia particulado durante el secado de las fibras(-)	Compatible	

**Tabla 6**

Matriz de Impacto Ambiental Resumida de la Alternativa Bolso de Cuero Vegetal

SUBFASE	PRINCIPALES ACCIONES AMBIENTALES	PRINCIPALES IMPACTOS AMBIENTALES	IMPACTO
Creación del cuero vegetal a partir de la fibra de las hojas de piña	Escarmenado	Contaminación del aire por material particulado durante el escarmenado de las fibras(-)	Compatible
	Cardado	Afectación a la calidad del aire(-)	Compatible
	Punzado		Compatible
	Adhesión del cuero vegetal	Afectación a la salud auditiva(-)	Moderado
	Adhesión de tintes al cuero vegetal	Contaminación del agua por químicos(-)	Moderado
Corte, armado y costura del producto final (bolso de cuero vegetal)	Cortes de cuero vegetal según los diseños		Compatible
	Cosido bolso de cuero vegetal	Afectación de los suelos por residuos sólidos(-)	Compatible
	Acabados		Compatible
	Empaque	Afectación de los suelos por residuos sólidos(-)	Compatible
Almacenamiento producto final	Almacenamiento de bolsos de cuero vegetal	Afectación a la salud auditiva(-)	Compatible
Mantenimiento de maquinaria y equipos	Descarga de combustibles, aceites, grasas y lubricantes	Contaminación del agua por químicos y elementos pesados(-)	Moderado
	Descarga de aguas de lavado de máquinas con	Contaminación del agua con residuos sólidos(-)	Compatible

## Tabla 6

### Matriz de Impacto Ambiental Resumida de la Alternativa Bolso de Cuero Vegetal

SUBFASE	PRINCIPALES ACCIONES AMBIENTALES	PRINCIPALES IMPACTOS AMBIENTALES	IMPACTO
---------	----------------------------------	----------------------------------	---------

*Nota:* Se presenta la matriz resumida de la alternativa bolso de cuero vegetal en términos de proyecto. Las acciones o procesos de la alternativa con sus respectivos impactos desde la contratación de personal necesario para la planta, que es tomado como un impacto por la matriz hasta descarga de agua de lavado de máquinas con residuos sólidos Reproducido de: Matriz de Impacto Ambiental Resumida de la Alternativa Bolso de Cuero Vegetal (Autores,2021)

Se procede a realizar los puntajes de la matriz para la alternativa Bolso de Cuero Vegetal, de acuerdo con la sumatoria de los impactos ambientales se clasifican según el tipo de impacto como se presentan a continuación en la **Tabla 7**.

**Tabla 7**

Clasificación de Principales Impactos Ambientales de la Alternativa Bolso de Cuero Vegetal

TIPOS DE IMPACTO	CANTIDAD	PORCENTAJE
Compatible	16	31,37%
Moderado	33	64,71%
Severo	2	3,92%
Crítico	0	0,00%
TOTAL	51	100,00%

*Nota:* Se presenta la clasificación de los principales impactos ambientales de la alternativa Bolso de Cuero Vegetal a partir de la matriz. Se identifican 51 impactos los cuales mayormente se encuentran en impactos moderados y compatibles. Reproducido de Clasificación de Principales Impactos Ambientales de la Alternativa Bolso de Cuero Vegetal (Autores,2021).

A continuación, se presenta en la **Tabla 8** la matriz de impacto ambiental de la alternativa Papel

**Tabla 8**

Matriz de impacto ambiental resumida de la alternativa de papel

SUBFASE	PRINCIPALES ACCIONES AMBIENTALES	PRINCIPALES IMPACTOS AMBIENTALES	IMPACTO
Contratación de personal	Contratación de personal necesario para la planta de producción papel biodegradable	Generación de empleo(+)	Severo
Recolección y selección de la materia prima	Recolección y selección de las cáscaras, cogollos de la piña y hojas	Afectación de los suelos por residuos sólidos(-)	Compatible
		Afectación a la salud auditiva en la recolección y selección(-)	Compatible
Preparación de la materia prima	Lavado de la materia prima	Contaminación del agua por partículas orgánicas durante el lavado(-)	Moderado
		Contaminación del suelo por residuos orgánicos(-)	Moderado
	Troceado de la materia prima	Afectación a la salud auditiva por corte de residuos orgánicos(-)	Moderado
		Preparación del licor blanco de papel a través de NaOH	Contaminación del agua por químicos disueltos en ella(-)
Creación del papel a partir de los residuos agrícolas de la piña	Cocción de la pulpa	Contaminación del aire por producción de gases(-)	Moderado
		Contaminación del aire por producción de gases y olores durante la cocción de la pulpa(-)	Moderado

**Tabla 8**

Matriz de impacto ambiental resumida de la alternativa de papel

SUBFASE	PRINCIPALES ACCIONES AMBIENTALES	PRINCIPALES IMPACTOS AMBIENTALES	IMPACTO
y el licor blanco de NaOH     Prensado, secado y acabados del producto final(papel)	Lavado de la pulpa	Contaminación agua por residuos sólidos y químicos(-)	Severo
		Afectación de los suelos por residuos sólidos(-)	Moderado
	Licuado	Afectación a la salud auditiva por el licuado pulpa(-)	Moderado
		Afectación de los suelos por residuos sólidos(-)	Moderado
	Prensado	Afectación de los suelos por residuos sólidos(-)	Compatible
	Secado	Contaminación del aire por material particulado durante el secado de las hojas(-)	Compatible
	Acabados	Afectación de los suelos por residuos sólidos(-)	Compatible
Empaque de las hojas en paquetes	Afectación de los suelos por residuos sólidos(-)	Compatible	

**Tabla 8**

Matriz de impacto ambiental resumida de la alternativa de papel

SUBFASE	PRINCIPALES ACCIONES AMBIENTALES	PRINCIPALES IMPACTOS AMBIENTALES	IMPACTO
Almacenamiento producto final en paquetes	Almacenamiento de papel	Afectación a la salud auditiva(-)	Moderado
Mantenimiento de maquinaria y equipos	Descarga de combustibles, aceites, grasas y lubricantes	Contaminación del agua por químicos y elementos pesados(-)	Moderado
	Descarga de aguas de lavado de máquinas con residuos sólidos	Contaminación del agua con residuos sólidos(-)	Moderado

*Nota:* Se presenta la matriz resumida de la alternativa Papel en términos de proyecto. Las acciones o procesos de la alternativa con sus respectivos impactos desde la contratación de personal, que es tomado como un impacto por la matriz hasta descarga de agua de lavado de máquinas con residuos sólidos.

Reproducido de: Matriz de impacto ambiental resumida de la alternativa de papel (Autores,2021).

Se procede a realizar los puntajes de la matriz para la alternativa Bolso de Cuero Vegetal, de acuerdo con la sumatoria de los impactos ambientales se clasifican según el tipo de impacto como se presentan a continuación en la **Tabla 9**.

**Tabla 9**

## Clasificación de Principales Impactos Ambientales de La Alternativa Papel

TIPOS DE IMPACTO	CANTIDAD	PORCENTAJE
Compatible	9	18,75%
Moderado	35	72,92%
Severo	4	8,33%
Crítico	0	0,00%
TOTAL	48	100,00%

*Nota:* Es presentada la clasificación de los principales impactos ambientales de la alternativa de papel a partir de la matriz. Se identifica 48 impactos los cuales se encuentran en su mayoría en impactos moderados e impactos compatibles. Reproducido de Clasificación de Principales Impactos Ambientales de La Alternativa Papel (Autores,2021).

A continuación, se presenta en la **Tabla 10** la matriz de impacto ambiental de la alternativa Calzado de Cuero Vegetal.

**Tabla 10**

Matriz de Impacto Ambiental Resumida de la Alternativa Calzado de Cuero Vegetal

SUBFASE	PRINCIPALES ACCIONES AMBIENTALES	PRINCIPALES IMPACTOS AMBIENTALES	IMPACTO
Contratación de personal	Contratación de personal necesario para la planta de producción papel biodegradable	Generación de empleo(+)	Severo
		Afectación a la salud auditiva(-)	Moderado
Recolección y selección de la materia prima	Transporte de los residuos orgánicos a la planta de producción de Calzado	Incremento riesgo de accidentabilidad(-)	Moderado
		Afectación a la calidad del aire(-)	Moderado
		Contaminación del agua por partículas sólidas durante el corte(-)	Moderado
		Afectación de los suelos por residuos sólidos(-)	Compatible
Obtención de láminas de fibra	Proceso de desfibración	Afectación a la salud auditiva(-)	Moderado
		Afectación de los suelos por residuos sólidos(-)	Compatible
	Lavado, agua residual	Contaminación del agua por material organico(-)	Moderado
		Consumo de energía eléctrica alto(-)	Moderado
	Desgomado	Contaminación del agua por químicos(-)	Severo
		Contaminación el aire por material particulado durante el calentamiento del producto durante su proceso de desgomado(-)	Moderado

**Tabla 10**

Matriz de Impacto Ambiental Resumida de la Alternativa Calzado de Cuero Vegetal

SUBFASE	PRINCIPALES ACCIONES AMBIENTALES	PRINCIPALES IMPACTOS AMBIENTALES	IMPACTO	
Obtención de láminas de cuero	Secado industrial	Consumo de energía eléctrica alto(-)	Compatible	
		Afectación a la salud auditiva(-)	Compatible	
		Contaminación del aire por materia particulado durante el secado de las fibras(-)	Moderado	
		Proceso de tejido	Afectación a la salud auditiva(-)	Compatible
			Consumo de energía eléctrica moderado(-)	Moderado
			Consumo de energía eléctrica moderado(-)	Moderado
	Revestimiento	Contaminación del aire por material particulado durante escarneo de las fibras(-)	Compatible	
		Afectación a la salud auditiva(-)	Compatible	
		Control de calidad y proceso de teñido	Contaminación del agua por material orgánico(-)	Moderado
	Producción	Secado industrial y revisión de calidad	Consumo de energía eléctrica moderado(-)	Moderado
			Afectación a la salud auditiva(-)	Compatible
		Corte y trazado del cuero	Afectación de la salud auditiva por el ruido de corte y trazado del cuero vegetal(-)	Moderado
Generación de residuos sólidos de cuero vegetal(-)			Moderado	

**Tabla 10**

Matriz de Impacto Ambiental Resumida de la Alternativa Calzado de Cuero Vegetal

SUBFASE	PRINCIPALES ACCIONES AMBIENTALES	PRINCIPALES IMPACTOS AMBIENTALES	IMPACTO
	Desbaste	Afectación a la salud auditiva durante el desbaste de las piezas de cuero(-)	Compatible
	Armado	Generación de residuos orgánicos que quedan en la adhesión del cuero a la horna(-)	Compatible
	Desolador y emplantillado	Afectación a la calidad del aire por vapores generados del pegante industrial(-)	Severo
		Afectación a la salud auditiva por el proceso de desolado y emplantillado en el calzado(-)	Moderado
	Montaje y acabado	Generación de residuos orgánicos de cuero vegetal, hilos y otras partes del zapato durante su montaje y acabado(-)	Compatible
	Empaquetado y etiquetado	Generación de ruido durante el empaquetado y etiquetado de las cajas en donde se va a empaquetar los zapatos(-)	Compatible
		Contaminación del aire por vapores generados del pegante de la cinta adhesiva y del etiquetado(-)	Compatible
	Almacenamiento de calzado	Afectación a la salud auditiva por el proceso de almacenamiento de las cajas de calzado(-)	Compatible

**Tabla 10**

Matriz de Impacto Ambiental Resumida de la Alternativa Calzado de Cuero Vegetal

SUBFASE	PRINCIPALES ACCIONES AMBIENTALES	PRINCIPALES IMPACTOS AMBIENTALES	IMPACTO
Mantenimiento de maquinaria y equipos	Descarga de combustibles, aceites, grasas y lubricantes	Contaminación del agua por químicos y elementos pesados(-)	Moderado
	Descarga de aguas de lavado de máquinas con residuos sólidos	Contaminación del agua con residuos sólidos(-)	Compatible

*Nota:* Se presenta la matriz resumida de la alternativa de calzado en términos de proyecto., junto con las acciones o procesos de la alternativa con sus respectivos impactos ambientales Reproducido de: Matriz de Impacto Ambiental Resumida de la Alternativa Calzado de Cuero Vegetal (Autores,2021)

Se procede a realizar los puntajes de la matriz para la alternativa Bolso de Cuero Vegetal, de acuerdo con la sumatoria de los impactos ambientales se clasifican según el tipo de impacto como se presentan a continuación en la **Tabla11**.

**Tabla11**

Clasificación de los principales impactos ambientales de la alternativa de calzado

TIPOS DE IMPACTO	CANTIDAD	PORCENTAJE
Compatible	19	30,16%
Moderado	40	63,49%
Severo	4	6,35%
Crítico	0	0,00%
TOTAL	63	100,00%

*Nota:* Es presentada la clasificación de los principales impactos ambientales de la alternativa de calzado a partir de la matriz. Se identifica 63 impactos los cuales se encuentran en su mayoría en impactos moderados e impactos compatibles. Reproducido de: Clasificación de los principales impactos ambientales de la alternativa de calzado (Autores,2021).

Una vez realizada las matrices junto con la clasificación de los impactos de cada una de las alternativas se dispone a realizar la comparación de las alternativas.

#### 1.1.1.1 Comparaciones de las alternativas

La comparación de las alternativas consiste en realizar la evaluación de acuerdo a criterios que indica Arboleda (2008) al momento de comparar los resultados de la valoración cualitativa para cada alternativa, dentro de los criterios para la evaluación se encuentran.

Los Resultados de la Valoración

La Diferencia entre los Impactos de Naturalidad Positiva y Negativa

Los Impactos Ambientales de Naturalidad Positiva por Resaltar

Las Acciones Ambientales de Naturalidad Negativa por Resaltar

En la **Tabla 12** se presenta un consolidado de las valoraciones cualitativas de las tres alternativas evaluadas por la Matriz Conesa Simplificada.

**Tabla 12**

*Resultados consolidados de la valoración de las tres alternativas evaluadas*

BOLSO DE CUERO VEGETAL	PAPEL	CALZADO
Valoración		
31,37% impactos compatibles, 64,71% impactos moderados, 3,92% impactos severos y 0% críticos. De 51 acciones o procesos que provocan impactos.	18,75% impactos compatibles, 72,92% impactos moderados, 8,33% impactos severos y 0% impactos críticos. De 48 acciones o procesos que provocan impactos.	30,16% impactos compatibles, 63,49% impactos moderados, 6,35% impactos severos y 0% críticos. De 63 acciones o procesos que provocan impactos.
Diferencia entre los Impactos de Naturalidad Positiva y Negativa		
La diferencia entre el impacto de la naturalidad positiva y el impacto de la naturalidad negativa es de -1192 con 51 acciones que provocan impactos ambientales durante las diferentes etapas del proyecto. Predominan los impactos de naturalidad negativa.	La diferencia entre el impacto de la naturalidad positiva y el impacto de la naturalidad negativa es de -1183 con 48 acciones que provocan impactos ambientales durante las diferentes etapas del proyecto. Predominan los impactos de naturalidad negativa.	La diferencia entre el impacto de la naturalidad positiva y el impacto de la naturalidad negativa es de -1552 con 63 acciones que provocan impactos ambientales durante las diferentes etapas del proyecto. Predominan los impactos de naturalidad negativa.
Impactos Ambientales de Naturalidad Positiva por Resaltar		

**Tabla 12**

*Resultados consolidados de la valoración de las tres alternativas evaluadas*

BOLSO DE CUERO VEGETAL	PAPEL	CALZADO
<p>Los impactos que se destacan por su importancia se encuentran los de generación de empleo y expectativas con naturalidad positiva porque aportan en el desarrollo de la región y en la solución a una problemática en la zona.</p>		
<p>Acciones Ambientales de Naturalidad Negativa por Resaltar</p>		
<p>En los procesos de producción para bolsos de cuero vegetal a partir de la fibra obtenida de las hojas de la planta de la piña se resalta los procesos como el corte y mantenerlo en agua, lavado de las fibras, suavizado de la fibra, adhesión del cuero vegetal y el uso de tintes por la generación de ruido, contaminación de agua y aire que pueden llegar a generar. Estos impactos en su mayoría están</p>	<p>En los procesos de producción para Papel a partir de los residuos agrícolas como el cogollo, la cáscara del fruto y sus hojas se resalta los procesos como el lavado, troceado de la materia prima, cocción de la pulpa, que están clasificados como impactos moderados, por la generación de ruido, contaminación de agua y aire que pueden llegar a generar. La preparación de licor blanco de papel a través de NaOH y el lavado de la pulpa están clasificados como impactos severos y se les resalta por</p>	<p>En los procesos de producción de calzado a partir de la fibra obtenida de las hojas de la planta de la piña se resalta los procesos como el corte y mantenerlo en agua, lavado de las fibras, desgomado, y revestimiento por la generación de ruido, contaminación de agua y aire que pueden llegar a generar. Están clasificados en su mayoría como impactos moderados y el desgomado como impacto severo. También se resalta los impactos de los procesos de producción del calzado en la fase de desolador y emplantillado que</p>

**Tabla 12**

*Resultados consolidados de la valoración de las tres alternativas evaluadas*

BOLSO DE CUERO VEGETAL	PAPEL	CALZADO
clasificados como impactos moderados.	su contaminación en el agua por químicos disueltos en ella y la contaminación del aire por producción de gases y en lavado de pulpa por la contaminación del agua por residuos sólidos y químicos y su afectación a los suelos por residuos sólidos.	provoca el pegante utilizado para la adhesión de la suela en el zapato por la grave afectación a la calidad del aire por los vapores generados por el pegante industrial y la afectación a la salud auditiva producido por el proceso de desolado y emplantillado en el calzado. Están clasificados como impacto severo y moderado.

**Nota:** Se presenta un consolidado de las valoraciones cualitativas de las tres alternativas evaluadas por la matriz Conesa simplificada. Reproducida de: Resultados consolidados de la valoración de las tres alternativas evaluadas (Autores,2021).

La matriz de impacto ambiental Conesa Simplificada clasifica los impactos en Compatibles, Moderados, Severos y Críticos siendo estos últimos los de mayor afectación. A medida que los impactos ambientales tienen una mayor importancia o puntaje como los severos y críticos, aumenta la complejidad para su tratamiento y mitigación en el caso de que son impactos con naturalidad negativa.

En las acciones o procesos que provocan impactos predominan los de naturalidad negativa., las alternativas de bolso de cuero vegetal, papel y calzado no cuentan con impactos críticos. En impactos ambientales de naturalidad positiva se resaltan la generación de empleo y generación de expectativas por el desarrollo en la región de Girón que pueden llegar a realizar en el caso de que se ejecutaran como proyectos las tres alternativas y como una solución ambiental.

En los impactos ambientales de naturalidad negativa se resaltaron en cada alternativa los de mayor afectación. Para más información se recomienda ir a la **Tabla 12** Según lo presentado anteriormente se decidió como alternativa a modelar bolso de cuero vegetal

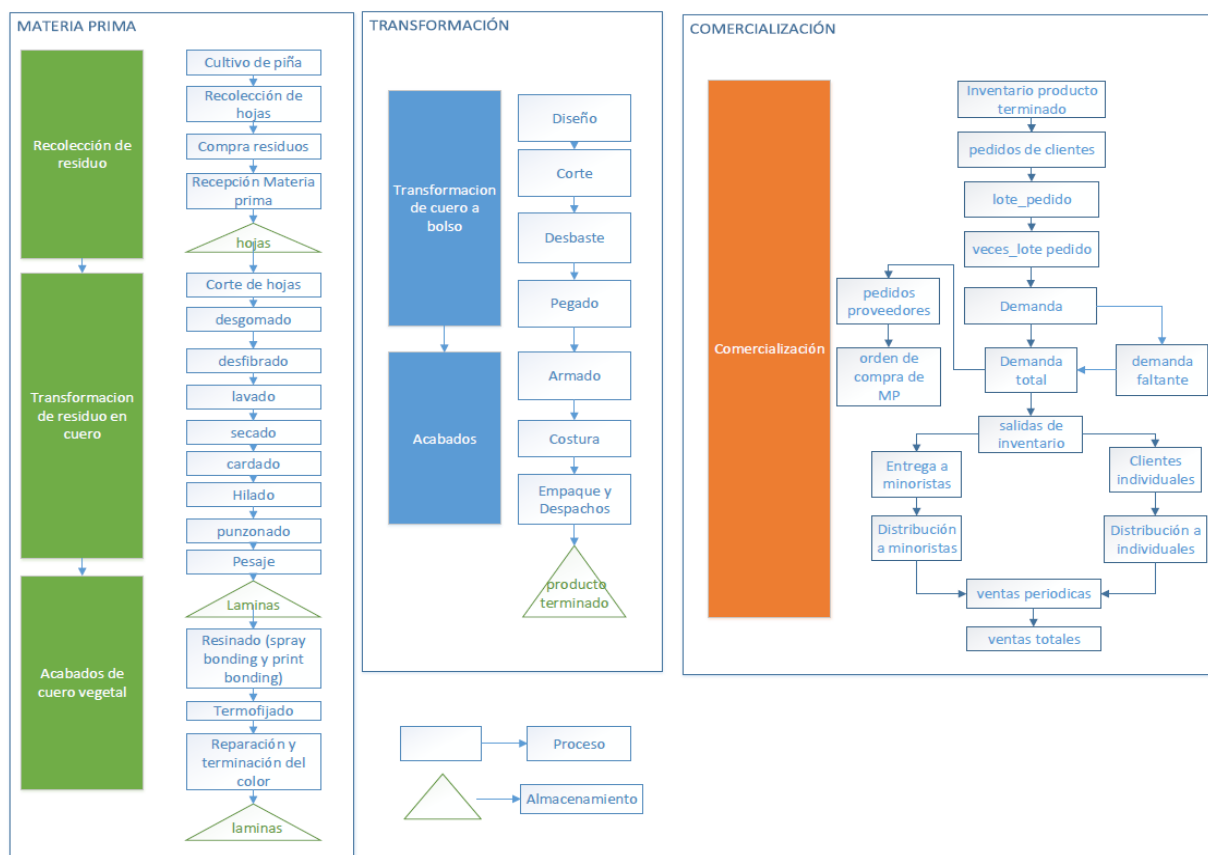
### **Propuesta del Modelo del sistema de gestión de los eslabones.**

A continuación, se presenta el proceso para el desarrollo de la propuesta del modelo del sistema de gestión según sus diferentes eslabones, el cual tiene como objetivo representar los diferentes procesos de acuerdo con estudios realizados, que abordan esta temática.

### **Planteamiento del sistema de gestión**

La propuesta del sistema de gestión de los eslabones materia prima, producción y comercialización a minoristas para la alternativa. bolso de cuero vegetal se crea de acuerdo con una recopilación de trabajos, debido a que el proceso de obtención de la materia prima y elaboración, al año 2021 pocas empresas a nivel industrial han entrado en este sector, fue necesario plantear una propuesta del sistema de gestión.

Los procesos de los eslabones del bolso de cuero vegetal son presentados en la **Figura 10** y explicados en la **Tabla 13**.

**Figura 10***Propuesta del sistema de gestión de los eslabones del modelo*

**Nota:** Se representa el Sistema De Gestión de los Eslabones Materia Prima, Producción y Comercialización a Minoristas de la alternativa bolso de cuero vegetal. Reproducida de: Propuesta del sistema de gestión de los eslabones del modelo (Autores,2021).

A continuación, en la **Tabla 13** se presenta la descripción de cada eslabón con sus respectivas etapas.

**Tabla 13**

*Descripción de propuesta del sistema de gestión de la alternativa bolso de cuero vegetal*

ETAPAS	DESCRIPCIÓN
<b>Eslabón de Materia Prima</b>	
Recolección de los residuos.	<p>En esta propuesta la recolección de los residuos inicia en los cultivos de piña del municipio de Girón. Los agricultores retiran las plantas de piña las cuales se envían a la fábrica.</p> <p>Para estos residuos se requiere cortar las hojas que cumplan con condiciones buenas e idóneas para su inicio en la transformación de residuo a cuero vegetal y se clasifica como materia prima. Por otra parte, la materia prima indirecta está conformada por: hilos, telas, accesorios, entre otros (Ramírez, García, Pantoja ,2010).</p>
Transformación de fibra de hojas de piña.	<p>Las hojas son almacenadas en agua en donde se realiza un proceso de desgomado. Después, son enviadas a la desfibradora para la extracción de su fibra. Posteriormente se realiza un proceso de lavado en el que se retira la savia, la mugre y se suaviza con acondicionador de telas.</p> <p>Después con el secado de las fibras. Por último, las fibras son enviadas a los procesos de escarmenado, cardado y punzonado para obtener el cuero vegetal (Preciado &amp; Diaz, 2019).</p>
Transformación de cuero vegetal	<p>Las fibras son enviadas a los procesos de escarmenado, cardado y punzonado para obtener el cuero vegetal.</p>
Acabados de cuero vegetal.	<p>Al cuero vegetal se le realiza un resinado en el que se agrega una pintura, se le aplica un termo fijado para adherirla y finaliza en la reparación y terminación del color de la tela.</p>
<b>Eslabón de Producción</b>	
Transformación de cuero a bolso	<p>El cuero vegetal es enviado al eslabón de producción y comienza con sus requerimientos de materiales, las medidas de los cortes y el tipo de color de cuero a utilizar. Basado en (Barajas &amp; Lozano, 2013) se</p>

**Tabla 13**

*Descripción de propuesta del sistema de gestión de la alternativa bolso de cuero vegetal*

ETAPAS	DESCRIPCIÓN
Acabados	<p>definieron los procesos de producción para un bolso de cuero vegetal en el cual inicia con el corte de las piezas de cuero teniendo en cuenta las medidas del bolso. Después, se hace un proceso de desbaste con el fin de suavizar el tejido. Posteriormente, se realiza el proceso de armado y el producto es enviado a costura</p> <p>Terminada la costura, el bolso se finaliza con el proceso de acabados y empaque del producto para llevarlo a despacho y al inventario de producto terminado. El inventario de producto terminando responde a las ventas periódicas determinadas por la demanda, la demanda faltante y las ventas.</p>
Comercialización	<p>Eslabón de Comercialización a minoristas</p> <p>Los bolsos son almacenados en el inventario y su despacho está en función de la demanda. Cuando inicia los encargos en pedidos de clientes, las unidades producidas de pedidos se analizan en el tiempo correspondiente para la próxima orden a proveedores. Cuando la demanda es mayor a lo producido, genera demanda faltante (stock out), la cual indica la demanda que no se pudo satisfacer en ese periodo, en el caso de que lo producido sea mayor a la demanda genera que haya unidades sobrantes las cuales se dirigen hacia el inventario de producto terminado (Vidal 2009), estas dos variables son importantes para el análisis del pedido de orden de compra de materia prima para el próximo periodo.</p>

**Nota:** Se describe cada eslabón con sus etapas y procesos identificados de la recopilación de información de forma general, Reproducida de: Descripción de propuesta del sistema de gestión de la alternativa bolso de cuero vegetal (Autores,2021).

La relación entre los eslabones empieza con la compra de los residuos agrícolas que realiza la empresa a los cultivadores de piña, Posteriormente estos residuos son transformados en un producto para luego venderlo a clientes minoristas.

### Figura 11

*Mapa de los eslabones*



*Nota:* Se muestran las relaciones y organización entre los eslabones Reproducida de: Mapa de los eslabones (Autores,2021).

### Propuesta del modelo y Prosa

Una vez explicados los eslabones juntos con sus procesos a continuación se define el alcance y se propone el modelo junto con las variables que se van a simular.

Los eslabones para la alternativa bolso de cuero vegetal se describen a continuación:

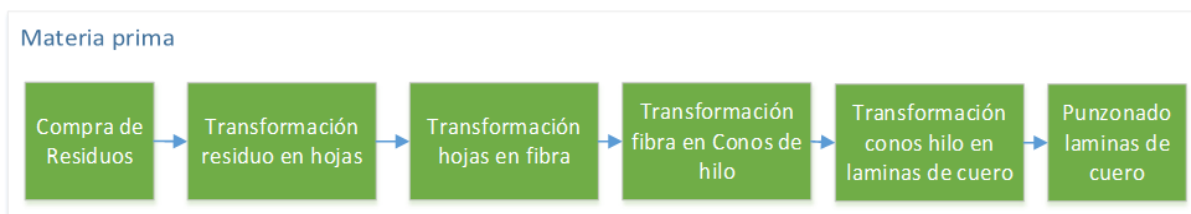
- **Materia Prima:** Integra las diferentes transformaciones a las cuales es sometido el residuo de piña para convertirse en una fuente de materia prima utilizable.
- **Producción:** Agrupa las actividades dirigidas fundamentalmente al procesamiento de la materia prima para convertirse en un producto.
- **Comercialización a minoristas:** Hace referencia a las diferentes variables que intervienen en el proceso de oferta y demanda del producto a clientes minoristas. Entendiendo clientes minoristas como (tiendas comercializadoras).

### *Eslabón Materia Prima*

El propósito del primer eslabón es mostrar aquellas relaciones entre las transformaciones del residuo hasta lograr convertirse en materia prima utilizable (cuero vegetal). La materia prima se analizará para una empresa de bolsos de cuero de piña en donde se encarguen de transformar los residuos agrícolas a cuero vegetal.

#### **Figura 12**

##### *Variables del eslabón de materia prima*



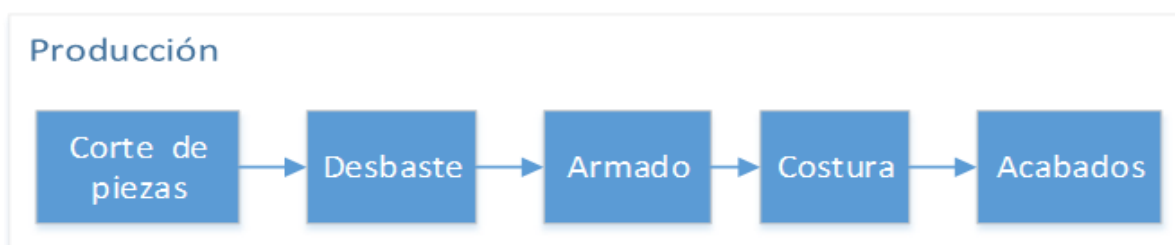
**Nota:** Se presentan las variables que se tendrán en cuenta en el eslabón de Materia Prima, las cuales están sujetas a cambio al momento de la elaboración de los prototipos en los lenguajes de Dinámica de Sistemas. Reproducida de: Variables del eslabón de materia prima (Autores,2021).

### *Eslabón de Producción*

El Eslabón de Producción refleja el proceso desde la materia prima directa en este caso láminas de cuero hasta la obtención de un producto elaborado comercializable. El Propósito es brindar información acerca del proceso industrial por el cual pasan la materia prima transformada hasta convertirse en un bolso de cuero vegetal.

### Figura 13

#### *Variables del eslabón de producción*



*Nota:* Son presentadas las variables que se tendrán en cuenta en el eslabón de producción, las cuales están sujetas a cambio al momento de la elaboración de los prototipos en los lenguajes de Dinámica de Sistemas. Reproducida de: Variables del eslabón de producción (Autores,2021).

#### ***Eslabón de Comercialización a Minoristas***

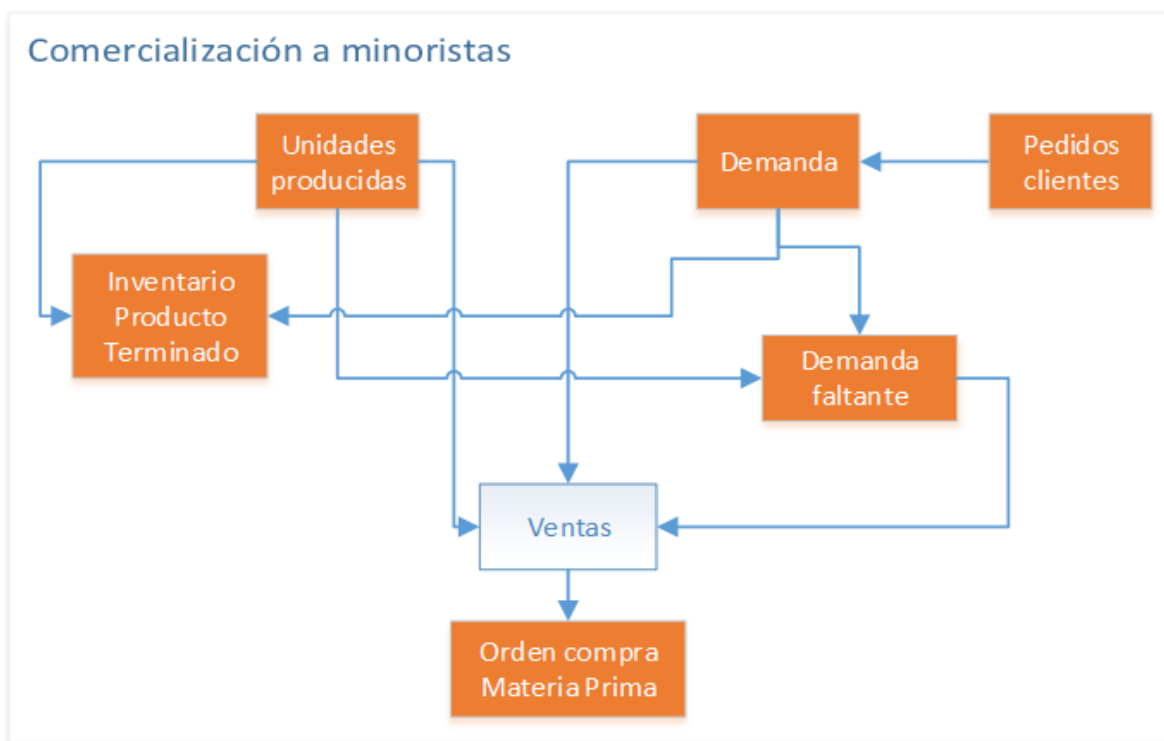
El tercer eslabón contempla el eslabón de comercialización a minoristas del producto elaborado (bolsos de cuero vegetal). El propósito es mostrar la dinámica de la compra y venta de la materia prima y los bolsos de cuero vegetal.

La actividad de comercialización de un producto alternativo es de vital importancia, debido a que es la forma donde se define cómo acercar la producción del agricultor en este caso los residuos con la entrega de un producto elaborado a un cliente final.

La comercialización a minoristas de los bolsos se realiza teniendo en cuenta diferentes factores que afectan la producción, entre ellos se encuentran, la capacidad, la demanda, los tiempos de producción. Los cuales definen la posibilidad de cumplimiento y la necesidad en el mercado de este producto.

**Figura 14**

*Variables del eslabón de comercialización a minoristas*

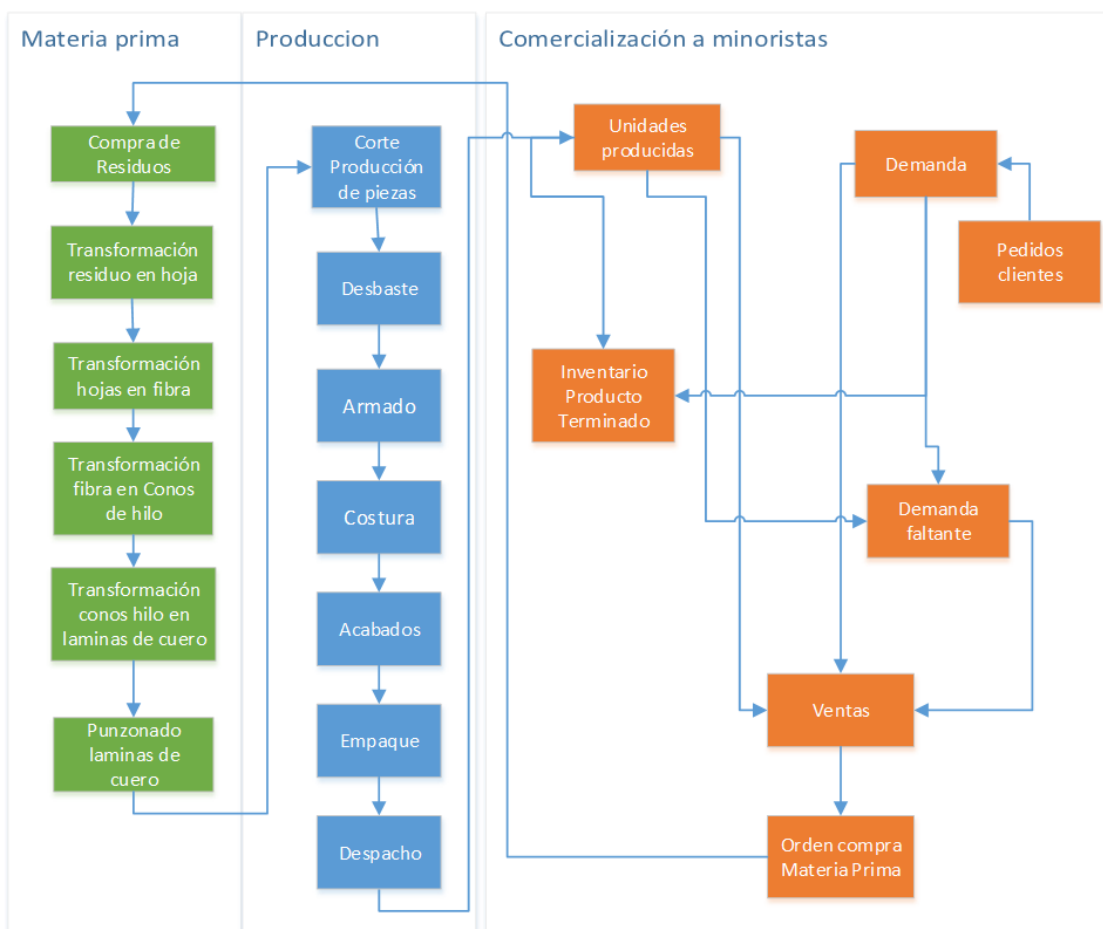


**Nota:** Se presenta las variables que se tendrán en cuenta en el eslabón comercialización a minoristas, las cuales están sujetas a cambio al momento de la elaboración de los prototipos en los lenguajes de Dinámica de Sistemas.

Reproducida de: Variables del eslabón de comercialización a minoristas (Autores,2021).

### ***Interrelación de los eslabones***

La **Figura 15** integra los eslabones de la alternativa de bolso de cuero vegetal (Materia prima, producción, comercialización a minoristas) el propósito es observar las relaciones entre los 3 eslabones.

**Figura 15***Interrelación de los eslabones del modelo*

**Nota:** Se pueden evidenciar los tres eslabones y sus procesos en donde se presenta la interrelación de sus variables, sirviendo como referencia base para el proceso de elaboración del modelo de simulación de este proyecto.

Reproducida de: Interrelación de los eslabones del modelo (Autores,2021).

### ***Procesos, variables y características***

De acuerdo con la propuesta presentada en la **Tabla 14**, fue necesario definir el alcance y delimitar las variables y procesos, por lo cual se describen a continuación aquellas variables las cuales serán referencia en el modelo de simulación de este proyecto, y serán sujetas a cambios o modificadas al momento de elaborar los diferentes prototipos.

**Tabla 14***Procesos y características del modelo*

N°	NOMBRE DE LA VARIABLE	DESCRIPCIÓN
<b>Materia prima</b>		
1	Compra de residuos	Compra de los residuos a los agricultores de piña.
2	Transformación de residuos en hojas	Los residuos agrícolas ingresan como plantas y se cortan las hojas que cumplan con los estándares para el proceso de fibra.
3	Transformación de hojas en fibra	Se realiza el proceso de extracción de fibra a las hojas.
4	Transformación de fibra en conos de hilo	Se realiza el proceso de transformación de fibra a hilos en donde se convierten en conos de hilo.
5	Transformación de conos de hilo en láminas de cuero	Se realiza el proceso de transformación de Conos de Hilo en láminas de cuero
6	Punzonado de láminas de cuero	Las láminas de cuero pasan por el proceso de punzonado.
<b>Producción</b>		
7	Corte y producción de piezas	Cuero vegetal cortado según el diseño, color y medidas del bolso de cuero vegetal. Se produce las piezas de cuero del bolso.
8	Desbaste	Piezas de cuero que se le realiza el proceso de desbaste con el fin de que las piezas no sean ásperas y facilitar su pegado.
9	Pegado	Piezas pegadas según el diseño, color y medidas del bolso.
10	Armado	Piezas pegadas del bolso que se le realiza los últimos acabados.
11	Costura	Costura de las piezas pegadas según el diseño, color y medidas del bolso.
<b>Comercialización a minoristas</b>		
12	Cantidad pedidos de clientes	Unidades pedidas de clientes.

**Tabla 14***Procesos y características del modelo*

N°	NOMBRE DE LA VARIABLE	DESCRIPCIÓN
13	Demanda	Sumatoria de pedidos en un tiempo determinado.
14	Demanda faltante	Demanda que no se pudo satisfacer en el periodo actual, por falta de inventario o de producción y me sirve para pronosticar el orden de producción del próximo periodo.
15	Ventas	Sumatoria de las ventas en un periodo.
16	Orden compra materia prima	Cantidad de materia prima solicitada por órdenes a los proveedores.

*Nota:* Se presentan las variables de los procesos de la propuesta del modelo con su respectiva descripción. Y se procede con la elaboración del modelo según los diferentes lenguajes de la Dinámica de Sistemas  
 Reproducida de: Procesos y características del modelo (Autores,2021)

**Elaboración de los diagramas del modelo de simulación**

A continuación, se desarrollan los prototipos en donde se presenta el modelo de simulación en los lenguajes de la Dinámica de Sistemas para la alternativa bolso de cuero vegetal.

***Prototipo I***

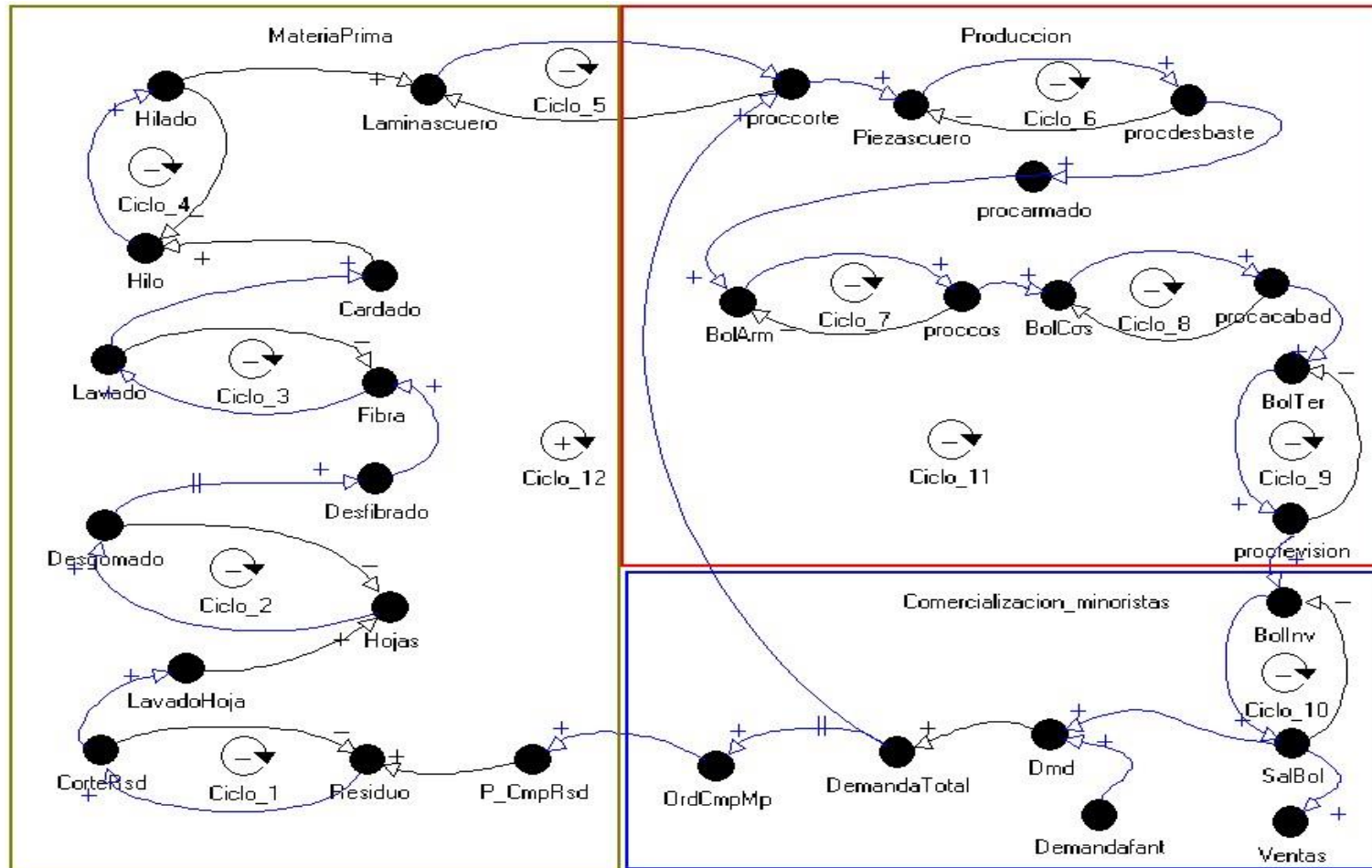
El primer prototipo del modelo de simulación está compuesto por los Lenguajes de: Influencias, Flujo-Nivel, Ecuaciones y Comportamientos.

***Lenguaje de influencias***

A continuación, se presenta el diagrama de influencias del prototipo I elaborado por medio del software Evolución. En el cual se busca representar las diferentes variables del modelo mostrando sus relaciones y los ciclos de realimentación positiva y negativa, de modo cualitativo.

Figura 16

Prototipo I Diagrama de Influencias



**Nota:** Se presentan los eslabones materia prima, producción, y comercialización a minoristas, del diagrama de influencias del prototipo I. Reproducida de: Prototipo I Diagrama de Influencias (Autores,2021).

En la **Figura 16** se pueden evidenciar los ciclos de realimentación desde el 1 al 4 los cuales representan los cambios por los cuales pasa la materia prima. Pasando por los niveles de residuo, hoja, fibra, hilo y lamina de cuero vegetal.

Los ciclos de realimentación desde el 5 al 9 representan los cambios por los cuales pasan las láminas de cuero en el eslabón de producción para convertirse en un producto. Pasando por los niveles de piezas de cuero, bolsos armados, bolsos cocidos y bolsos terminados, llegando al proceso de revisión.

Además, los ciclos de realimentación número 10 y 11 el representan las relaciones por las cuales pasan las piezas de cuero hasta convertirse en bolso terminado, luego la salida del bolso en forma de ventas y este valor junto con la demanda fantasma alimentan la demanda total la cual ayuda a definir la cantidad a producir de corte de piezas en producción y a definir la cantidad para proceder con la orden de compra de materia prima y empezar con el proceso de compra de residuos.

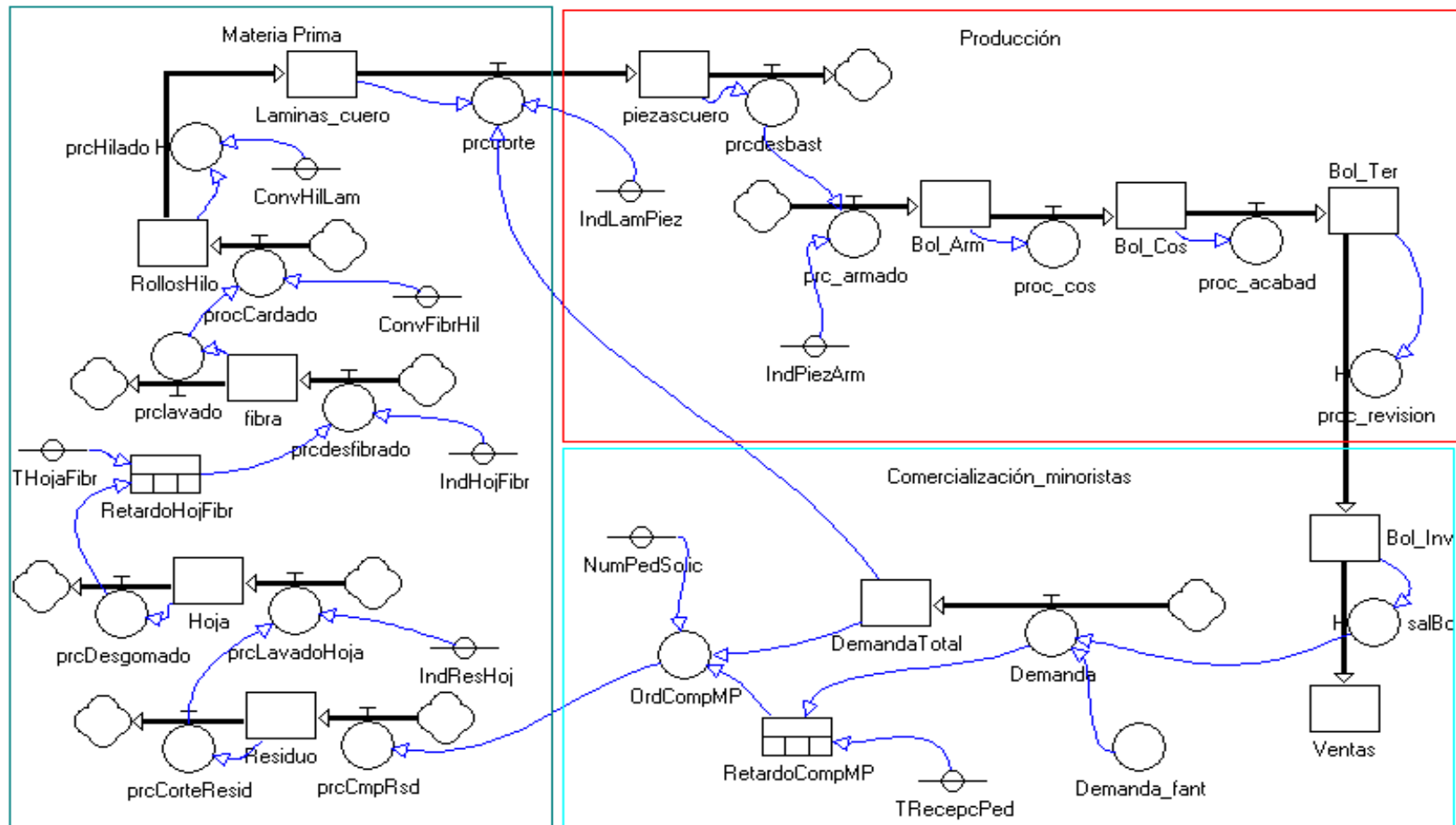
### *Lenguaje de Flujo-Nivel*

El Diagrama de Flujo-Nivel es el puente para el modelo matemático. La transformación del Diagrama de Influencias al Diagrama de Flujo-Nivel partió por identificar los niveles y flujos, parámetros, retardos y variables auxiliares en el modelo propuesto los cuales se establecieron en posiciones similares a como son representados en el Diagrama de Influencias.

Debe resaltarse que la unidad de tiempo del modelo está programada en días. Para más información sobre las variables del Diagrama Flujo y Nivel se invita a ver la **Tabla 15** y **Tabla 16**

Figura 17

Prototipo I Diagrama de Flujo y Nivel



**Nota:** Se presenta el Diagrama de Flujo-Nivel del Prototipo I, donde se puede observar el proceso que se lleva a cabo en cada uno de los sectores del modelo, Reproducida de: Prototipo I Diagrama de Flujo y Nivel (Autores,2021).

En la **Figura 17** se observan cada uno de los eslabones del modelo los cuales son:

- Materia Prima
- Producción
- Comercialización a minoristas.

Desde el eslabón de materia prima con el residuo pasando por diferentes niveles para convertirse en hoja, fibra, fibra cardada, cono textil, y finalmente lámina de cuero

Posteriormente en el eslabón de producción esta lámina de cuero pasa por diferentes procesos como desbaste, costura, acabado, empaque para generar las unidades terminadas que en este caso en particular será un bolso terminado

Por último, en el eslabón de Comercialización a minoristas, los bolsos terminados son enviados a la variable  $salBol$  la cual registra en función de tiempo las unidades vendidas en el modelo y junto a la Demanda. Se realiza el análisis para el cálculo de la demanda total que define el orden de compra de materia prima y la cantidad a producir.

#### *Prototipo I Lenguaje de las Ecuaciones*

El lenguaje de ecuaciones es la representación en fórmulas matemáticas del modelo, el cual se presenta las fórmulas que se tuvieron en cuenta junto con la clasificación de las variables, para poder replicar el modelo y comprobar su veracidad.

A continuación, en la **Tabla 15** en donde se presentan las ecuaciones del prototipo Í.

.

**Tabla 15***Prototipo I -Tabla de ecuaciones*

N°	VARIABLE	DESCRIPCIÓN	DEFINICIÓN	UNIDADES	TIPO
1	Demanda	Unidades pedidas en un periodo de tiempo	$Demanda\_fant * salBol$	unidades	Flujo
2	prc_armado	Proceso de armado y pegado de los bolsos	$prcdesbast / IndPiezArm$	piezas	Flujo
3	prcCmpRsd	Proceso de compra de residuo a los proveedores	OrdCompMP	kg	Flujo
4	prcCorteResid	Proceso de corte de hojas de los residuos	$IF(Residuo > 0, Residuo, 0)$	kg/día	Flujo
5	prcdesbast	Proceso de desbaste de las piezas de cuero	piezascuero	Piezas/día	Flujo
6	prcdesfibrado	Proceso de Desfibrado de las hojas	$RetardoHojFibr * indHojFibr$	kg de hojas/día	Flujo
7	prcDesgomado	Proceso de Desgomado de las hojas	$if(Hoja > 0, Hoja, 0)$	kg de hojas/día	Flujo
8	prcHilado	Proceso de Hilado de los rollos de hilo	$RollosHilo * ConvHilLam$	rollos/día	Flujo
9	prclavado	Proceso de lavado de la Fibra	$if(fibra > 0, fibra, 0)$	kg de fibra/día	Flujo
10	prcLavadoHoja	Proceso de Lavado de las hojas	$prcCorteResid * IndResHoj$	kg de hojas/día	Flujo
11	proc_acabad	Proceso de acabado de los bolsos	Bol_Cos	bolsos/día	Flujo
12	proc_cos	Proceso de costura	Bol_Arm	bolsos/día	Flujo
13	proc_revision	Proceso de revisión de los bolsos	Bol_Term	bolsos/día	Flujo
14	procCardado	Proceso de Cardado de la Fibra	$prclavado * ConvFibrHil$	rollos/día	Flujo
15	salBol	Salida de bolsos	Bol_Inv	bolsos/día	Flujo

**Tabla 15***Prototipo I -Tabla de ecuaciones*

N°	VARIABLE	DESCRIPCIÓN	DEFINICIÓN	UNIDADES	TIPO
16	Bol_Arm	Bolsos en etapa de armazón	0	bolsos	Nivel
17	Bol_Cos	Bolsos en etapa de costura	0	bolsos	Nivel
18	Bol_Inv	Bolsos en inventario final	0	bolsos	Nivel
19	Bol_Ter	Bolsos terminados	0	bolsos	Nivel
20	DemandaTotal	Demanda total en unidades	0	unidades/día	Nivel
21	fibra	Cantidad de fibra	0	kg	Nivel
22	Hoja	Cantidad de hojas en kilogramos para procesar	0	kg	Nivel
23	Laminas_cuero	Láminas de 1m <sup>2</sup> de cuero	0	láminas	Nivel
24	piezascuero	Cantidad de piezas de cuero para su desbaste	0	piezas	Nivel
25	Residuo	Cantidad de residuos en kilogramos	0	kg	Nivel
26	RollosHilo	Rollos de hilo de fibra	0	rollos	Nivel
27	Ventas	Cantidad de unidades vendidas	0	unidades	Nivel

**Nota:** Se presentan las ecuaciones del modelo del prototipo I en donde se clasifican según las variables del modelo, su descripción, definición, clasificación y unidades. Reproducida de: Prototipo I -Tabla de ecuaciones (Autores,2021).

La tabla de parámetros permite observar los tipos de parámetros junto con su descripción, para entender las diferentes variables a continuación se presentan en la **Tabla 16**.

**Tabla 16**

*Prototipo I - Parámetros, variables auxiliares y retardos*

N°	VARIABLE	DESCRIPCIÓN	DEFINICIÓN	UNIDADES	TIPO
1	RetardoCompMP	Retardo del tiempo de recepción de pedidos de clientes	RETARDO (Demanda, TRecepcPed,TRecepcPed,0)	días	Retardo
2	RetardoHojFibr	Retardos del tiempo que tarda la hoja en volverse fibra	RETARDO (prcDesgomado, THojaFibr,THojaFibr,0)	días	Retardo
3	Demanda_fant	Demanda fantasma de la cantidad de bolsos pedidos en el periodo anterior	Random(-0.5,05)	unidad bolso	Auxiliar
4	OrdCompMP	Orden de compra de materia prima	if(OR(T=0,salBol>1)Retardo _1, Demanda*Parametro5,0)	órdenes de compra	Auxiliar
5	ConvFibrHill	Porcentaje de metros de fibra convertidos en metros de hilo	0,99	porcentaje	Parámetro
6	ConvHilLam	Conversión de metros de fibra a metros de hilo	0,3	porcentaje	Parámetro
7	IndHojFibr	Porcentaje de kilogramos de hojas que se convierten en kilogramos fibra	0,03	porcentaje	Parámetro

**Tabla 16***Prototipo I - Parámetros, variables auxiliares y retardos*

N°	VARIABLE	DESCRIPCIÓN	DEFINICIÓN	UNIDADES	TIPO
8	IndLamPiez	Porcentaje de piezas en las que se convierte lamina en un 1m <sup>2</sup> de cuero vegetal	25	porcentaje	Parámetro
9	IndPiezArm	Número de piezas de cuero para el proceso armado en un bolso	5	Piezas/bolso	Parámetro
10	IndResHoj	Porcentaje de kg de residuo que se convierte en kg de hoja	0,51	porcentaje	Parámetro
11	NumPedSolic	Número de pedidos solicitados para el punto de reorden	20	pedidos/Punto de reorden	Parámetro
12	THojaFibr	Tiempo que tarda la hoja en volverse fibra	2	días	Parámetro
13	TRecepcPed	Tiempo de recepción de pedidos de clientes	3	días	Parámetro

**Nota:** Se presentan los Parámetros, variables auxiliares y retardos del prototipo I. En donde se clasifican según el tipo de variable, su descripción, definición y unidades. Reproducida de: Prototipo I - Parámetros, variables auxiliares y retardos (Autores,2021).

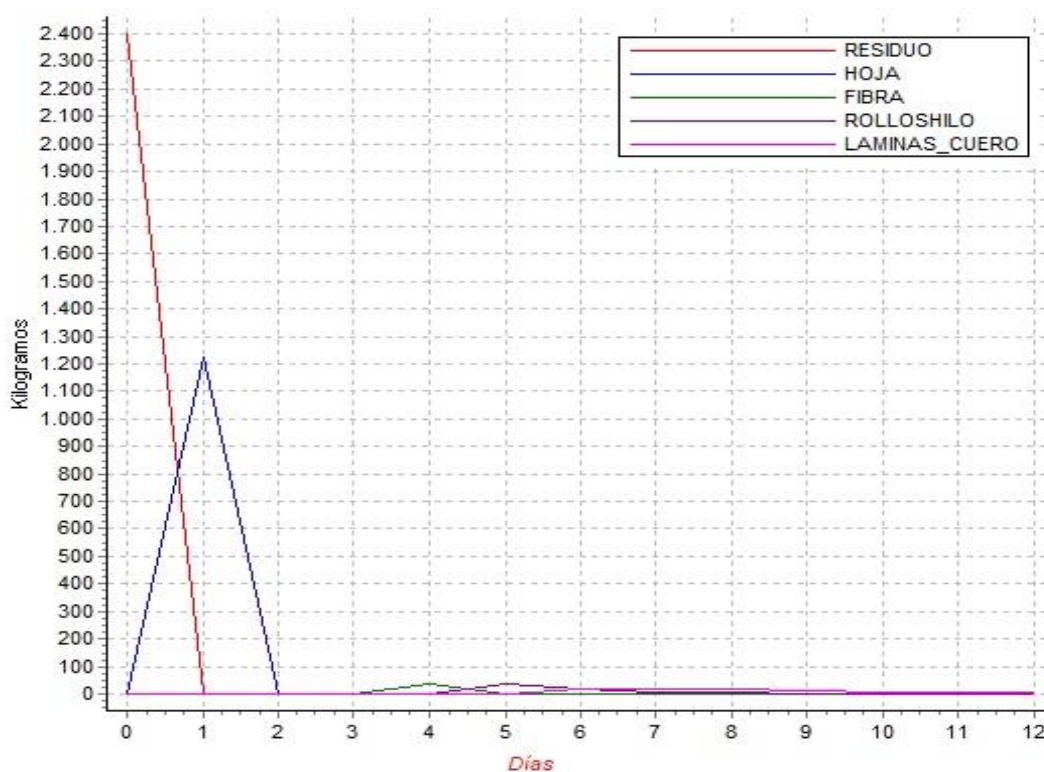
Posterior al lenguaje de ecuaciones, el cual sirve para elaborar el modelo de Dinámica de Sistemas en el software Evolución, se procede con el análisis de los comportamientos del modelo el cual se presenta a continuación.

### Lenguaje de los Comportamientos

En la **Figura 18** se representa la simulación del prototipo I, se presenta el comportamiento del eslabón de materia prima y sus procesos desde el residuo hasta las láminas de cuero. Se puede observar la cantidad de desperdicios que se separan en cada transformación. En este escenario, se ingresan 2400kg de residuos que se convierten en 1224kg de hoja. Esta cantidad de hoja en su transformación a fibra es notable el alto nivel de desperdicio porque cambia a 36,72kg de fibra y finaliza en 35,64kg de láminas de cuero. En total, se identificó que son 2364,36kg de desperdicios que quedan desde los procesos de Residuo hasta Lámina de cuero.

**Figura 18**

#### Prototipo I Comportamientos



**Nota:** Son presentados los comportamientos de Prototipo I el cual fue de carácter fundamental para poder identificar los procesos y sus relaciones, los cuales fueron base para el Prototipo II Reproducida de: Prototipo I Comportamientos (Autores,2021).

El prototipo I, se desarrolla con el objetivo de representar los procesos en el modelo de simulación, sin embargo, es necesario depurar y mejorar el modelo al realizar un siguiente prototipo, a continuación, es presentado el Prototipo II.

### ***Prototipo II***

Para el prototipo II se modificaron y mejoraron diferentes aspectos, en cada uno de los lenguajes de la Dinámica de Sistemas, los cuales se presentan a continuación.

#### *Lenguaje de influencias*

Para el lenguaje de influencias se tuvo en cuenta el diagrama del prototipo I presentado en la **Figura 16**

*Prototipo I Diagrama de Influencias.*

En el Diagrama, los diferentes elementos están interrelacionados y también se observa los ciclos de realimentación positivos y negativos, indicando que el modelo es dinámico. Se identificaron 17 ciclos entre los cuales 3 ciclos son reforzados y 14 ciclos son balanceados. Se resaltan los elementos color azul como elementos de retardos y el elemento de color rojo como el generador de pedidos aleatorios.

En la **Figura 19** se presenta los eslabones materia prima, producción, y comercialización, primero se aborda a nivel general y se procede a especificar cada eslabón con sus respectivos ciclos de realimentación.



En la **Figura 19** se hicieron modificaciones agregando los elementos escarmenados, fibra cardada pesaje de la fibra, cono textil, repartir conos, telares y punzonado de láminas.

En los ciclos de realimentación desde el 7 al 10 representan los cambios por los cuales pasan las láminas de cuero en el eslabón de producción para convertirse en un bolso terminado. Pasando por los niveles de piezas de cuero, bolsos armados, bolsos cocidos y bolsos terminados, llegando al proceso de revisión.

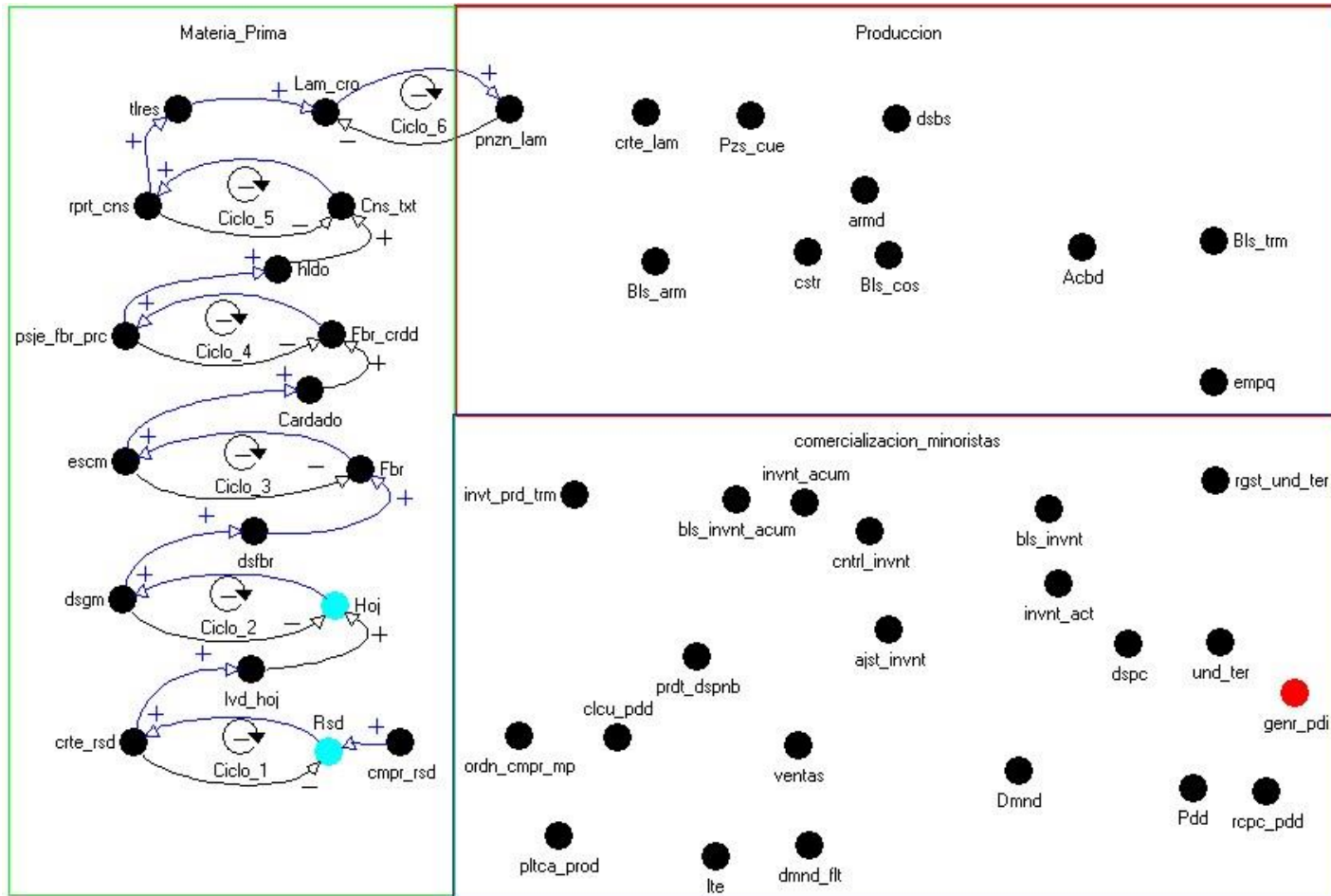
En donde se realizaron modificaciones fue en el elemento de revisión por empaque de bolsos.

En, los ciclos de realimentación número 11 y 17 representan las relaciones por las cuales pasan los Bolsos terminados para ser comercializados.

Se agregaron los siguientes elementos: Registro de unidades terminadas, unidades terminadas, despacho, inventario actual, bolso en inventario, control en inventario, inventario acumulado, bolso en inventario acumulado, inventario de producto terminado, generación de pedido, ajuste de inventario, ventas, producto disponible, lote, política de producción, cálculo de pedido y la demanda fantasma fue cambiada por el elemento demanda faltante,

**Figura 20**

*Prototipo II Eslabón Materia Prima*



**Nota:** Se pueden evidenciar los ciclos de realimentación desde el 1 al 6 los cuales representan los cambios por los cuales pasa la materia prima. Pasando por los niveles de residuo, hoja, fibra, fibra cardada, cono textil y lámina de cuero. Reproducida de: Prototipo II Eslabón Materia Prima (Autores,2021).

En la **Figura 20** El ciclo 1 comienza con el proceso de compra del residuo, el cual aporta el residuo, posterior pasa al proceso de corte en donde indica que, a mayor residuo en corte, menor residuo se tiene, en el proceso anterior. Una vez terminado el proceso de corte se dirige al proceso de lavado de hojas el cual como resultado va a generar las hojas limpias, las cuales pasan al proceso de desgomado.

El ciclo 2 indica que, a mayores hojas en desgomado, menor material quedará sin desgomar, siguiendo al proceso de desfibrado en donde se saca la fibra de las hojas, en el ciclo 3 la fibra se dirige al proceso de escarmenado a mayor fibra en este proceso menor fibra nos queda, de ahí va al proceso de cardado en donde la fibra se convierte en fibra cardada el cual va al proceso de pesaje de la fibra este se realiza en canecas.

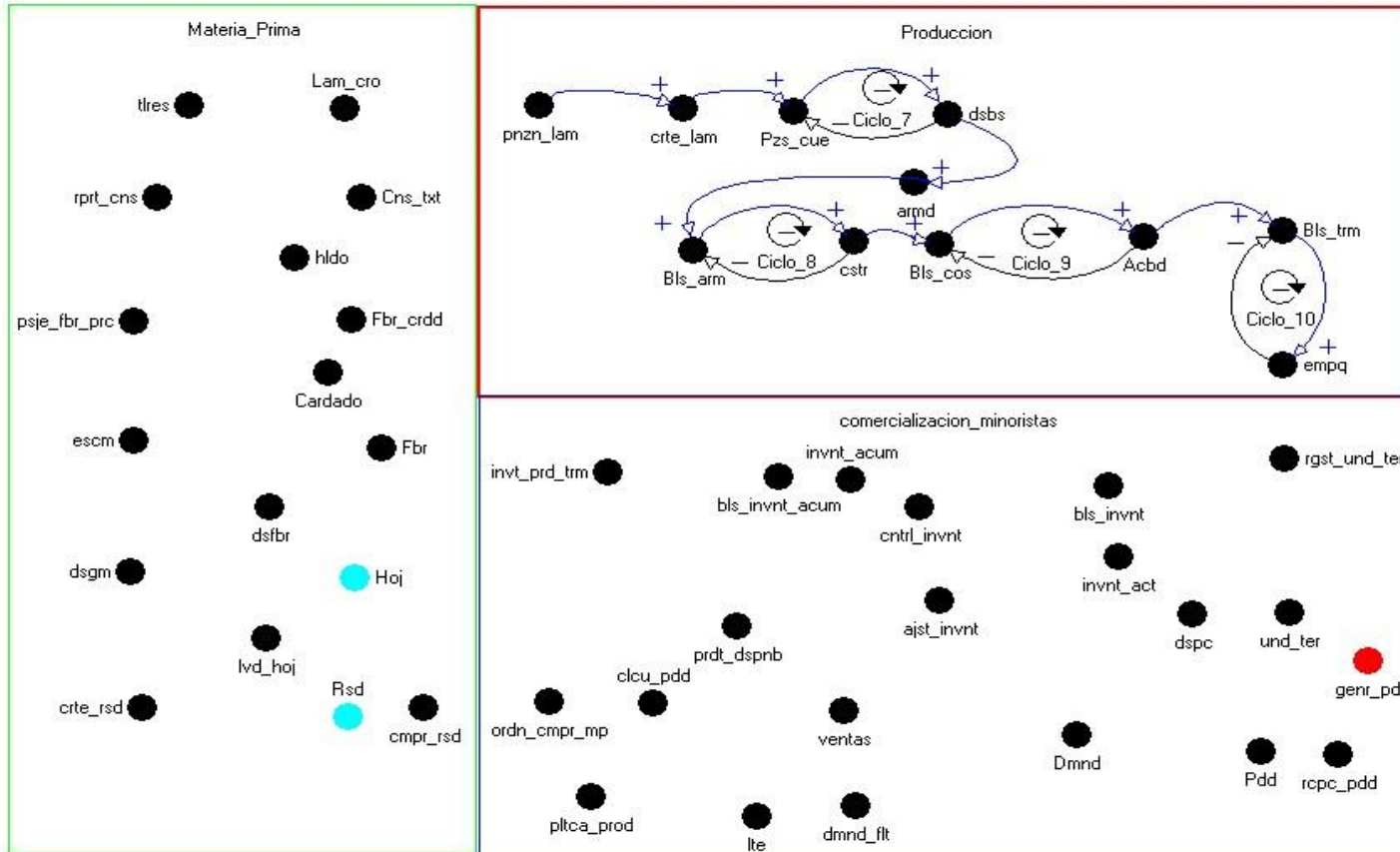
En el ciclo 4 a mayor fibra cardada en este proceso, menor fibra cardada queda, estas canecas con fibra cardada pasan al proceso de hilado en donde salen conos textiles, lo cuales son necesarios repartir en las máquinas.

En el ciclo 5 indica que a mayor conos repartidos menos conos tendré, luego estos conos son llevados a telares en donde se convierten en láminas de cuero y finalmente en el ciclo 6 entre más laminas entren al proceso de punzonado de láminas menos láminas de cuero quedarán.

El segundo eslabón que se va a describir es el eslabón de Producción el cual está conformado por los procesos para la fabricación de bolsos de cuero vegetal.

**Figura 21**

*Prototipo II Eslabón de Producción*



**Nota:** Se pueden evidenciar los ciclos de realimentación desde el 7 al 10 los cuales representan los cambios por los cuales pasan las láminas de cuero en el eslabón de producción para convertirse en un bolso terminado. Pasando por los niveles de piezas de cuero, bolsos armados, bolsos cocidos y bolsos terminados Reproducida de: Prototipo II Eslabón de Producción (Autores,2021).

En la **Figura 21** una vez finalizado el punzonado de las láminas se dirigen a corte de láminas en donde se cortan en piezas de cuero en el ciclo 7 se evidencia que a mayor cantidad de piezas de cuero desbastadas menor cantidad de piezas se tendrá sin desbastar, estas piezas son dirigidas al proceso de armado, en donde se convierten en bolsos armados no terminados, en el ciclo 8 estos bolsos pasan al proceso de costura en donde a mayor cantidad de bolsos en este proceso menor cantidad de bolsos no terminados sin cocer habrán.

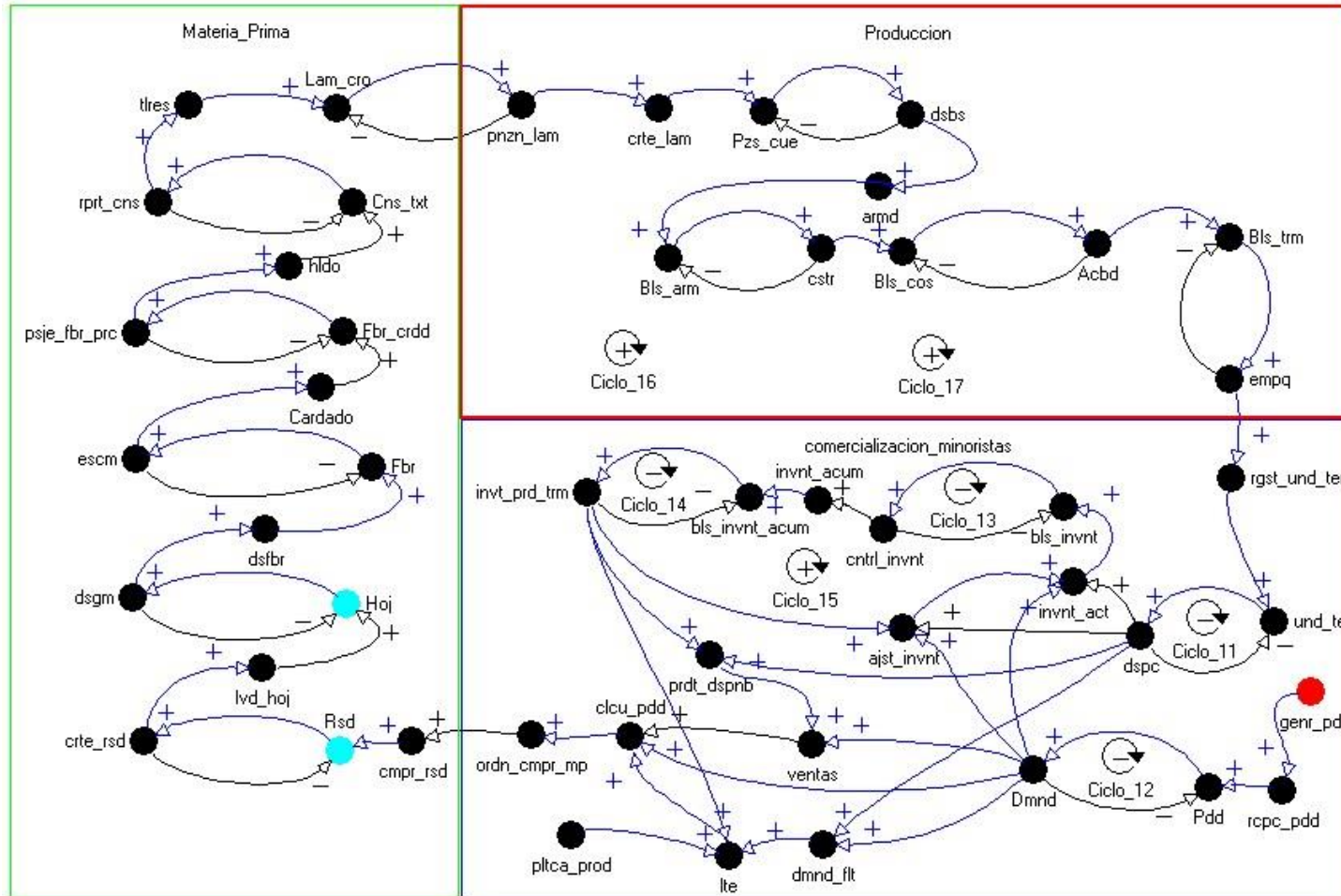
En el ciclo 9 los bolsos en costura no terminados pasan al proceso de acabados en donde a mayor cantidad de bolso no terminados en acabados menor cantidad de bolsos no terminados quedan por pasar este proceso, de ahí se convierten en bolsos terminados.

Y finalmente, en el ciclo 10 a mayor cantidad de bolsos terminados en el proceso de empaque, menor cantidad de bolsos terminados sin empacar.

En el prototipo II al diagrama de influencias se mejoró la representación del eslabón de comercialización a minoristas el cual se muestran a continuación sus diferentes ciclos.

**Figura 22**

*Prototipo II Eslabón de comercialización a minoristas*



**Nota:** Se pueden evidenciar los ciclos desde el 11 al 17. Reproducida de Prototipo II Eslabón de comercialización a minoristas (Autores,2021)

En la **Figura 22** cuando las unidades salen de empaque llegan al registro de unidades terminadas y salen unidades terminadas las cuales en el ciclo 11 llegan a despacho y a mayor cantidad de unidades terminadas en despacho menor cantidad se queda por despachar.

En el ciclo 12 la generación de pedidos llega a recepción de pedidos y como salida son pedidos, los cuales llegan a demanda y a mayor cantidad de pedidos acumulados en demanda menor cantidad me queda por pasar.

En el ciclo 13 una vez salen las unidades de despacho pasan a inventario actual, en donde se denominan bolsos en inventario y a mayor cantidad de bolsos en inventario en control de inventario menor cantidad se queda por pasar a este proceso. Se dirigen a inventario acumulado y se denominan bolsos en inventario acumulado y en el ciclo 14 a mayor cantidad que pasa a inventario de producto terminado menor cantidad permanece para pasar.

El ciclo 15 las unidades que salen de inventario de producto terminado se dirigen a ajuste de inventario y de ahí se recalcula para pasar a inventario actual, luego a bolso en inventario y regresando a los procesos para llegar de nuevo al inventario de producto terminado.

El ciclo 16 y el ciclo 17 comienzan desde la compra de residuos pasando por los procesos del eslabón de materia prima junto con los procesos del eslabón de producción llegando a despacho, el ciclo 16 una vez en despacho pasa por ciclos 13 y 14 en donde una vez llega a inventario de producto terminado pasa a producto disponible, este pasa a ventas, luego a cálculo de pedido y finaliza con orden de compra de materia prima.

Mientras el ciclo 17, se dirige a demanda faltante en donde junto a la demanda van al lote, luego se dirige a cálculo de pedido y finaliza con orden de compra de materia prima.

### *Lenguaje de Flujo-Nivel*

El modelo en el lenguaje de Flujo-Nivel del prototipo II está compuesto por diferentes tipos de elementos como se evidencian en la **Tabla 17**.

**Tabla 17**

*Prototipo II - Elementos del modelo de simulación*

TIPO DE ELEMENTO	CANTIDAD
Ciclos de Realimentación	16
Niveles	14
Flujos	26
Relaciones	61
Parámetros	13
Variables Auxiliares	8
Retardos	3
Clones	1
Sectores	3
Total	65

*Nota:* Se presentan los elementos del modelo de simulación del Prototipo II el cual cuenta con un total de 65 elementos en el sistema. Para más información sobre los elementos se sugiere al lector ir a la sección de Dinámica de Sistemas de los fundamentos teóricos del presente trabajo (ver 5.1.1). Reproducida de Prototipo II - Elementos del modelo de simulación (Autores,2021).

A continuación, se presenta en la **Figura 23** se presenta el Diagrama de Flujo-Nivel Prototipo II.



En la **Figura 23** Los flujos del modelo inician con los residuos ingresando al eslabón de Materia Prima a partir de *cmpr\_rsd* y son enviados en los diferentes procesos en función del tiempo los cuales son *crte\_rsd*, *lvdo\_hoj*, *dsgm*, *dsbr*, *escm*, *crdd*, *psje\_fbr\_prc*, *hldo*, *rport\_cns*, *tlres*, *pnzn\_lam*, para el eslabón de Materia Prima y finaliza con las láminas de cuero.

Para el eslabón de producción, las láminas de cuero ingresan y son enviados en los diferentes flujos los cuales son *crte\_lam*, *dsbs*, *arnd*, *cstr*, *acbd* y *empq*. Se van transformando en función del tiempo. Después del último flujo, resultan los bolsos terminados a base de cuero vegetal.

Los bolsos ingresan al eslabón de comercialización a minoristas los cuales son *rgst\_und\_ter*, *dspc*, *invnt\_act*, *cntrl\_invnt*, *invnt\_acum*, *invnt\_prd\_trm*, *repc\_pdd* y *dmnd* para su comercialización y venta. Estas unidades están de acuerdo con el tiempo definido para su despacho y venta por el modelo, en el que se acumula en un periodo de tiempo a causa de que se tiene en cuenta los tiempos de producción que conllevan la elaboración de los bolsos.

En el eslabón de comercialización también se encuentran las variables auxiliares de *ajst\_invnt*, *prdcto\_dispnb*, *dmnd\_flt*, *vnts*, *lte*, *clcu\_pdd*, *invnt\_prd\_trm*, y *ordn\_cmpr\_mp*. Estos elementos tienen como función en que se calcule los pedidos, despacho de lo producido, ventas, demanda faltante, inventario y órdenes de materia prima en el modelo, los parámetros que son los siguientes: *cntd\_rsd\_ord*, *tmp\_rsd\_hoj*, *tmp\_ord\_rsd*, *cnv\_rsd\_hoj*, *tmp\_hoj\_fbr*, *cnv\_hoj\_fbr*, *cnvr\_fbr\_hil*, *cnvr\_hil\_cno*, *cnv\_lam*, *cnve\_lam\_pzs*, *cnve\_pzs\_bls*, *tmpo\_rcp\_prd*, *TRPed*, *genr\_pdi* y *pltca\_prod*.

A partir de las órdenes de materia prima, se ingresan nuevamente los residuos en el eslabón de Materia Prima y de esta manera, el sistema inicia su siguiente iteración en el que ejecuta nuevamente la secuencia de pasos expuestas anteriormente.

### *Lenguaje de Ecuaciones*

Son presentados los elementos del modelo, en contraste con el lenguaje de ecuaciones del prototipo I, estas variables fueron depuradas, modificadas o no se realizaron cambios.

**Tabla 18***Prototipo II - Ecuaciones*

N°	VARIABLE	DESCRIPCIÓN	DEFINICIÓN	UNIDADES	TIPO	ESTADO
1	acbd	Proceso de acabado de los bolsos	Bls_cos	Bolso no terminado	Flujo	Sin cambios
2	armd	Proceso de armado de los bolsos	round(dsbs)	Bolso no terminado	Flujo	Sin cambios
3	cmpr_rsd	Proceso de compra de residuo	if((rtd_ord_rsd*cntd_rsd_or d)>0,(rtd_ord_rsd*cntd_rsd _ord),0)	Kg de residuo	Flujo	Sin cambios
4	cntrl_invnt	Control y almacenamiento del inventario del periodo	bls_invnt	Bolsos terminados	Flujo	Modificado
5	crdd	Proceso de cardado de la fibra	escm	kg de fibra	Flujo	Modificado
6	crte_lam	Proceso de corte de la lámina en piezas	pnzn_lam*Cnve_lam_piez	Láminas de cuero cortada en piezas	Flujo	Sin cambios
7	crte_rsd	Proceso de corte de hojas de los residuos	rtd_rsd_hoj	Kg de hoja	Flujo	Sin cambios
8	cstr	Proceso de costura de los bolsos	Bls_arm	Bolsos no terminado	Flujo	Sin cambios
9	Dmnd	recolección de pedidos de clientes de acuerdo a un tiempo determinado	IF(MOD(T,TRPed)=0,Pdd, 0)	Pedidos de clientes/tiempo	Flujo	Modificado
10	dsbs	Proceso de desbaste de las piezas de cuero	Pzs_cue	Piezas de cuero	Flujo	Modificado

**Tabla 18***Prototipo II - Ecuaciones*

N°	VARIABLE	DESCRIPCIÓN	DEFINICIÓN	UNIDADES	TIPO	ESTADO
11	dsfbr	Proceso de desfibrado de las hojas	$\text{round}(\text{dsgm} * \text{cnv\_hoj\_fbr})$	Kg de hoja	Flujo	Sin cambios
12	dsgm	Proceso de desgomado de las hojas	$\text{rtd\_hoj\_fbr}$	Kg de hoja	Flujo	Sin cambios
13	dspc	Proceso de acumulación de unidades terminadas en despacho para su venta.	$\text{IF}(\text{MOD}(\text{T}, \text{tmpo\_rcp\_prd}) = 0, \text{Und\_ter}, 0)$	bolsos despachados	Flujo	Modificado
14	empq	Proceso de empaque de los bolsos	$\text{Bls\_trm}$	Bolso terminado	Flujo	Modificado
15	escm	Proceso de escarmenado de la fibra	$\text{Fbr}$	kg de fibra	Flujo	Modificado
16	hldo	Proceso de hilado en donde la fibra cardada se convierte en conos de hilo	$\text{round}((\text{psje\_fbr\_prc} * \text{cnvr\_fbr\_hil}) / \text{cnvr\_hil\_cno})$	cono/kg	Flujo	Modificado
17	invnt_ac	Calculo del Inventario del periodo actual	$\text{abs}(\text{IF}(\text{ajst\_invnt} > \text{dspc} - \text{Dmnd}, \text{ajst\_invnt}, \text{dspc} - \text{Dmnd}))$	Bolso terminado	Flujo	Modificado
18	invnt_prd_trm	Proceso de acumulación de bolsos del inventario de producto terminado para su salida en el siguiente periodo.	$\text{IF}(\text{MOD}(\text{T}, \text{tmpo\_rcp\_prd}) = 0, \text{bls\_invnt\_acum}, 0)$	Bolso terminado	Flujo	Modificado

**Tabla 18***Prototipo II - Ecuaciones*

N°	VARIABLE	DESCRIPCIÓN	DEFINICIÓN	UNIDADES	TIPO	ESTADO
19	lvd_hoj	Proceso de lavado de las hojas cortadas	$\text{if}(\text{crte\_rsd} * \text{cnv\_rsd\_hoj} > 0, \text{crte\_rsd} * \text{cnv\_rsd\_hoj}, 0)$	Kg hojas	Flujo	Sin cambios
20	pnzn_lam	Proceso de punzonado de las láminas de cuero	Lam_cro	Láminas de cuero	Flujo	Modificado
21	psje_fbr_prc	Proceso de pesaje las canecas de fibra cardada	Fbr_crdd	kg	Flujo	Sin cambios
22	rcpc_pdd	Proceso de recepción de pedidos de cada día al modelo	genr_pdi	pedidos recibidos/día	Flujo	Modificado
23	rgst_und_ter	Proceso de registro de unidades terminadas	empq	Bolsos terminados.	Flujo	Modificado
24	rprr_cns	Instalación de conos de hilo hacia telares	Cns_txt	conos de hilo	Flujo	Modificado
25	tlres	Proceso de telado de los conos de hilo que se convierten en una lámina de cuero vegetal de un m <sup>2</sup>	$\text{round}(\text{rprr\_cns} * \text{cnv\_lam})$	m <sup>2</sup> /cono	Flujo	Modificado
26	Bls_arm	Bolsos en etapa de Armazon	0	Bolso no terminado	Nivel	Sin cambios
27	Bls_cos	Cantidad de bolsos en etapa de Costura	0	Bolso no terminado	Nivel	Sin cambios
28	Bls_invnt_acum	Inventario de producto terminado para el siguiente periodo	0	Bolso terminado	Nivel	Modificado

**Tabla 18***Prototipo II - Ecuaciones*

N°	VARIABLE	DESCRIPCIÓN	DEFINICIÓN	UNIDADES	TIPO	ESTADO
29	Bls_trm	Cantidad de bolsos terminados	0	Bolso terminado	Nivel	Sin cambios
30	Cns_txt	Un cono de hilo equivale a 1m <sup>2</sup> de cuero de piña	0	Conos de hilo	Nivel	Modificado
31	Fbr	Cantidad de kg de fibra	0	Kg de fibra	Nivel	Sin cambios
32	Fbr_crdd	Cantidad de kg de fibra cardada	0	Kg de fibra cardada	Nivel	Sin cambios
33	Hoj	Cantidad de hojas para el proceso de transformación a fibra	0	Kg de hojas	Nivel	Sin cambios
34	Lam_cro	Cantidad de láminas de cuero	0	Láminas de cuero	Nivel	Sin cambios
35	Pdd	Cantidad de pedidos diarios	0	pedidos/día	Nivel	Modificado
36	Bls_pzs	Cantidad de piezas de cuero por bolso de las láminas para su desbaste	0	Lamina en Piezas de cuero	Nivel	Sin cambios
37	Rsd	Cantidad de residuo en plantas	0	Kg de residuo	Nivel	Sin cambios
38	Und_ter	Bolsos terminados	0	Bolso terminado	Nivel	Modificado

**Nota:** Se presentan los flujos y niveles del Prototipo II. Se encuentra el nombre de las variables, descripciones, definiciones, unidades y el estado de las variables si no tiene cambios del prototipo I o fueron modificadas para el prototipo II. Reproducida de: Prototipo II - Ecuaciones (Autores,2021).

**Tabla 18***Prototipo II - Ecuaciones*

N°	VARIABLE	DESCRIPCIÓN	DEFINICIÓN	UNIDADES	TIPO	ESTADO
----	----------	-------------	------------	----------	------	--------

La **Tabla 18** presenta las variables de flujo y nivel junto con su descripción, las cuales se tuvieron en cuenta para la elaboración del Prototipo II en el software Evolución.

**Tabla 19***Prototipo II - Parámetros, retardos y variables auxiliares*

N°	VARIABLE	DESCRIPCIÓN	DEFINICIÓN	UNIDADES	TIPO	ESTADO
1	rtd_hoj_fbr	Retardo del proceso de transformación de las hojas a fibra	RETARDO(lvd_hoj,tmp_hoj_fbr,tmp_hoj_fbr,0)	días	Retardo	Sin cambios
2	rtd_rsd_hoj	Retardo del proceso de transformación de los residuos a hojas	RETARDO(cmpr_rsd,tmp_rsd_hoj,tmp_rsd_hoj,0)	días	Retardo	Modificado
3	rtd_ord_rsd	Retardo del proceso de orden de compra de mp a compra de residuos	RETARDO(ordn_cmpr_mp,tmp_ord_rsd,tmp_ord_rsd,0)	días	Retardo	Modificado
4	ajst_invnt	El resultante entre el despacho del periodo actual , inventario de	IF((dspc+invnt_prd_trm)>Dmnd,(dspc+invnt_prd_trm)-Dmnd,0)	Bolsos terminados	Auxiliar	Modificado

**Tabla 18***Prototipo II - Ecuaciones*

N°	VARIABLE	DESCRIPCIÓN	DEFINICIÓN	UNIDADES	TIPO	ESTADO
5	clcu_pdd	producto terminado y la demanda del periodo actual Cálculo del orden de materia prima en función de las ventas o el ajuste del lote de pedido	(IF(MOD(T,tmpo_rcp_prd)=0,if(vnts<=lte,vnts+(Dmnd-vnts),if(vnts>lte,lte,0)),0)	Pedidos	Auxiliar	Modificado
6	dmnfflt	Diferencia entre la demanda y lo producido en el periodo actual, indica la demanda que no fue satisfecha.	abs(If(dspc<Dmnd,Dmnd-dspc,0))	Unidades pendientes	Auxiliar	Modificado
7	genr_pdi	Generación de pedidos aleatorios	ROUND(RANDOM(1,10))	Unidades pedidas/día	Auxiliar	Modificado
8	prdcto_dispnb	Producto disponible	invnt_prd_trm+dspc	Bolsos	Auxiliar	Modificado
9	ordn_cmpr_m p	Cantidad de órdenes de compra de materia prima solicitadas	IF(clcu_pdd>0,clcu_pdd,0)	Orden de compra de MP	Auxiliar	Sin, cambios
10	vnts	Ventas de bolsos	if(prdcto_dispnb>0,MIN(prdcto_dispnb,Dmnd),0)	Bolsos terminados	Auxiliar	Modificado
11	cntd_rsd_ord	Cantidad de kilogramos de residuos se compran por orden de compra de materia prima	177.24	kg/ordendeco mpamp	Parámetro	Modificado

**Tabla 18***Prototipo II - Ecuaciones*

N°	VARIABLE	DESCRIPCIÓN	DEFINICIÓN	UNIDADES	TIPO	ESTADO
12	cnv_hil_cno	Por cada cono textil que pesa 5.10kg equivale a 1m <sup>2</sup> de lámina de cuero	5.10	kg	Parámetro	Modificado
13	cnv_hoj_fbr	Porcentaje de kg hojas que se transforman en kg de fibra	0.0588	%	Parámetro	Sin cambios
14	cnv_lam	Conversión de conos de hilo que se convierten en láminas de cuero. En este caso se define que por cada cono de hilo textil es igual a una lámina de un m <sup>2</sup> de cuero vegetal	1	lámina de cuero/conode hilotextil	Parámetro	Modificado
15	cnv_rsd_hoj	Porcentaje de kg de residuo que se convierte en kg de hoja	0.56	%	Parámetro	Sin cambios
16	cnve_lam_piez	Porcentaje de la lámina de 1m <sup>2</sup> de cuero vegetal que queda de la lámina después del proceso de corte	0.92	%	Parámetro	Sin cambios
17	Conve_pzs_bols	Conversión de conjunto de piezas en un bolso a bolso	1	conj.piezas en unbolso/bolsos	Parámetro	Modificado
18	cnvr_fbr_hil	Porcentaje de metros de fibra convertidos en metros hilo	0.95	%	Parámetro	Modificado

**Tabla 18***Prototipo II - Ecuaciones*

N°	VARIABLE	DESCRIPCIÓN	DEFINICIÓN	UNIDADES	TIPO	ESTADO
19	pltca_prod	Política de producción de la cantidad mínima de bolsos a producir	75%	Bolsos a producir	Parámetro	Modificado
20	tmp_hoj_fbr	Tiempo en días que tarda la hoja en transformarse en fibra	3	días	Parámetro	Sin cambios
21	tmp_rsd_hoj	Tiempo en días que dura el proceso de transformación de residuo a hoja	2	días	Parámetro	Modificado
22	tmp_rcp_prd	Cantidad de días que se recolecta los bolsos de producto terminado para su venta o inventario	20	días	Parámetro	Modificado
23	tmp_ord_rsd	Cantidad de días que se realiza la compra de la materia prima	5	días	Parámetro	Modificado
24	TRPed	Cantidad de días que se recolecta el número de pedidos de demanda	20	días	Parámetro	Modificado

**Nota:** Es presentada la tabla de los retardos, variables auxiliares y parámetros del Prototipo II. Se encuentra el nombre de las variables, descripciones, definiciones, unidades y el estado de las variables si no tiene cambios del prototipo I o fueron modificadas para el prototipo II. Reproducida de: Prototipo II - Parámetros, retardos y variables auxiliares (Autores,2021)

La **Tabla 19** presenta los parámetros del prototipo II junto con su descripción, las cuales se tuvieron en cuenta para el desarrollo del prototipo II.

***Modos de referencia para la alternativa modelada del prototipo II***

A partir de los estudios mencionados en la sección anterior (ver 0) fue elegido el bolso de cuero vegetal como la modalidad a modelar. Para el prototipo II, los eslabones de materia prima, producción y comercialización a minoristas están presentes elementos sensibles los cuales se deben establecer para dar certeza durante la construcción del modelo y la definición de los escenarios. En la **Tabla 21** son presentados estos parámetros con su respectiva formalización. En primer lugar, se realizó una delimitación de la planta de la piña (ver **Tabla 20**) en donde proviene los residuos agrícolas a fin de definir los parámetros del modelo de simulación y su Prototipo II por medio de estos valores.

**Tabla 20***Delimitación de la planta de la piña en el modelo de simulación propuesto*

PARÁMETROS	VALOR	UNIDAD
Peso promedio del fruto	2,5	kg
Porcentaje del fruto por cada planta	15%	%
Porcentaje de planta sin fruto	85%	%
Porcentaje de planta con fruto	100%	%
Peso promedio de la planta con fruto	16,67	kg
Peso promedio de la planta sin fruto(residuos)	14,77	kg
Peso promedio de cada hoja en una planta	0,2	kg
Hojas promedio que tiene una planta	40	hojas
Peso promedio total de las hojas en una planta	8	kg
Diferencia entre el peso promedio de una planta sin fruto y el peso promedio total de las hojas en una planta (tallos, gallos, clavos y raíces)	6,17	kg
Cantidad de hojas promedio que se requieren para un m <sup>2</sup> de cuero vegetal	480	hojas
Cantidad promedio de plantas (sin fruto) requeridas para generar un m <sup>2</sup> de cuero vegetal	12	plantas
Promedio de kilogramos de residuos requeridos para un m <sup>2</sup> de cuero vegetal.	177,24	kg
Porcentaje del peso promedio de las hojas con respecto a la planta de piña sin fruto	56%	%

**Nota:** Se presenta la delimitación de la planta de la piña con su descripción, valor y unidad para el modelo de simulación. Se definió el peso promedio de las diferentes partes de la planta, el número de hojas promedio en una planta y la cantidad promedio de plantas y kilogramos para un m<sup>2</sup> de cuero vegetal. Reproducida de: Delimitación de la planta de la piña en el modelo de simulación propuesto (Autores,2021).

En el modelo propuesto, se definió el peso del fruto de la planta de la piña en 2,5kg como se puede apreciar en la **Tabla 20**. Según Loría (2016) "La masa foliar puede representar el 85% del peso total de la planta". Se debe resaltar que son varios factores los que influyen en el crecimiento, peso y rendimiento de una planta como lo son la especie, temperatura, precipitación pluvial, altitud, suelo, fertilizante entre otros. En el modelo de simulación no se tuvieron en cuenta y se hace la recomendación para próximas versiones.

Teniendo en cuenta la anterior afirmación, se calcula para el modelo el peso promedio de la planta con fruto en 16,67 kg y sin fruto, en este caso los residuos agrícolas de relevancia en el estudio en 14,77kg.

También se definió en el modelo que cada planta en promedio dispone de 40 hojas y su peso promedio en 0,2kg basado en Castillo (2019) y Acosta et al. (2019) A partir de estos datos, el peso promedio total de las hojas en una planta de piña son 8kg y el peso promedio total de los tallos, gallos, clavos y raíces en una planta son de 6,17kg.

A partir de los valores anteriores, se calcula que se requieren de un promedio de 177,24kg de residuos para un m<sup>2</sup> de cuero vegetal y son necesarias en promedio 12 plantas (sin fruto).

A partir de esta delimitación se realizó la **Tabla 19** de retardos, auxiliares y parámetros expuesta anteriormente.

Para más información sobre los valores de los parámetros con su conceptualización, y fuentes, se sugiere al lector dirigirse a la **Tabla 21**.

Para la producción de cuero vegetal en el eslabón de Materia Prima se requiere de 10 operarios. Basado en Chaparro et al. (2017). Para una empresa de producción de bolsos de cuero vegetal, se requieren de 7 operarios para producir 5 bolsos/día Barajas & Lozano (2013).

### *Lenguaje de los comportamientos*

A continuación, se presentan los comportamientos de la simulación del Prototipo II de los eslabones del modelo, Materia Prima, Producción y Comercialización a minoristas a través del programa Evolución, los cuales evidencian en graficas las comparaciones entre los cambios de variable durante los procesos más representativos de cada eslabón.

La unidad de tiempo es en días y el horizonte de tiempo se realizó para un trimestre (90 días).

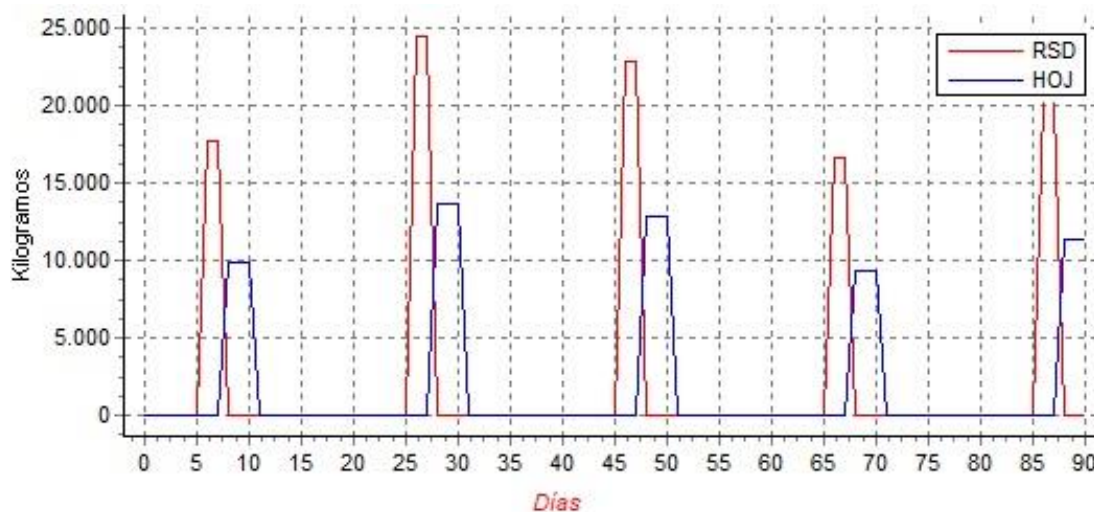
#### **Eslabón de Materia Prima**

Cabe resaltar en los comportamientos de Materia Prima van variando en función de las órdenes de compra de materia prima.

En la **Figura 24**, se presenta la gráfica de los comportamientos de la transformación de Fibra (RSD) a Hoja (HOJ) por medio del programa Evolución.

**Figura 24**

*Prototipo II Comportamientos de la transformación de Residuo a Hoja*



**Nota:** Se observa la transformación de kilogramos de residuo a kilogramos de hoja. En donde el proceso de transformación de Residuo a Hoja inicia a los 5 días y permanece 5 días a causa de que se consideran los tiempos

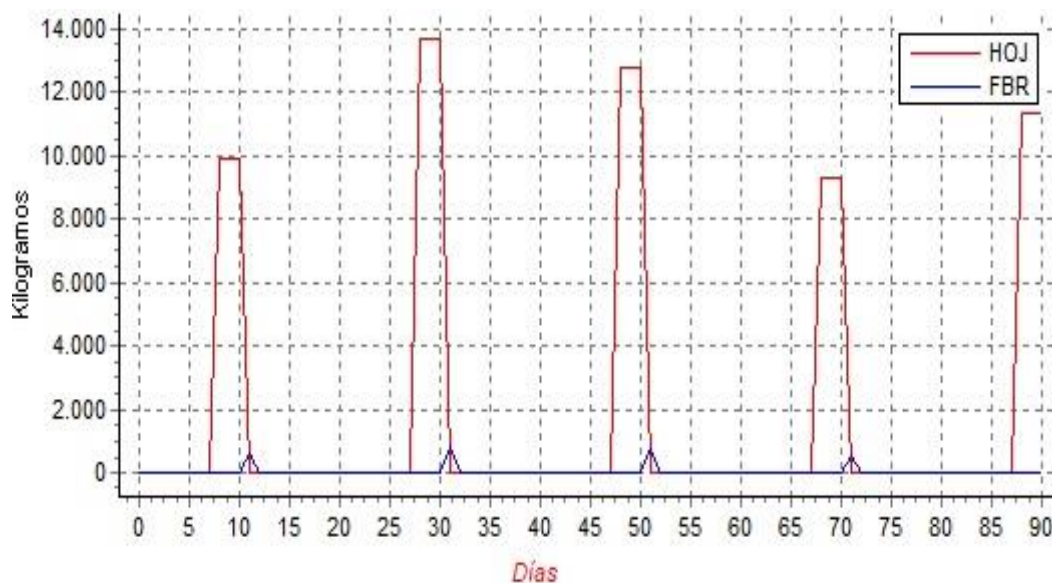
de compra de los residuos y el proceso de corte de hojas Reproducida de: Prototipo II Comportamientos de la transformación de Residuo a Hoja (Autores,2021)

En la **Figura 24** se puede identificar una disminución en la cantidad de kilogramos de residuos a kilogramos de hojas. También se destaca la cantidad de material orgánico como residuo del proceso durante su transformación. Frecuentemente estos residuos consisten en tallos, clavos, gallos y raíces de las plantas de piña.

A continuación, en la **Figura 25**, se presenta la gráfica de los comportamientos de la transformación de Hoja a Fibra por medio del programa Evolución.

**Figura 25**

*Prototipo II Comportamientos de la transformación de Hoja a Fibra*



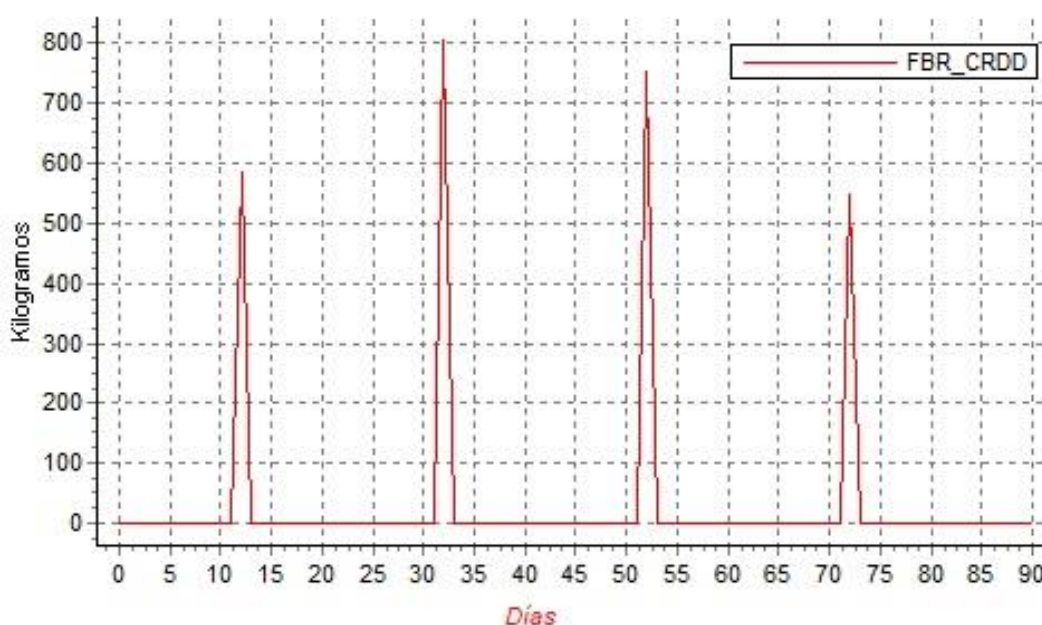
**Nota:** Se identifica la transformación de los kilogramos de hoja a kilogramos de fibra, este proceso inicia en el día 6 día, 1 día después del proceso anterior y permanece 3 días dado que se consideran los tiempos del proceso de desfibrado. Reproducida de: Prototipo II Comportamientos de la transformación de Hoja a Fibra (Autores,2021)

Al igual que en la **Figura 25**, se observa una disminución importante en la cantidad de kilogramos de hojas a kilogramos de fibra. La cantidad considerable de material orgánico como residuo del proceso de desfibrado es a causa del rendimiento de la máquina o método de extracción y de las propiedades de las hojas de la planta de la piña. Estos residuos consisten en fragmentos de hojas o tejido vegetal.

A continuación, en la **Figura 26** se presenta la gráfica del comportamiento de la Fibra Cardada a través del programa Evolución.

**Figura 26**

*Prototipo II Comportamiento de la transformación de Fibra Cardada*

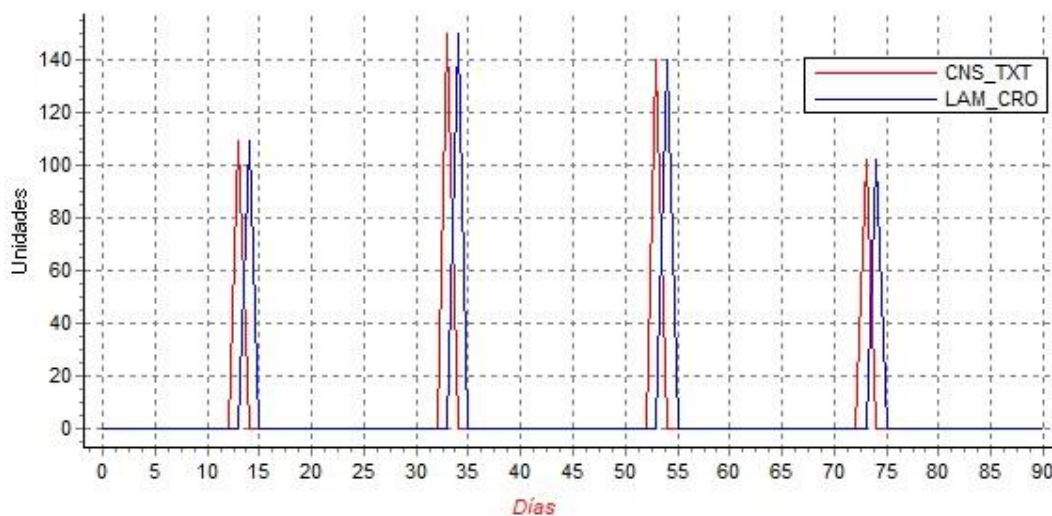


**Nota:** Después de los procesos de transformación entre Hoja y Fibra, siguen los procesos de Escarmenado y Cardado, produciendo Fibra Cardada. Se observa el comportamiento del proceso de Fibra Cardada. Inicia en el día 11, considerando los anteriores procesos y permanece 1 día a causa de los procesos anteriormente nombrados. Reproducida de: Prototipo II Comportamiento de la transformación de Fibra Cardada (Autores,2021)

Posteriormente a la obtención de la Fibra Cardada, se ingresa a los procesos para la producción de conos textiles como se puede observar en la **Figura 27**.

**Figura 27**

*Prototipo II Comportamiento de producción de conos textiles y láminas de cuero*

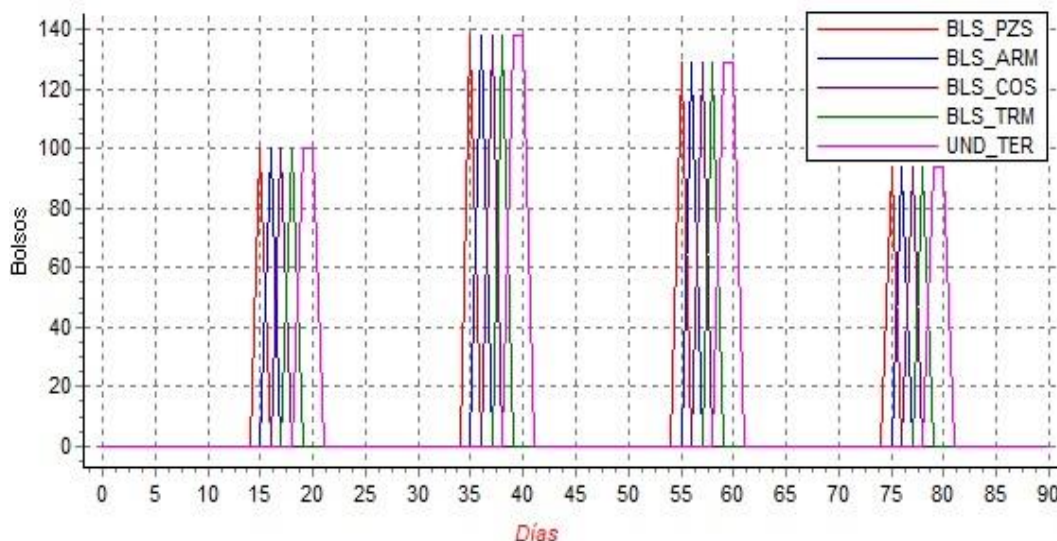


**Nota:** Se presenta la gráfica del comportamiento de producción de conos textiles y láminas de cuero. inicia en el día 12 para la producción de láminas de cuero. Cada unidad de cono textil equivale a una unidad de lámina de cuero de 1m<sup>2</sup> y finaliza entre el día 14 y día 15. Reproducida de: Prototipo II Comportamiento de producción de conos textiles y láminas de cuero (Autores,2021)

Finalizada la producción de láminas de cuero se ingresan al eslabón de Producción para la elaboración del bolso de cuero vegetal.

### **Eslabón de Producción**

Los comportamientos del eslabón de producción están en función de las láminas de cuero que se van ingresando.

**Figura 28***Prototipo II Comportamientos de las etapas de Producción*

**Nota:** Se presentan los comportamientos del eslabón de Producción E desde bolso en piezas (BLS\_PZS) hasta bolsos terminados (BLS\_TRM) y unidades terminadas (UND\_TER). Inicia entre el día 14 y día 15. Reproducida de: Prototipo II Comportamientos de las etapas de Producción (Autores,2021)

En la **Figura 28** Se advierte una disminución entre las láminas de cuero que ingresan a este eslabón y bolsos en piezas porque en el proceso de corte de láminas, la conversión de láminas a piezas es de un 92%, el 8% son sobrantes de las láminas de cuero.

Desde el día 14 y 15, cada etapa de producción tiene una duración aproximada de 1 día con excepción de las unidades terminadas (UND\_TER) que cuenta con un tiempo de 2 días. Por lo tanto, los procesos del Eslabón de producción tienen una duración de 5 días y sumando la duración de los procesos del eslabón de Materia Prima resultan 20 días, desde el ingreso de los residuos (RSD) hasta las unidades terminadas (UND\_TER).

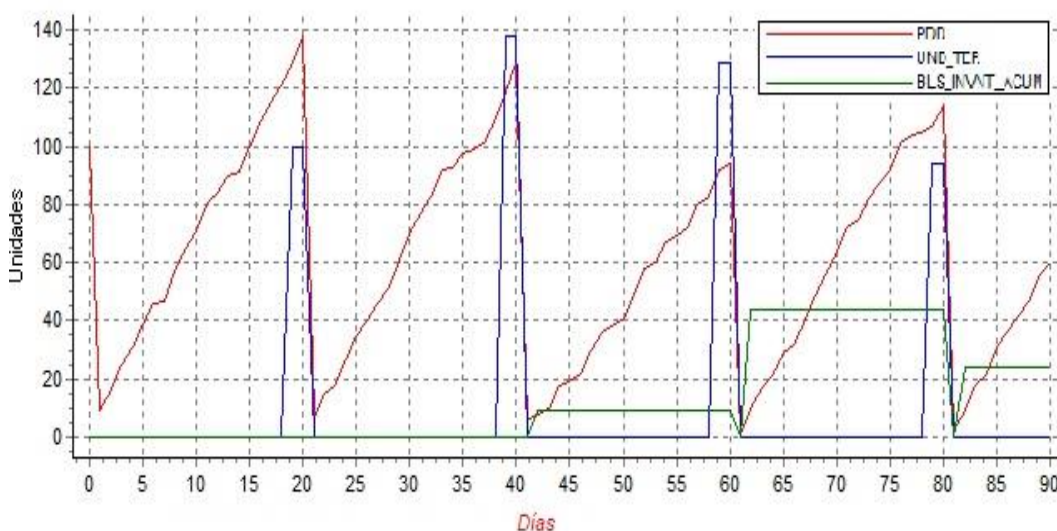
Concluido la producción de bolsos se ingresan al eslabón de Comercialización a minoristas.

### Eslabón de comercialización a minoristas

Se presenta en la **Figura 29** los comportamientos de bolsos en inventario (BLS\_INVNT\_ACUM), los pedidos o demanda (PDD) y unidades terminadas o producido (UND\_TER).

**Figura 29**

*Prototipo II Comportamiento de bolsos en inventario (BLS\_INVNT\_ACUM), pedidos (PDD) y unidades terminadas (UND\_TER)*



**Nota:** Se puede observar para este escenario, el comportamiento de los pedidos (PDD) en el cual se van registrando diariamente hasta un periodo de 20 días al igual que las unidades terminadas Reproducida de: Prototipo II Comportamiento de bolsos en inventario (BLS\_INVNT\_ACUM), pedidos (PDD) y unidades terminadas (UND\_TER) (Autores,2021)

Para el modelo se definió este periodo de tiempo el proceso de despacho y ventas a causa de que se tuvieron en cuenta los tiempos de los procesos de transformación de residuo a lámina de cuero en el eslabón de Materia Prima y también los procesos de elaboración del bolso de cuero vegetal en el eslabón de Producción que suman 20 días como se expresó anteriormente.

Se identifica en la **Figura 29** en el primer periodo de venta y despacho del producto (día 20), que los pedidos (PDD) superan a las unidades terminadas (UND\_TER). En este caso, los pedidos que no se cumplieron quedan como pedidos pendientes para el próximo periodo, actualizando la compra de materia prima.

En el siguiente periodo (día 40), el modelo se ajusta con los pedidos pendientes del anterior periodo y del periodo actual. En el caso de este periodo, lo producido (UND\_TER), supera a los pedidos (PDD) y los bolsos que sobraron se almacenan en el inventario (BLS\_INVNT\_ACUM) hasta que se presente el caso de que en un periodo los pedidos superen a lo producido y el inventario proporcione las unidades pendientes.

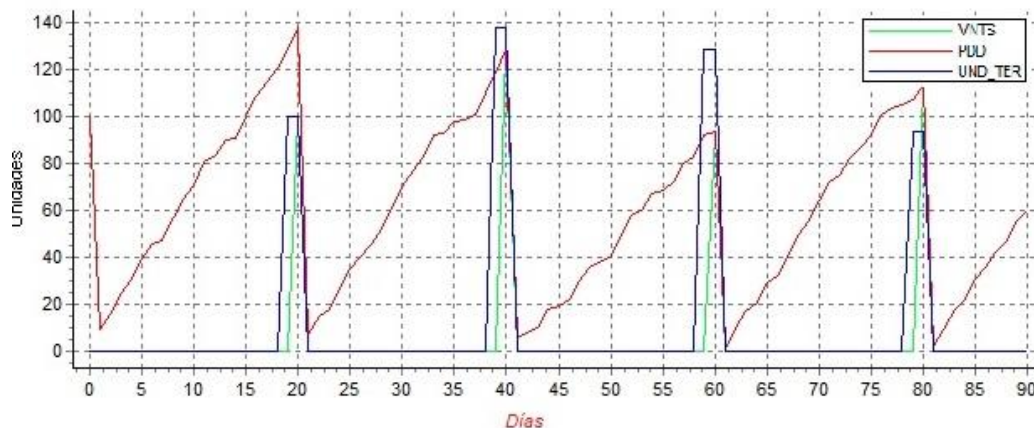
Para el día 60, se tiene un comportamiento similar al del periodo anterior dado que lo producido superó de nuevo a lo pedido y el inventario aumenta nuevamente.

Llegado al próximo periodo (día 80) los pedidos (PDD) superan a lo producido (UND\_TERM) por aproximadamente 20 unidades y el inventario (BLS\_INVNT\_ACUM) cuenta con 45 unidades y cuando inicia el siguiente periodo, el inventario, disminuye a aproximadamente a 25 proporcionando las unidades pendientes.

A continuación, es presentada la **Figura 30** los comportamientos de las ventas (VNTS) con los pedidos (PDD) y lo producido (UND\_TER)

**Figura 30**

*Prototipo II Comportamiento de ventas (VNTS), pedidos (PDD) y producido (UND\_TER)*



**Nota:** Se presenta el comportamiento de las ventas (VNTS) cuando lo producido es inferior a lo pedido o viceversa, y para el día 80 se cumple con lo pedido porque se proporciona con el inventario. Las ventas (VNTS) están definidas como el mínimo entre el producto disponible ( $UND\_TRM + BLS\_INVNT\_ACUM$ ) y la demanda.

Reproducida de: Prototipo II Comportamiento de ventas (VNTS), pedidos (PDD) y producido (UND\_TER)

(Autores,2021)

A continuación, se procede a realizar la Discusión de los Resultados:

### ***Discusión de Resultados***

La Dinámica de Sistemas permitió comprender la propuesta de sistema de gestión de la alternativa de bolso de cuero vegetal a partir de la utilización de los residuos agrícolas del cultivo de la piña en el cual se permitió representar en los eslabones de Materia Prima, Producción y Comercialización a Minoristas, los hallazgos que hubo al hacer el marco de referencia con respecto a los temas de interés para este proyecto.

Estos hallazgos fueron representados en el eslabón de Materia Prima que tiene 6 estructuras flujo-nivel por el proceso de transformación de residuos. En el eslabón de Producción que cuenta con 4 estructuras de flujo-nivel que expone el proceso de transformación de cuero a bolsos de cuero vegetal y en el eslabón de comercialización a minoristas que tiene 4 estructuras de flujo-

nivel y muestra el proceso de comercialización y la generación de pedidos para futuras producciones de bolsos.

El proyecto permitió responder la pregunta de investigación porque da como resultado una propuesta a la hipótesis dinámica básica del modelo que indica que hay 17 ciclos de retroalimentación donde los dos principales ciclos de retroalimentación corresponden al seguimiento que se da al proceso desde la orden de compra de residuos hasta la nueva orden de compra que se genera fruto de la comercialización de los bolsos que se produjeron. En las alternativas seleccionadas, la alternativa con una menor valoración ambiental negativa resultó la de bolso de cuero vegetal.

Se llama hipótesis dinámica básica porque el modelo debe tener una estructura de ciclos realimentados. Estos ciclos representaron que los productores de piña puedan hacer uso de los residuos para transformarlos en cuero vegetal y va a generar una mayor rentabilidad en sus sistemas productivos porque no solamente van a producir piña y va a reducir la brecha ambiental negativa porque se podrán generar bolsos no solamente con cuero animal. Se podrá empezar a producir bolsos con cuero vegetal. Por eso el modelo permite comprender mejor los procesos.

En los resultados de la Fase I del proyecto se presenta la identificación de los procesos de la alternativa en términos de proyecto, los aspectos de los impactos ambientales con sus valoraciones cualitativas a partir del método Conesa simplificada que coincide con una metodología similar con el trabajo de investigación titulado: “Valoración Cualitativa del Impacto Ambiental en una planta productora de aceite de palma en Colombia” Amazo & Alzate (2018).

Con respecto a lo que manifestó *González* (2004) en cuanto que la fibra de la hoja de la piña se puede emplear para la fabricación cosas del sector textil este proyecto muestra cómo usarla para construir bolsos de cuero vegetal.

En el trabajo de investigación “Modelado Dinámico y estratégico de la cadena agroindustrial de frutas” propuesto por Herrera et al. (2017), esta propuesta analiza también variables que influyen

variables de la gestión de la cadena y muestra aspectos de la productividad y eficiencia de sus procesos.

Con respecto al “Modelo de simulación continua para la gestión de la cadena de suministros en productos con ciclo de vida corto” de Ramírez & Valencia (2012) se tuvo en cuenta aspectos de la cadena de suministro en cuanto al fabricante, mercado y pronóstico.

Para la “Evaluación Agropecuaria Municipal (EVA) del municipio de Girón” del Ministerio de agricultura y Secretaría Agricultura Departamental (2017), se realizó una estimación de los residuos agrícolas de los cultivos de piña de las veredas Cantalta, Chocoa, Pantano, Angulo y Palogordo.

La valoración cualitativa ambiental se decidió como el procedimiento para la selección de las alternativas. Basado en los fundamentos teóricos del proyecto se identificaron los procesos de las alternativas y sus etapas en términos de un proyecto y se realizó su respectiva valoración. Se determinó este método dado que proporciona información sobre los impactos ambientales en la fase de planificación de un proyecto y aporta en la formulación de un plan de manejo ambiental que responda a la mitigación de los impactos ambientales negativos y fortalezca los impactos ambientales positivos. La gestión ambiental es relevante en el proyecto y su propuesta a causa de la situación del problema que se abordó.

En futuras versiones de la valoración cualitativa se sugiere la implementación de un método de selección de alternativas o toma de decisiones y que cuente con las dimensiones económicas y financieras que también, son importantes considerarlos en la planificación y desarrollo de un proyecto al igual que en la selección de alternativas para la utilización de los residuos agrícolas. Para más información sobre recomendaciones se invita al lector dirigirse a la sección de recomendaciones.

Se realizó una propuesta del modelo del sistema de gestión que cuenta con los eslabones de Materia Prima, Producción y Comercialización a minoristas y sus elementos que lo componen. La propuesta se desarrolló según la literatura disponible que está presentada en el marco teórico.

En la propuesta del modelo del sistema de gestión se tomó con base en Gaither & Fraizer (2000) que define que un sistema de producción toma principalmente materias primas, mano de obra, maquinaria, tecnología, dinero, entre otros para transformarlos en productos o servicios y en Gómez, U. & Gómez, O (2013) que proponen y realizan un sistema para empresas textiles con las interacciones que se encuentran en las áreas de Materia Prima, Capital, Producción, Mano de obra y Maquinaria.

Fueron diferentes referencias para el desarrollo de la propuesta. No obstante, se identifica una escasez en trabajos de investigación y estudios sobre sistemas de gestión de alternativas de residuo agrícola del cultivo de la piña. Por lo tanto, se definió como explorativo el enfoque de investigación del proyecto a fin de que pueda ser una referencia en próximas investigaciones sobre el tema de cadena de suministros de una alternativa de residuos agrícolas, específicamente en bolsos ecológicos provenientes de las hojas de la planta de la piña.

A partir de la propuesta del sistema de gestión de la alternativa de bolso de cuero vegetal se desarrolló el modelo propuesto. Al igual en el sistema de gestión, se identifica que hay limitados trabajos sobre modelos de simulación en Dinámica de Sistemas sobre residuos agrícolas y su manejo, especialmente del cultivo de la piña. A partir del enfoque explorativo del proyecto, se espera que esta propuesta de modelo logre ser un fundamento para futuros modelos dinámicos sobre la utilización en el manejo de residuos agrícolas de la piña y de otros cultivos como se afirmó en la sección de justificación.

En el desarrollo del modelo, se delimitó la planta de la piña dado que se encuentran elementos sensibles los cuales se establecieron para una mayor certeza. Se sugiere en próximas versiones que se tengan en cuenta las delimitaciones de la planta según su variedad.

El modelo de simulación propuesto, basado en la Dinámica de Sistemas, es de cobertura y complejidad creciente, por lo tanto, es importante que cuente con próximas versiones para una mayor aproximación del modelo al mundo real. Para más información se invita a la sección de

recomendaciones. En la evaluación y las pruebas realizadas en el modelo contaron con buenos resultados.

El modelo aporta en una comprensión y análisis de los elementos y sus interacciones que componen un sistema, el estudio de diferentes escenarios en función del tiempo y en la toma de decisiones.

## Evaluación del Modelo de Simulación Propuesto en Dinámica de Sistemas

Se evaluaron los eslabones de materia prima, producción y comercialización a minoristas en su estructura y comportamientos teniendo como base la literatura disponible y los modos de referencia según diferentes escenarios.

### Prueba a los Parámetros

Estas pruebas se realizaron a través de la evaluación de los parámetros que está basado en la literatura disponible, modos de referencia y la delimitación de la planta de la piña con sus residuos. Estos datos son relevantes en el modelo de simulación y su prototipo II. En la **Tabla 21** se presenta los parámetros, valores, conceptualización y fuentes

**Tabla 21**

*Descripción de los parámetros*

N°	CONCEPTO	DESCRIPCIÓN
	Nombre	cntd_rsd_ord (Cantidad de residuo por orden)
	Valor	177,24kg/orden de compra de materia prima (Hijosa, 2016) y (Balbin et al. 2020)
1	Fuente	
	Conceptualización	Según la literatura disponible se requieren de 480 hojas de 200 gramos/planta aprox, para producir un metro cuadrado de cuero de piña. De esta manera, se definió que se requieren de 12 plantas para producir

**Tabla 21***Descripción de los parámetros*

N°	CONCEPTO	DESCRIPCIÓN
		un metro cuadrado de cuero vegetal de piña. A partir de estos valores se calcula que la cantidad de residuos para un metro cuadrado es igual a 177,24kg. En el modelo, cada bolso requiere de una lámina de un metro cuadrado de cuero vegetal. Se fija que cada orden de compra de materia prima es la cantidad de kilogramos de residuos que se necesitan para producir un bolso.
	Nombre	cnvr_fbr_hil(Conversión de fibra a hilo)
	Valor	95%
2	Fuente	Autores
	Conceptualización	Se definió la conversión de fibra a hilo en un 95%. El 5% restante son los desperdicios durante el proceso de conversión a hilo.
	Nombre	cnv_hil_cno (Conversión de hilo a cono)
	Valor	5,10kg de hilo/cono textil
	Fuente	Autores
3		En el eslabón de materia prima del modelo de simulación propuesto se definió que por cada 5,10kg de hilo proveniente del proceso de transformación de la fibra cardada de la hoja de piña a hilado son necesarios para producir un cono textil. Estos cálculos son basados en el postulado de Piñatex de se necesitan 177,24kg de residuos requeridos para la fabricación de 1 bolso de cuero de piña con medidas de 1m <sup>2</sup> .
	Conceptualización	

**Tabla 21***Descripción de los parámetros*

N°	CONCEPTO	DESCRIPCIÓN
4	Nombre	cnv_hoj_fbr (Conversión de hoja a fibra)
	Valor	5,88%
	Fuente	(Bonilla , 2018) y (Castillo , 2019)
	Conceptualización	De acuerdo con los autores citados, la fibra extraída de la hoja de la planta de piña depende de múltiples factores como el tipo de piña, el clima, el suelo, al igual como influye en la planta de la piña. Se define el rendimiento de extracción de fibra de la hoja (términos de peso) en 5,88%. Es de resaltar que los desperdicios que quedan de la fibra extraída de la hoja son considerablemente mayores a la cantidad extraída de fibra por el bajo rendimiento y es a causa de las propiedades de las hojas de la planta de la piña y el método de extracción.
5	Nombre	conve_lam_piez (Conversión de lámina a piezas)
	Valor	92%
	Fuente	Autores.
	Conceptualización	Se determinó que una lámina de cuero de 1m <sup>2</sup> con un grosor de 0,05m(0,5cm) es para realizar un bolso de cuero vegetal con las siguientes dimensiones: 70cm de altura y 120cm de ancho dividido en dos cubiertas de cuero de 60cm para el bolso. Por lo tanto, el bolso requiere de 8400cm <sup>2</sup> o 0,84m <sup>2</sup> . No obstante, se tiene en cuenta para el modelo, el rango de error durante los cortes de las piezas lo cual es posible que se necesite de mayor cantidad de cuero y se fija en un 92% del porcentaje de lámina de 1m <sup>2</sup>

**Tabla 21***Descripción de los parámetros*

N°	CONCEPTO	DESCRIPCIÓN
		de cuero vegetal que se convierte en piezas para el bolso. El 8% restante son los desperdicios de cuero que no se lograron utilizar para las piezas del producto.
	Nombre	cnv_rsd_hoj (Conversión de residuo a hoja)
	Valor	56,00%
6	Fuente	Autores
	Conceptualización	De acuerdo con la tabla de parametrización de la planta de la piña en el modelo de simulación se determinó que el peso de la planta sin fruto es igual a 14,17 kg y el peso de las hojas en una planta igual a 8kg. Se calcula que el porcentaje del peso de las hojas con respecto a la planta de piña es igual a 56%.
	Nombre	pltca_prod (Política de producción).
	Valor	150 bolsos
	Fuente	Autores
7	Conceptualización	Según Barajas(2013) , se define una capacidad máxima para una empresa de 7 trabajadores de alrededor 10 bolsos por día , en donde se define un valor mínimo de trabajo del 75% de la capacidad máxima, es decir de una capacidad de 300 bolsos /mes, se definió en el modelo una política de 75 bolsos por cada 20 días.
8	Nombre	tmp_hoj_fbr (Tiempo de hojas a fibra)

**Tabla 21***Descripción de los parámetros*

N°	CONCEPTO	DESCRIPCIÓN
	Valor	3días
	Fuente	Autores
	Conceptualización	se definió que el proceso de transformación de hoja a fibra es de tres días y es a causa de que se toma en cuenta los tiempos que conllevan el desfibrado de las hojas y su cantidad.
	Nombre	tmp_rsd_hoj (Tiempo de residuo a hojas)
	Valor	2días
9	Fuente	Autores
	Conceptualización	Se definió que el proceso de transformación de residuo a hoja es de dos días porque se tiene en cuenta los tiempos de corte de las hojas de las plantas o residuos ingresados a la planta.
	Nombre	TRPed (Tiempo de recepción de pedidos)
	Valor	20días
	Fuente	Autores
10	Conceptualización	En el eslabón de comercialización a minoristas del modelo, se define que el tiempo de recepción de pedidos en el modelo es igual a cada 20 días. Se determina este periodo de tiempo considerando el tiempo que dura el proceso en el modelo hasta finalizar un bolso por lo cual a los 20 días se almacena el número de pedidos y la producción de los bolsos.

**Tabla 21***Descripción de los parámetros*

N°	CONCEPTO	DESCRIPCIÓN
11	Nombre	tmp_rcp_prd (Tiempo de recepción de producción)
	Valor	20días
	Fuente	Autores
	Conceptualización	Se define que el tiempo de despacho de la producción en el modelo es igual a cada 20 días a consecuencia de los procesos y tiempos que implica la producción del cuero vegetal en el eslabón de materia prima y su transformación a bolso de cuero vegetal en el eslabón de producción.
12	Nombre	(Generación de pedidos)
	Valor	ROUND(RANDOM(1,10))
	Fuente	Autores
	Conceptualización	Para el modelo de simulación propuesto se determinó la generación de pedido diario con un comportamiento de distribución randómica entera entre 1 y 10.

**Nota:** Son presentados los parámetros, valores y la conceptualización con sus fuentes. Los cuales se definieron a partir de la recolección de información de la literatura disponible y valores determinados por los Autores. Reproducida de: Descripción de los parámetros (Autores,2021).

## Prueba de Consistencia dimensional

La prueba del modelo es la verificación y ajuste de unidades de los valores de cada uno de los sectores para evitar inconsistencias en el paso de información entre los mismos. A continuación, en la **Tabla 22** se presenta. el análisis de consistencia dimensional se hizo para todos los elementos teniendo en cuenta los parámetros definidos según la literatura y haciendo especial énfasis en los flujos y niveles. Como ejemplos se presenta el análisis de consistencia dimensional de cinco variables. El proceso fue igual para todas las demás.

**Tabla 22**

*Prueba de consistencia dimensional*

VARIABLE	UNIDAD EVALUADA	ECUACIÓN
hldo	cono textil	$\text{round}\left(\frac{\text{psje\_fbr}(\text{kg}) * \text{cnvr\_fbr\_hil}(0.95)}{\text{cnvr\_hil\_cono}\left(\frac{\text{kg}}{\text{cono}}\right)}\right)$ $\frac{\text{kg} * 0.95 * \text{conos}}{\text{kg}}$
dsfbr	kg de fibra	$\text{round}(\text{dsgm}(\text{kgdehojas}) * \text{cnv\_hoj\_fbr}\left(\frac{0.0588\text{kgdefibra}}{\text{kgdehoja}}\right))$ $\text{kgdehojas} * \left(\frac{0.0588\text{kgdefibra}}{\text{kgdehoja}}\right)$
crte_lam	bolso	$\frac{\text{pnzn\_lam}(\text{lam. decuero}) * \left(\frac{\text{Conve\_lam\_pzs}(0.95\text{conj. piezas enunbolso.})}{\text{lam. decuero}}\right)}{\text{Conve\_pzs\_bls}\left(\frac{\text{conj. piezas enunbolso}}{\text{bolso no terminado}}\right)}$ $\frac{\text{lam. decuero} * \frac{\text{conj. piezas bolso}}{\text{lam. decuero}} * \text{bolso no terminado}}{\text{conj. piezas b}}$
acbd	bolso	$\text{Bls\_cos}(\text{bolsosenprocesodecostura})$ <p>Bolso no terminado</p>
Rpcp_pdd	Pedidos/día	$\text{genr\_pdi}\left(\frac{\text{unidades pedidas}}{\text{día}}\right)$ <p>Unidades pedidas en el día</p>

**Nota:** En la columna Ecuación se observa el proceso de simplificación en las ecuaciones de los flujos para concluir con las unidades esperadas. Reproducida de: Prueba de consistencia dimensional (Autores,2021)

Como se aprecia en la **Tabla 22**, la ecuación de la variable hilado (hldo) su consistencia dimensional expuesta en la columna de ecuación y la simplificación resaltada en color rojo indica que es el esperado, en este caso las unidades son conos. En la variable desfibrado (dsfbr) se realiza la conversión de kg de hojas a kg de hojas como se puede observar en la columna de ecuaciones su simplificación hasta kg de fibra de la hoja de piña.

También, la consistencia dimensional de la variable corte de lámina (crte\_lam), el resultado esperado es correcto dado que la simplificación resaltada en rojo entre las láminas de cuero, la conversión de lámina a piezas y la conversión de piezas a bolsos indica que la medida son bolsos. Cabe resaltar que conversiones de láminas a piezas (cnve\_lam\_pzs) y de piezas a bolsos (cnve\_pzs\_bls) están expresadas en conjunto de piezas en un bolso y que por cada conjunto de piezas equivale a un bolso. Por último, en las variables acabados (acbd) y recepción de pedidos (Rcpc\_pdd) se observa que cuenta con las unidades de las variables con las que están conectadas.

### Prueba Limite

La prueba límite consistió en utilizar valores extremos a fin de profundizar en el entendimiento de la estructura del modelo, para probar diferentes suposiciones o escenarios del mundo real. Se presenta en la **Tabla 23**, la prueba límite para el Prototipo II del modelo de simulación.

**Tabla 23**

*Parámetro de la prueba límite*

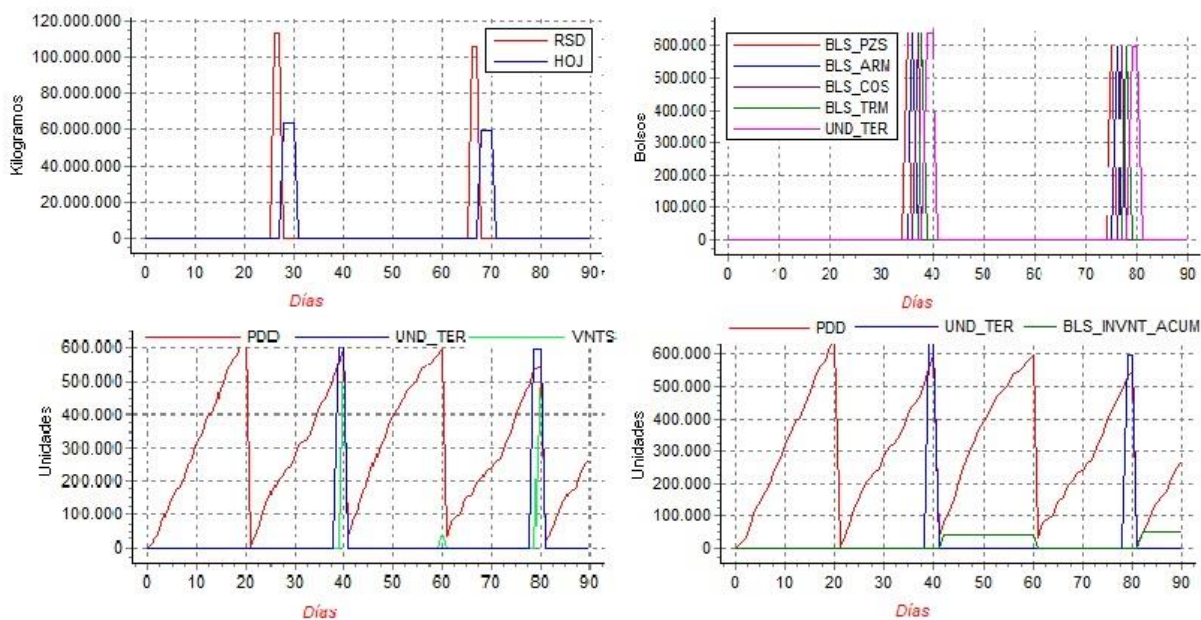
VARIABLE	DEFINICIÓN
genr_pdi	ROUND(RANDOM (5000,50000))

**Nota:** La variable para esta prueba fue generación de pedidos, se definió una distribución uniforme entre valores extremos de 5000 y 50000. Reproducida de: Parámetro de la prueba límite (Autores, 2021)

En la **Figura 31**, se exponen los comportamientos de la prueba límite con un horizonte de tiempo de un trimestre (90 días) y la unidad en tiempo días

**Figura 31**

*Prototipo II Comportamientos de la Prueba Límite*



**Nota:** Se pueden observar los escenarios y sus comportamientos, de los eslabones simulados: Materia Prima en la transformación de residuo (RSD) a hoja (HOJ), eslabón de Producción y sus etapas (BLS\_PZS, BLS\_ARM, BLS\_COS, BLS\_TRM, UND\_TER), y por último, el eslabón de Comercialización a Minoristas (PDD, UND\_TER, VNTS, BLS\_INVNT\_ACUM) en el cual la estructura del modelo de simulación soportó estos valores y se obtuvieron los resultados esperados. Reproducida de: Prototipo II Comportamientos de la Prueba Límite (Autores, 2021)

### Prueba Análisis de sensibilidad

Para el análisis del modelo se hicieron tres escenarios el más probable fue definido en el escenario por defecto el cual corresponde al especificado en la tabla de parámetros. A continuación, son presentados los otros dos escenarios indicando solo los parámetros que cambiaron con respecto al por defecto.

A partir del análisis de sensibilidad es una herramienta para identificar la influencia en los parámetros y cómo afecta en el comportamiento del modelo. También, ofrece un entendimiento del sistema.

A continuación, se presenta la **Tabla 24** de escenarios en el cual se simularon solo los siguientes parámetros: *cnv\_hoj\_fbr*, *Genr\_ped*.

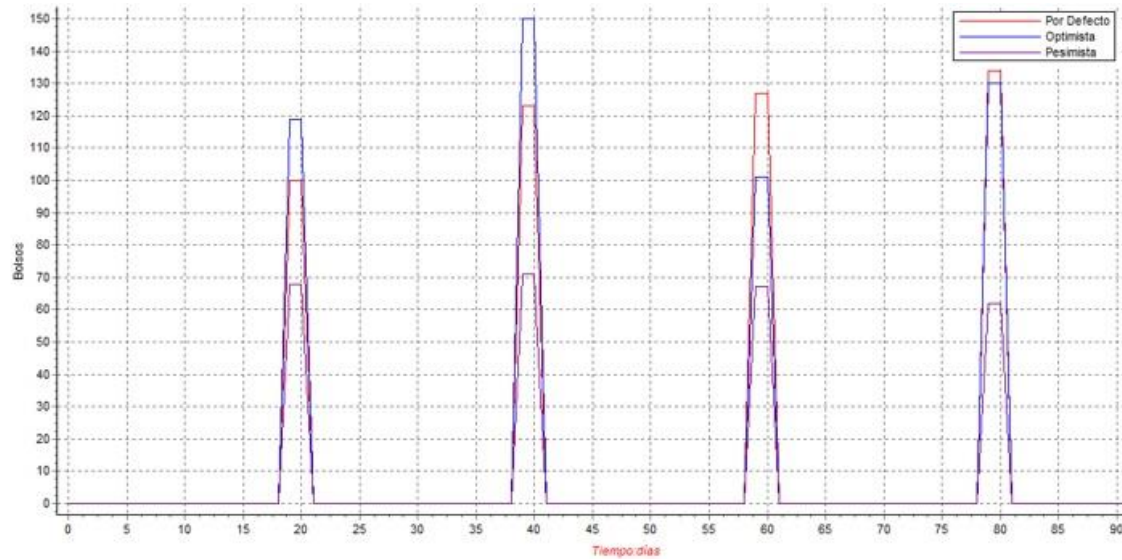
**Tabla 24**

*Escenarios de sensibilidad*

ESCENARIO	PARÁMETROS	UNIDAD	POR DEFECTO	OPTIMISTA	PESIMISTA
I	<i>cnv_hoj_fbr</i>	Porcentaje de kg hojas que se transforman en kg de fibra	5,88%	7%	4%
II	<i>Genr_ped</i>	Unidades pedidas/día	ROUND(RANDO M (1,10))	ROUND(R ANDOM (1,15))	ROUND(R ANDOM (1,5))

**Nota:** Se presentan los parámetros y escenarios a realizar del análisis de sensibilidad. Se define optimista como un escenario favorable para el modelo de simulación y pesimista, al contrario. Esta prueba se realiza mediante el programa Evolución y su opción de Análisis de sensibilidad con variación de escenarios. Reproducida de: Escenarios de sensibilidad (Autores,2021)

En las siguientes figuras se puede observar los comportamientos

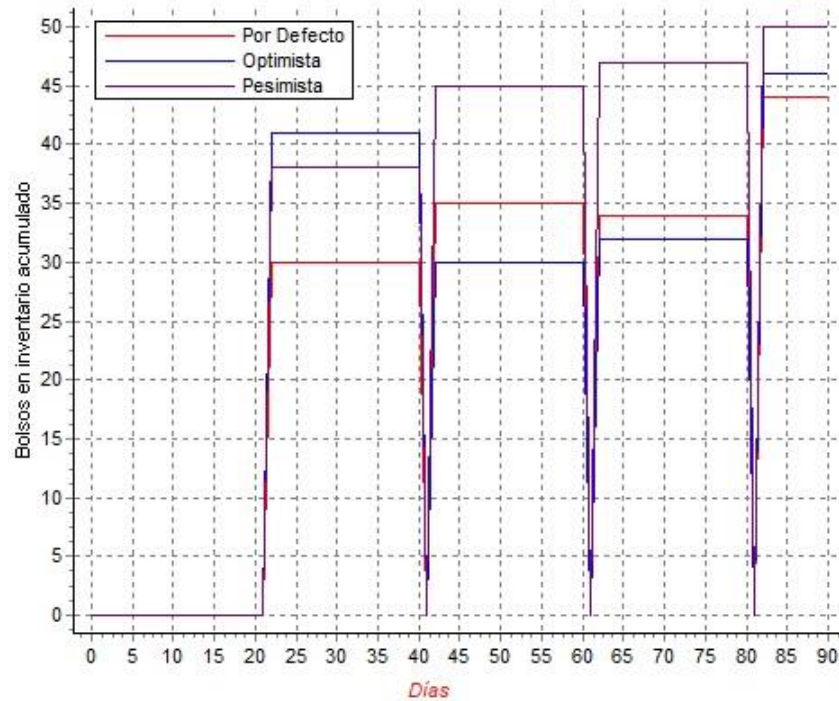
**Figura 32***Prototipo II Comportamiento de Escenario I*

**Nota:** Como se observa el parámetro que se modificó fue la *cnv\_hoj\_fbr* y la variable graficada fue *Und\_term* que son las unidades de bolsos terminadas. Se aprecia que en el escenario optimista se destaca entre los escenarios Por defecto y Pesimista. Reproducida de: Prototipo II Comportamiento de Escenario I (Autores,2021)

En la **Figura 32** por medio del Análisis de Sensibilidad se identifica que el parámetro de conversión de hojas a fibra (*cnv\_hoj\_fbr*), su variación tiene consecuencias notables en la producción de bolsos. Por lo consiguiente, es necesario el estudio del aumento de la eficiencia en este parámetro.

**Figura 33**

*Prototipo II Comportamiento de escenario II*



**Nota:** El parámetro que se modificó fue Genr\_ped q, en el caso del modelo, es una variable de entrada que lo afecta. La variable graficada en la Figura fue bls\_invt\_acumReproducida de Prototipo II Comportamiento de escenario II (Autores,2021)

En la **Figura 33** se observa que una variación de las unidades pedidas influye en el inventario de producto acumulado, a causa de que al haber una mayor demanda como en el caso de escenario optimista, el inventario es menor en comparación a los escenarios de Por Defecto y Pesimista.

## Divulgación

El proyecto actual ha sido desarrollado por los autores quienes, perteneciendo al Semillero de Prospectiva Energética de Colombia (SPEC) de la Universidad Pontificia Bolivariana, se enfocaron en el área de la agroindustria, participando en diferentes eventos de divulgación científica y en proceso de publicación del Artículo de divulgación titulado “Análisis de alternativas para la elaboración de un producto a partir de los residuos del cultivo de la piña (Ananás Comosus) en una zona en el municipio de Lebrija, Colombia” en la revista información tecnológica de Chile, el cual es fruto de las diferentes ponencias de divulgación científica, junto con la compañía y ayuda de La docente PhD Sandra Natalia Correa Torres y el docente PhD Urbano Eliecer Gómez Prada, el artículo se encuentra en proceso de evaluación.

**Tabla 25**

*Productos de divulgación de los autores*

Entidad - Modalidad	Nombre del evento	Título del artículo	Temática	Fecha	Página web
CIID -Internacional Virtual	Concurso Internacional de Semilleros de conocimiento 2020 - CIID	Análisis de alternativas para el aprovechamiento de los residuos del cultivo de la piña ( <i>Ananás Comosus</i> ) en una región de Lebrija, Santander.	Ingeniería de investigación y aplicación, cuantificación , evaluación de alternativas ambiental y económica,	1/11/2020	<a href="https://evento.ciidjournal.com/informacion-general/">https://evento.ciidjournal.com/informacion-general/</a>
			formulación y evaluación de proyecto hasta la fase de perfil	- 15/11/2020	
RedCOLSI (Nacional) - Nacional Virtual y Poster y ponencia virtual	XXIII Encuentro Nacional y XVII Encuentro Internacional de Semilleros de Inv. – Fundación RedCOLSI	Variables de Evaluación del Impacto Económico y Ambiental para el Aprovechamiento de los Residuos Agrícolas Del	Ingeniería de investigación y aplicación, cuantificación de residuos agrícolas, revisión bibliográfica,	24/11/2020	<a href="http://enisi.redcolsi.org">http://enisi.redcolsi.org</a>
				- 27/11/2020	

**Tabla 25***Productos de divulgación de los autores*

Entidad - Modalidad	Nombre del evento	Título del artículo	Temática	Fecha	Página web
<b>RedCOLSI (Valle del Cauca)</b> – Dep. Virtual y Artículo, y ponencia virtual	17 Encuentro Departamental de Semilleros de Investigación 2020	Cultivo de la Piña, en Lebrija Santander	Dinámica de Sistemas, Diagrama de influencias.	9/10/2020	<a href="https://cutt.ly/Gn2Qh11">https://cutt.ly/Gn2Qh11</a>
<b>UPB</b> - Local Virtual y Artículo y video con ayuda de comunicaciones	II Encuentro Interno de Semilleros de Investigación Multicampus UPB 2020			2/02/2020	<a href="https://cutt.ly/2n2QsHE">https://cutt.ly/2n2QsHE</a>
Departamental Virtual y Ganadores del 1er puesto, Artículo y ponencia virtual	XIV Encuentro de Semilleros de Investigación UNAB "Redes de Conocimiento como Soporte a la Innovación y el Emprendimiento	Análisis de la estructura económica y ambiental de los residuos del cultivo de la piña en una zona de Lebrija Santander	Ingeniería en investigación y aplicación delimitación de la zona, variables económicas, ambientales, diagnóstico de la información, Dinámica de sistemas , Diagrama de influencias	14/10/2020	<a href="https://cutt.ly/Qn2Qknx">https://cutt.ly/Qn2Qknx</a>
Local Presencial y Artículo que plasma el trabajo de investigación	Encuentro interno de semilleros UPB para financiación	Análisis de alternativas para la elaboración de un producto a partir del aprovechamiento de los residuos del cultivo de la piña ( <i>Ananás Comosus</i> ) en una zona del municipio de Lebrija, Santander	Ingeniería de investigación y aplicación, cuantificación de residuos agrícolas, evaluación de alternativas desde la parte ambiental y económica, formulación y evaluación de proyecto hasta la fase de pre factibilidad	12/12/2019 aprobación	<a href="http://www.upb.edu.co">www.upb.edu.co</a>

**Nota:** Se pueden observar los diferentes eventos a nivel local, departamental, nacional e internacional, a los cuales se han presentado propuestas desde diferentes enfoques como: estudio económico y ambiental por medio del uso de la Dinámica de Sistemas, estudios de pre factibilidad para la realización de una alternativa de producto, definición de variables económicas y ambientales para tener en cuenta para el cultivo de piña. Reproducida de: Productos de divulgación de los autores (Autores,2021)

## Capítulo 8

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Este trabajo construyó un modelo soportado en Dinámica de Sistemas de una alternativa de utilización de residuos agrícolas del cultivo de la piña (*Ananás Comosus*) con el menor impacto ambiental que en este caso fue bolso de cuero vegetal, y se realizó la comprensión de sus procesos basado en una propuesta de sistema de gestión de los eslabones de Materia Prima, Producción y Comercialización a minoristas teniendo como caso el municipio de Girón, Santander.

Se realizó una recolección de información con respecto a las alternativas al manejo de los residuos agrícolas del cultivo de la piña y se eligieron bolso de cuero vegetal, papel y calzado. Como se afirmó anteriormente, se definió la alternativa de bolso de cuero. También, se realizó una estimación para entender la cantidad de residuos aproximados que existen en las veredas productoras de cultivo de piña (*Ananas Comosus*) más representativas del municipio de Girón, Santander y que resulta que hay una cantidad considerable de producción de piña y, por lo tanto, de residuos agrícolas que se generan cuando se finaliza los cultivos en la zona.

La valoración cualitativa ambiental es la base para un análisis ambiental de alternativas el cual permite identificar los diferentes tipos de impactos ambientales en las acciones o procesos productivos, que ayuda a la toma de decisiones y aporta a las empresas en la responsabilidad social empresarial y su gestión empresarial. En el proyecto, se identificaron sus etapas procesos e impactos de las alternativas y se escogió la alternativa con un menor impacto ambiental negativo.

A causa de la limitada cantidad de trabajos sobre modelos de referencia de este tipo de alternativas y por el enfoque de investigación exploratorio del presente trabajo se propuso un sistema de gestión en el que se identificaron los procesos de los eslabones

de Materia Prima, Producción y Comercialización a minoristas de la alternativa de bolso de cuero vegetal basado en la literatura disponible y que fue esencial para el modelo de simulación propuesto. Es por esta razón, que el modelo establecido puede ser un fundamento para futuros trabajos que quieran agregar valor a los residuos agrícolas, apoyando la toma de decisiones en cuanto a su gestión y permitiendo visualizar cómo será el desempeño en escenarios del comportamiento con los eslabones propuestos.

Se formularon dos prototipos de modelo de simulación y se establecieron en cobertura y complejidad creciente. Por lo tanto, el primer prototipo fue fundamental para el desarrollo del segundo prototipo en los que se identificaron y agregaron elementos teniendo en cuenta el sistema de gestión propuesto. Facilita en concebir la estructura de retroalimentación entre las variables y por ende conocer el comportamiento o la dinámica del sistema en términos de balance o refuerzo.

En el eslabón de materia prima del modelo de simulación propuesto se presentan los comportamientos de las transformaciones desde el ingreso de los residuos agrícolas de la planta de la piña tomados como materia prima en el modelo hasta láminas de cuero vegetal en el cual se identifica una considerable cantidad de desperdicios de material orgánico que se generan en cada proceso. En el eslabón de producción, los procesos desde una lámina de cuero hasta el producto final. Por último, en el eslabón de comercialización a minoristas, muestra los comportamientos de pedidos y las unidades terminadas los cuales se van acumulando cada periodo de tiempo 20 días. También se presenta el comportamiento de inventario cuando los pedidos superan a lo producido y viceversa.

En el modelo de simulación propuesto se realizó una delimitación de los aspectos importantes a considerar de la planta de la piña a causa de que son valores importantes en el desarrollo del modelo. Las evaluaciones realizadas a los modelos de simulación permiten identificar la consistencia, y realidad de los datos, lo cual proporciona un horizonte de veracidad, y permite usar los modelos de Dinámica de Sistemas en la

evaluación de problemas y toma de decisiones. En este modelo se hicieron pruebas en los que se eligieron algunos parámetros para un mayor profundización y entendimiento del sistema y que cuente con comportamientos cercanos al mundo real.

A continuación, se presentan las siguientes recomendaciones:

Sobre la valoración cualitativa.

1. Realizar un estado de arte sobre estudios de alternativas de aprovechamiento de los residuos agrícolas del cultivo de la piña para compilar información detallada del tema.
2. Aplicar un método de selección de alternativas o toma de decisiones para la definición de la alternativa teniendo en cuenta criterios económicos y financieros.
3. Para mejorar la identificación y valoración cualitativa de los impactos ambientales se recomienda su realización con un equipo interdisciplinario en el tema para obtener una mayor precisión en los resultados de cada alternativa.

Para próximas versiones del modelo de simulación se recomienda las siguientes consideraciones en su desarrollo.

1. Agregar en próximos estudios la cadena productiva de la piña y la generación de sus residuos agrícolas al modelo propuesto.
2. Introducir los factores que influyen en la planta de la piña y sus residuos como el crecimiento, peso, rendimiento, especie, temperaturas, precipitación pluvial, altitud, suelos, fertilizantes, entre otros.
3. Considerar las características y delimitación de las variedades de piña como perolera y oro miel cultivadas en el municipio de Girón, debido a que en el presente modelo se estableció la delimitación de la planta de la piña y sus cálculos.
4. Desarrollar un uso a los desperdicios que quedan desde el proceso de hojas de piña a fibra dado que se identifica una alta cantidad de material orgánico, que puede tener valor como biomasa o biofertilizantes.

5. Generar escenarios para los datos de la cantidad de residuos agrícolas de cada vereda del municipio de Girón
6. Realizar la validación de un experto en fabricación de bolsos de cuero vegetal o un material similar.

Es importante que en las próximas versiones del modelo se tomen en consideración las siguientes apreciaciones dado que en el presente proyecto no fueron incluidas para el acercamiento del modelo al mundo real.

1. Introducir el eslabón de Distribución en el sistema de gestión propuesto y en el modelo.
2. Introducir la materia prima indirecta (consumo de agua y tinturas, costos), mano de obra, mercadeo, maquinaria y equipos.
3. Introducir algunos de los conceptos como plan de requerimiento de materiales, plan maestro de producción, gestión de inventarios y comercialización a mayoristas en el modelo.
4. Realizar una recolección de datos reales de la demanda de una empresa de bolso similar al del propuesto en el modelo y que se ajusten los datos en una distribución para la generación de números aleatorios.

## BIBLIOGRAFÍA

- Acosta Inga, J J; Anticona Ore, L K; Laura Carphuapoma, R P; Retamozo Taípe, W. (2019). *Estudio de prefactibilidad para la elaboración de cuero vegetal de hojas de piña para la producción y comercialización de billeteras con enfoque socioambiental*. Universidad San Ignacio de Loyola.
- Agronet, M. D. (2020). *Producción Agrícola Más representativa de Santander*.
- Alcaldía de Girón (2020). *Plan de Desarrollo Municipal de Girón 2020 -2023*.
- Alcaldía de Girón. (2016). *Plan de Desarrollo Municipal Girón 2016 - 2019*.
- Altendorf, S. (2019). *Major tropical fruits market review 2018*. FAO Food and Agriculture Organization of the United Nations, 12.
- Álvarez Bazarro, G. A, Ortiz Paredes, S M. (2016). *Aprovechamiento de los residuos agrícolas de la piña (Ananas Comosus) para la obtención de una bebida fermentada y papel artesanal*. Universidad de Guayaquil.
- Amazo Salazar, J. S., Alzate Ibáñez, A. M. (2018). *Valoración cualitativa del impacto ambiental en una planta productora de aceite de palma en Colombia*. Fundación Universidad de América. Bogotá.
- Andrade, H., Dyner, I., Espinosa, A., Hernán, L., & Ricardo, S. (2001). *Pensamiento Sistémico: Diversidad en búsqueda de unidad*. Universidad Industrial de Santander.
- Andrea Irías, G. L. (2014). *Composición química de la biomasa residual de la planta de piña variedad MD2 proveniente de Guácimo, Limón*. Escuela de Química, Universidad de Costa Rica.
- Arboleda, J. (2008). *Manual de evaluación de impacto ambiental de proyectos, obras o actividades*. In *Manual de evaluación de impacto ambiental de proyectos, obras o actividades*.
- Balbin Romero, R E; Belleza Ychpas, B Y; Guzmán Atao, D J; Hurtado Montesinos, M M; Tovar Capcha, C. R. (2020). *Estudio de prefactibilidad para zapatillas modulares elaborado con cuero de piña*. Universidad San Ignacio de Loyola.
- Ballou, R. H. (2004). *Logística Administración de la cadena de suministro*. Pearson - Quinta edición.
- Barajas Zárate, C. Y, Lozano Gomez, M. I. (2013). *Mejoramiento de los procesos productivos en la empresa Manufacturas Sandoval E.U. de Bucaramanga*. Universidad Industrial de Santander.
- Bilash K. B., Fatimah M.A., Kusairi M. N. (2018). *System Dynamics: Modelling and simulation*.

- Bonilla Andrade, N. M. (2018). *Elaboración de un no tejido a partir de la fibra de piña mediante la técnica del punzonado para obtener un producto similar al cuero en cuanto a su textura y apariencia.*
- Buitrago-Dueñas, E. M. (2017). *Conservación de piña oro miel (Ananas comosus) mínimamente procesada: efecto del tipo de corte, tipo de envase y recubrimiento comestible.* Universidad Nacional de Colombia.
- Cárdenas Buitrago A J, Perdomo Sanchez, J. L. (2020). *Desarrollo de un producto a partir de la fibra del rastrojo de la piña tipo nativa en la Reserva Miramar en el municipio de Dibulla, La Guajira Universidad de La Salle. Facultad de Ingeniería Industrial.*
- Castillo Poloche, S. (2019). *Ananas. Universidad El Bosque.*
- Chaparro Chaparro, G; Puerto Sánchez A N; Velásquez Quimbay, X. A. (2017). *Bogotá Producción de cuero de piña. Universidad Piloto de Colombia.*
- Coyle, J. J., Langley, C. J., Novack, R. A., & Gibson, B. J. (2013). *Administración de la cadena de suministros : una perspectiva logística* (Cengage Le).
- Díaz D.,Galindo G.,Correa S.,Gómez U. (2021). *Análisis de alternativas para la elaboración de un producto a partir del aprovechamiento de los residuos del cultivo de la piña (Ananas Comosus) en una zona del municipio de Lebrija, Santander. Bucaramanga.* Encuentro interno de semilleros UPB.
- Díaz D.,Galindo G.,Correa S.,Gómez U. (2020). *“Análisis de la estructura económica y ambiental de los residuos del cultivo de la piña en una zona de Lebrija Santander.”*, XIV Encuentro de Semilleros de Investigación UNAB "Redes de Conocimiento como Soporte a la Innovación y el Emprendimiento"-UNAB.
- Díaz D.,Galindo G.,Correa S.,Gómez U. (2020). *“Variables de Evaluación del Impacto Económico y Ambiental para el aprovechamiento de los Residuos Agrícolas del Cultivo de la piña, en Lebrija Santander.”*, XXIII Encuentro Nacional y XVII Encuentro Internacional de Semilleros de Investigación – Fundación RedCOLSI.
- Dynamic Group, Forrester, J W. (1997). *Road Maps. In MIT (Ed.), Road Maps: A guide to learning System Dynamics.*
- Franco Leguizamón, D. L. (2014). *Creación y constitución de una empresa, que fabrica y comercializa bolsos y maletines utilizando como materia prima el fique.* Pontificia Universidad Javeriana.
- Gaither N., Fraizer G. (2000). *Administración de producción y operaciones.* Octava edición
- García Muñoz , A., & Rodríguez Murillo, M. (2011). *Proyecto “Colombia, Costa Rica, Nicaragua: Reduciendo el Esguerramiento de Plaguicidas al mar Caribe” Manual de Buenas Prácticas Agrícolas para la producción de piña en Costa Rica.*
- Garzón Serrato, J. I. (2016). *Establecimiento y manejo de un cultivo de piña en la sede de la asociación de Ingenieros Agrónomos del llano en Villavicencio.* Universidad de

Los Llanos. Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales. Programa de Ingeniería Agronómica.

- Gómez, U. E., Andrade, H. H., Vásquez, C. A. (2015). *Lineamientos metodológicos para construir ambientes de aprendizaje en sistemas productivos agropecuarios soportados en dinámica de sistemas*. *Información Tecnológica*, 26(4), 125–136.
- Gómez U.E.,Gómez O.(2013). Modelo de simulación para el proceso de producción en empresas de confección textil. Unidades Tecnológicas de Santander. *Revista S&T*, 11(24),73-89.
- González Aguilar, M. (2004). *Empleo de la fibra de piña en el campo textil*.
- Herrera-Ramírez, M. M., Orjuela-Castro, J., Sandoval-Cruz, H., Martínez Vargas María Alejandra (2017). *Modelado dinámico y estratégico de la cadena agroindustrial de Modelado dinámico y estratégico* (Universidad Piloto de Colombia).
- Hijosa, C. (2016). *El Cuero Natural Y Sostenible Producido Con La Fibras De Las Hojas De Pina En Filipinas*. *Ananas Anam*.
- Iewkittayakorn, J., Khunthongkaew, P., Wongnoipla, Y., Kaewtatip, K., Suybangdum, P., & Sopajarn, A. (2020). *Biodegradable plates made of pineapple leaf pulp with biocoatings to improve water resistance*. *Journal of Materials Research and Technology*.
- Iñaki, C. (2011). *Modelo de dinámica de sistemas para la implantación de tecnologías de la información en la gestión estratégica universitaria*.
- Irías, A., & Lutz, G. (2014). *Composición química de la biomasa residual de la planta de piña variedad MD2 proveniente de Guácimo, Limón*. *Ciencia y Tecnología: Revista de La Universidad de Costa Rica*, 30(2), 27–34.
- Jaimes Guadrón, A. F. (2016). *Modelo de simulación con Dinámica de Sistemas para el sistema productivo de la fábrica de calzado Briosso y Blessing*. *Universidad Industrial de Santander*.
- Lombana Oliveros, J. E. (2016). *Sistema productivo de piña MD2 (Ananas comosus), como alternativa agrícola de cultivos de palma de aceite (Elaeis guineensis) afectados por marchites letal en el municipio de San Carlos de Guaroa - Meta*. *Universidad De La Salle Facultad De Ciencias*
- López Montoya, J. (2017). *Determinación de los requerimientos nutricionales de la Piña variedad MD-2 en suelos ácidos del municipio de Santander de Quilichao*. *Universidad Nacional de Colombia Facultad de Ciencias Agropecuarias*.
- Loría Villalobos, D. G. (2016). *Eficacia de Aviglicina (pincor®) en la reducción de la floración naturalmente diferenciada (ndf) en piña (Ananas Comosus var. comosus) híbrido md-2 en San Carlos, Costa Rica*. *Instituto Tecnológico de Costa Rica Sede Regional San Carlos*.
- Ministerio de Agricultura, Secretaría de Agricultura Departamental. (2017). *Evaluación Agropecuaria Municipal Girón*.

- Montiel-Segura, M. A. (2015). Use of agrochemicals in intensive pineapple production in Costa Rica. *Ciencias Naturales*, 15(25), 183–195.
- Méndez, Daniel (2015). *Utilizan los residuos de piña para crear medicamentos*. Universidad Nacional de Costa Rica. *crhoy.com*
- Osorio Calderón, P. H., Andrade Sosa, H. H., & Gómez Prada, U. E. (2010). *Propuesta de un modelo de simulación como herramienta en la justificación y comprensión de la toma de decisiones en la inversión pública. Un enfoque sistémico*. Universidad Industrial de Santander.
- Pac Sajquim, P. J. (2005). *Experiencias en el cultivo de piña (Ananas comosus (L) Merr.) con el híbrido MD en finca La Plata, Coatepeque, Quetzaltenango (Issue L)*. Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Peréz Páez, E. M., Burbano Flores D. A. (2016). *Diseño de un modelo de gestión de la cadena de abastecimiento de una empresa de procesamiento de pulpa de fruta, PROESEMICA*.
- Pinzón Arias, M., Herrera, Y., Albornoz-Garzón, J. G., Botero, A., DoNascimento, C., Carvajal, J. D., Castellanos, L., Gamboa, J., García, D., Garrido, A. M., Garzón, C. A., González, M., Hernández, M. C., Lozano, A. J., Méndez-López, A., Mendoza-Cifuentes, H., Montoya, P., Murillo, D., Neita, J. C., Tovar, E. (2019). *Santander Bio. Resultados, retos y oportunidades*. 29.
- Preciado Barrantes, F. L., & Diaz Fonseca, G. D. (2019). Diseño de una planta de producción de un producto sustituto del cuero elaborado a base de fibras de piña. Universidad Distrital Francisco José de Caldas.
- Ramírez Londoño, D. A., & Valencia Tobón, M. (2012). Modelo de Simulación Continua para la Gestión de la Cadena de Suministros en Productos con Ciclo de Vida Corto.
- Ramírez Molineros, C V; García Barbosa, M, Pantoja Algarin, C. R. (2010). Fundamentos y técnicas de costos (U. L. de Colombia (Ed.)).
- Reina, C., Trujillo, S., & Lizcano, H. (1994). Manejo postcosecha y evaluación de la calidad para la piña (Anana Comusus) que se comercializa en la ciudad de Neiva. Fundación Para El Desarrollo Socioeconómico y Restauración Ambiental. Universidad Surcolombiana. Facultad de Ingeniería. Programa de Ingeniería Agrícola.
- Rozo Gélvez, S M; González Laguado, A Y; Villamizar Loaiza, J. A. (2016). Elaboración de un papel ecológico a base de cogollos de piña. *Revista Nova*, 2(1), 6.
- Sanchez E, J. A. (2012). Manual para la producción de una piña de calidad. Manual.
- Santander BIO. (2018). Biodiversidad en cifras - Santander BIO.
- Santaria Huamani, E.; Alvarado Fasabi, J. S.; Alejandro Flores, J. S.; Bautista Cama, M. C.; Yauyo Cayhualla, Y. A. (2020). Estudio de pre-factibilidad para la producción y comercialización de zapatillas a base de piña de hojas de piña. Universidad San Ignacio de Loyola.

- Scott Hurd H., Kaneene John B. (1993). The application of simulation models and systems analysis in epidemiology: a review.
- Sterman, J. (2014). Business Dynamics, System Thinking and Modeling for a Complex World. *Research Gate*, 147(3), 32.
- Segura, M. A. (2015). *Uso de agroquímicos en la producción intensiva de piña en Costa Rica. Revista Pensamiento Actual Universidad de Costa Rica Sede de Occidente.*
- Tecnologías de la Información y las Comunicaciones de la Orinoquia (2014). *Aprovechamiento residuos biomasa de producción de piña (Ananas Comosus) para el municipio de Aguazul, Casanare.*
- Tribunal Latinoamericano del Agua (2013). *Foro: El monocultivo de piña en Costa Rica y su posible repercusión en los sistemas hídricos.*
- Valencia, A., Obando, L. (2012). *Aproximaciones a la validación en Dinámica de Sistemas. Universidad Nacional de Colombia sede Medellín.*
- Vidal Holguín, C. J. (2009). *Fundamentos de control y gestión de inventarios (Comité Edi).*
- Yépez Bazán, V. E. (2019). *Comportamiento agronómico de la piña (Ananas comosus L.) variedad perolera, en cuatro distancias de siembra, en el centro de producción y prácticas, Río Verde, de la UPSE, en el Cantón Santa Elena. Universidad Estatal Península de Santa Elena*

## **Anexos**

A continuación, se presentan las Matrices de impacto ambiental de las alternativas seleccionadas de forma completa:

La primera alternativa se presenta en el Anexo 1 la de bolso de cuero vegetal en donde se presenta la matriz Conesa simplificada con las diferentes etapas y subfases en términos de proyecto. También se observan las principales acciones ambientales de los procesos de la alternativa con los principales aspectos ambientales que generan y sus principales impactos ambientales. Posteriormente en el **Anexo 2** se presenta la alternativa de papel en donde se presenta la matriz Conesa simplificada con las diferentes etapas y subfases en términos de proyecto. Y finalmente se presenta en el **Anexo 3** la alternativa Calzado de Cuero Vegetal.

En la matriz se identifica los diferentes procesos de la alternativa, como los que compone la preparación del sitio, la construcción de la planta, su operación y terminación del proyecto. En la columna de signos indica si el impacto es benéfico o nocivo en términos del medio ambiente, en las siguientes columnas son los criterios de la matriz que cuentan con un rango de valores según lo que se está midiendo de cada impacto. Por último, se calcula la Importancia con la fórmula descrita en los fundamentos teóricos a partir de los criterios y según el valor se clasifica el impacto en Compatible, Moderado, Severo y Crítico, siendo el último con mayor efecto.

**Anexo 1**Matriz de impacto *ambiental de la alternativa de bolso de cuero vegetal.*

Etapas Del Proyecto	Subfase	Principales Acciones Ambientales	Principales Aspectos Ambientales	Principales Impactos Ambientales	Signo	In	Ex	Mo	Pe	Rv	Si	Ac	Ef	Pr	Mc	Total	Impacto
Adecuación	Preparación del sitio	Adquisición de predios	Incremento de expectativas en la comunidad	Mejoras en las expectativas en la comunidad por el inicio del proyecto	+	1	4	2	4	2	2	1	4	1	2	29	Moderado
		Limpieza del sitio	Pérdida de remoción de la vegetación arbórea y abustiva	Pérdida de vegetación de la zona del proyecto	-	4	4	4	2	2	2	1	4	1	4	40	Moderado
			Generación de residuos sólidos	Contaminación del suelo por residuos sólidos	-	2	4	4	2	2	2	1	4	2	2	33	Moderado
			Incremento de ruido	Afectación a la salud auditiva	-	2	4	4	2	1	2	1	4	2	1	31	Moderado
		Transporte y acarreo	Incremento del tráfico vehicular	Incremento riesgo de accidentabilidad	-	2	4	4	2	1	2	1	4	2	1	31	Moderado
			Generación de polvo	Afectación a la calidad del aire	-	2	4	4	2	1	2	1	4	2	1	31	Moderado
		Contratación de personal	Requerimiento de talento humano	Generación de empleo	+	4	4	4	4	2	4	4	4	1	2	45	Moderado
Construcción de la planta y montaje de equipos e	Construcción de la planta bolsos	Transporte y acarreo	Incremento de ruido	Afectación a la salud auditiva	-	2	4	4	2	1	2	1	4	2	1	31	Moderado

**Anexo 1****Matriz de impacto ambiental de la alternativa de bolso de cuero vegetal.**

<b>Etapas Del Proyecto</b>	<b>Subfase</b>	<b>Principales Acciones Ambientales</b>	<b>Principales Aspectos Ambientales</b>	<b>Principales Impactos Ambientales</b>	<b>Signo</b>	<b>In</b>	<b>Ex</b>	<b>Mo</b>	<b>Pe</b>	<b>Rv</b>	<b>Si</b>	<b>Ac</b>	<b>Ef</b>	<b>Pr</b>	<b>Mc</b>	<b>Total</b>	<b>Impacto</b>	
infraestructura, de la empresa para generar bolsos de cuero vegetal	de cuero vegetal , montaje de maquinaria , equipos y acondicionamiento del lugar		Incremento de tráfico vehicular	Incremento riesgo de accidentabilidad	-	2	4	4	2	1	2	1	4	2	1	31	Moderado	
			Generación de polvo	Afectación a la calidad del aire	-	2	2	4	2	1	2	1	4	2	1	27	Moderado	
			Generación de ruido	Afectación a la salud auditiva	-	2	2	4	2	1	2	1	4	1	1	26	Moderado	
			Generación de polvo	Afectación a la calidad del aire	-	2	2	4	2	1	2	1	4	1	1	26	Moderado	
	Excavaciones			Remoción de suelos	Alteración y erosión de suelos	-	4	1	4	4	4	2	1	4	1	4	38	Moderado
				Excavación de suelos	Alteración y erosión de suelos	-	4	1	4	4	4	2	1	4	1	4	38	Moderado
				Incremento del tráfico vehicular	Incremento riesgo de accidentabilidad	-	2	4	4	2	1	2	1	4	2	1	31	Moderado
	Levantamiento de estructuras			Contratación de personal para la construcción	Requerimiento de talento humano	+	2	4	4	2	1	2	1	4	2	1	31	Moderado
				Levantamiento de estructuras artificiales en el paisaje	Degradación de la cobertura vegetal	-	4	1	2	4	4	2	4	4	1	8	43	Moderado
				Generación de residuos sólidos (escombros, sedimentos )	Contaminación de suelos por escombros y sedimentos (?)	-	4	1	2	2	2	2	4	4	1	4	35	Moderado

**Anexo 1****Matriz de impacto ambiental de la alternativa de bolso de cuero vegetal.**

Etapas Del Proyecto	Subfase	Principales Acciones Ambientales	Principales Aspectos Ambientales	Principales Impactos Ambientales	Signo	In	Ex	Mo	Pe	Rv	Si	Ac	Ef	Pr	Mc	Total	Impacto
Operación maquinaria y equipos		Montaje de maquinaria y equipos	Generación de ruido	Afectación a la salud auditiva	-	2	2	4	2	1	2	1	4	1	1	26	Moderado
			Generación de polvo	Afectación a la calidad del aire	-	2	2	4	2	1	2	1	4	1	1	26	Moderado
			Generación de ruido	Afectación a la salud auditiva	-	2	2	4	2	1	2	1	4	1	1	26	Moderado
			Generación de vibraciones	Incremento de ruido	-	2	2	4	2	1	2	1	4	1	1	26	Moderado
			Producción de gases	Contaminación atmosférica	-	2	2	4	1	1	2	1	4	1	1	25	Compatible
Operación de la planta de producción ( procesos ) y mantenimiento	Contratación de personal	Contratación de personal necesario para la planta de producción de bolsos	Requerimiento de talento humano	Generación de empleo	+	8	2	4	4	2	2	1	4	2	4	51	Severo
	Recolección y selección de la materia prima	Transporte de los residuos orgánicos a la planta de producción de Calzado	Incremento de ruido	Afectación a la salud auditiva	-	2	4	4	2	1	2	1	4	2	1	31	Moderado
			Incremento del tráfico vehicular	Incremento riesgo de accidentabilidad	-	2	4	4	2	1	2	1	4	2	1	31	Moderado
			Generación de polvo	Afectación a la calidad del aire	-	2	4	4	2	1	2	1	4	2	1	31	Moderado
		Cortar las hojas de piña y mantenerlas en agua	Contaminación del agua	Contaminación del agua por partículas sólidas durante el corte	-	4	1	4	2	1	2	1	4	2	2	32	Moderado

**Anexo 1****Matriz de impacto ambiental de la alternativa de bolso de cuero vegetal.**

Etapas Del Proyecto	Subfase	Principales Acciones Ambientales	Principales Aspectos Ambientales	Principales Impactos Ambientales	Signo	In	Ex	Mo	Pe	Rv	Si	Ac	Ef	Pr	Mc	Total	Impacto
Extracción de la fibra de las hojas de la piña	Extracción de la fibra a través de una desfibradora		Generación de residuos sólidos	Afectación de los suelos por residuos sólidos	-	2	1	4	2	1	2	1	4	2	1	25	Compatible
			Generación de ruido	Afectación a la salud auditiva	-	2	2	4	2	1	2	1	4	2	1	27	Moderado
			Generación de residuos sólidos (residuos orgánicos)	Afectación de los suelos por residuos sólidos	-	2	1	4	2	1	2	1	4	2	1	25	Compatible
	Lavado de la fibra en tanques de agua	Contaminación del agua	Contaminación del agua por residuos sólidos	-	2	1	4	2	1	2	1	4	2	2	26	Moderado	
	Suavizado de la fibra con diferentes químicos	Contaminación del agua	Contaminación del agua por químicos disueltos en ella	-	4	1	4	1	2	2	1	4	2	4	34	Moderado	
	Secado y almacenamiento de las fibras	Contaminación de aire	Contaminación del aire por materia particulado durante el secado de las fibras	-	1	1	4	1	2	2	1	4	2	4	25	Compatible	
	Creación del cuero vegetal a partir de la fibra de las hojas de piña	Escarneado	Contaminación de aire	Contaminación del aire por material particulado durante el escarneado de las fibras	-	2	1	4	1	2	2	1	4	2	1	25	Compatible

**Anexo 1**Matriz de impacto *ambiental de la alternativa de bolso de cuero vegetal.*

Etapas Del Proyecto	Subfase	Principales Acciones Ambientales	Principales Aspectos Ambientales	Principales Impactos Ambientales	Signo	In	Ex	Mo	Pe	Rv	Si	Ac	Ef	Pr	Mc	Total	Impacto
		Cardado	Generación de polvo	Afectación a la calidad del aire	-	2	1	4	1	2	2	1	4	2	1	25	Compatible
		Punzado	Generación de polvo	Afectación a la calidad del aire	-	2	1	4	1	2	2	1	4	2	1	25	Compatible
		Adhesión del cuero vegetal	Generación de ruido	Afectación a la salud auditiva	-	2	2	4	2	1	2	1	4	2	1	27	Moderado
		Adhesión de tintes al cuero vegetal	Contaminación de agua	Contaminación del agua por químicos	-	4	2	4	2	1	2	1	4	2	1	33	Moderado
		Cortes de cuero vegetal según los diseños	Generación de residuos de cuero vegetal	Afectación de los suelos por residuos sólidos	-	1	1	4	2	1	2	1	4	2	1	22	Compatible
		Cosido bolso	Generación de residuos de cuero vegetal	Afectación de los suelos por residuos sólidos	-	1	1	4	2	1	2	1	4	2	1	22	Compatible
		Acabados	Generación de residuos de cuero vegetal	Afectación de los suelos por residuos sólidos	-	1	1	4	2	1	2	1	4	2	1	22	Compatible
		Empaque	Generación de residuos de bolsa de papel	Afectación de los suelos por residuos sólidos	-	1	1	4	2	1	2	1	4	2	1	22	Compatible
		Almacenamiento producto final en bolsas de papel	Almacenamiento de bolsos	Generación de ruidos	-	1	1	4	1	1	2	1	4	2	1	21	Compatible
		Mantenimiento de maquinaria y equipos	Descarga de combustibles, aceites, grasas y lubricantes	Incremento de combustibles, aceites, grasas y lubricantes	-	2	2	4	1	1	2	1	4	2	1	26	Moderado

**Anexo 1****Matriz de impacto ambiental de la alternativa de bolso de cuero vegetal.**

Etapas Del Proyecto	Subfase	Principales Acciones Ambientales	Principales Aspectos Ambientales	Principales Impactos Ambientales	Signo	In	Ex	Mo	Pe	Rv	Si	Ac	Ef	Pr	Mc	Total	Impacto
		Descarga de aguas de lavado de máquinas con residuos sólidos	Contaminación del agua	Contaminación del agua con residuos sólidos	-	2	1	4	1	1	2	1	4	2	1	24	Compatible
			Generación de ruido	Afectación a la salud auditiva	-	2	1	4	1	1	2	1	4	1	1	23	Compatible
		Desmante de la venta y equipos	Generación de polvo	Afectación a la calidad del aire	-	2	1	4	1	1	2	1	4	1	1	23	Compatible
			Incremento del tráfico vehicular	Incremento del riesgo de accidentabilidad	-	1	1	4	1	1	2	1	4	1	1	20	Compatible
Terminación del proyecto	Desmantelamiento de la planta	Liquidación de contratos laborales	Eliminación de contratos laborales	Dstrucción de empleo	-	8	2	4	4	2	2	1	4	2	4	51	Severo
		Ventas de predios y otros activos	Reducción de las expectativas de la comunidad	Disminución de las expectativas de la comunidad por la finalización del proyecto	-	1	4	2	4	2	2	1	4	1	2	29	Moderado

**Nota:** Se presenta la matriz Conesa simplificada de la alternativa de bolso de cuero vegetal con las diferentes etapas y subfase en términos de proyecto. se expone las principales acciones ambientales, principales aspectos e impactos ambientales con los criterios de la matriz y la clasificación del impacto. Reproducida de: Matriz de impacto ambiental de la alternativa de bolso de cuero vegetal. (Autores,2021)

## Anexo 2

### Matriz de impacto ambiental de la alternativa de papel

Etapas Del Proyecto	Subfase	Principales Acciones Ambientales	Principales Aspectos Ambientales	Principales Impactos Ambientales	Signo	I	E	M	P	R	S	A	E	P	M	Total	Impacto
						n	x	o	e	v	i	c	f	r	c		
Adecuación	Preparación del sitio	Adquisición de predios	Incremento de expectativas en la comunidad	Mejoras en las expectativas en la comunidad por el inicio del proyecto	_{+}	1	4	2	4	2	2	1	4	1	2	29	Moderado
		Limpieza del sitio	Pérdida de remoción de la vegetación arbórea y abustiva	Pérdida de vegetación de la zona del proyecto	_{-}	4	4	4	2	2	2	1	4	1	4	40	Moderado
			Generación de residuos sólidos	Contaminación del suelo por residuos sólidos	_{-}	2	4	4	2	2	2	1	4	2	2	33	Moderado
			Incremento de ruido	Afectación a la salud auditiva	_{-}	2	4	4	2	1	2	1	4	2	1	31	Moderado
			Incremento del tráfico vehicular	Incremento riesgo de accidentabilidad	_{-}	2	4	4	2	1	2	1	4	2	1	31	Moderado
			Generación de polvo	Afectación a la calidad del aire	_{-}	2	4	4	2	1	2	1	4	2	1	31	Moderado
			Contratación de personal	Requerimiento de talento humano	Generación de empleo	_{+}	4	4	4	4	2	4	4	4	1	2	45
Construcción de la planta y montaje de equipos e infraestruct	Construcción de la planta de bolsos de cuero	Transporte y acarreo	Incremento de ruido	Afectación a la salud auditiva	_{-}	2	4	4	2	1	2	1	4	2	1	31	Moderado
			Incremento de tráfico vehicular	Incremento riesgo de accidentabilidad	_{-}	2	4	4	2	1	2	1	4	2	1	31	Moderado
			Generación de polvo	Afectación a la calidad del aire	_{-}	2	2	4	2	1	2	1	4	2	1	27	Moderado

## Anexo 2

### Matriz de impacto ambiental de la alternativa de papel

Etapas Del Proyecto	Subfase	Principales Acciones Ambientales	Principales Aspectos Ambientales	Principales Impactos Ambientales	Signo	I	E	M	P	R	S	A	E	P	M	Total	Impacto
						n	x	o	e	v	i	c	f	r	c		
ura, de la empresa para generar papel	vegetal , montaje de maquinaria , equipos y acondicionamiento del lugar	Excavaciones	Generación de ruido	Afectación a la salud auditiva	-	2	2	4	2	1	2	1	4	1	1	26	Moderado
			Generación de polvo	Afectación a la calidad del aire	-	2	2	4	2	1	2	1	4	1	1	26	Moderado
			Remoción de suelos	Alteración y erosión de suelos	-	4	1	4	4	4	2	1	4	1	4	38	Moderado
			Excavación de suelos	Alteración y erosión de suelos	-	4	1	4	4	4	2	1	4	1	4	38	Moderado
			Incremento del tráfico vehicular	Incremento riesgo de accidentabilidad	-	2	4	4	2	1	2	1	4	2	1	31	Moderado
	Contratación de personal para la construcción	Requerimiento de talento humano	Generación de empleo	+	2	4	4	2	1	2	1	4	2	1	31	Moderado	
	Levantamiento de estructuras		Levantamiento de estructuras artificiales en el paisaje	Degradación de la cobertura vegetal	-	4	1	2	4	4	2	4	4	1	8	43	Moderado
			Generación de residuos sólidos (escombros, sedimentos )	Contaminación de suelos por escombros y sedimentos (?)	-	4	1	2	2	2	2	4	4	1	4	35	Moderado
			Generación de ruido	Afectación a la salud auditiva	-	2	2	4	2	1	2	1	4	1	1	26	Moderado

## Anexo 2

### Matriz de impacto ambiental de la alternativa de papel

Etapas Del Proyecto	Subfase	Principales Acciones Ambientales	Principales Aspectos Ambientales	Principales Impactos Ambientales	Signo	I	E	M	P	R	S	A	E	P	M	Total	Impacto		
						n	x	o	e	v	i	c	f	r	c				
	Operación maquinaria y equipos	Montaje de maquinaria y equipos	Generación de polvo	Afectación a la calidad del aire	-	2	2	4	2	1	2	1	4	1	1	26	Moderado		
			Generación de ruido	Afectación a la salud auditiva	-	2	2	4	2	1	2	1	4	1	1	26	Moderado		
			Generación de vibraciones	Incremento de ruido	-	2	2	4	2	1	2	1	4	1	1	26	Moderado		
			Producción de gases	Contaminación atmosférica	-	4	2	4	1	1	2	1	4	1	1	31	Moderado		
Operación de la planta de producción (procesos) y mantenimiento	Contratación de personal	Contratación de personal necesario para la planta de producción papel biodegradable	Requerimiento de talento humano	Generación de empleo	+	8	2	4	4	2	2	1	4	2	4	51	Severo		
			Recolección y selección de la materia prima	Recolección y selección de las cáscaras, cogollos de la piña y hojas	Generación de residuos sólidos	Afectación de los suelos por residuos sólidos	-	2	1	4	2	1	2	1	4	2	1	25	Compatible
					Generación de ruido	Afectación a la salud auditiva durante la recolección y selección	-	1	2	4	1	1	1	1	4	2	1	22	Compatible
			Preparación de la materia prima	Lavado de la materia prima	Contaminación del agua	Contaminación del agua por partículas orgánicas durante el lavado	-	2	1	4	2	1	2	1	4	2	2	26	Moderado
		Troceado de la materia prima	Generación de residuos orgánicos	Contaminación del suelo por residuos orgánicos	-	2	1	4	2	1	2	1	4	2	2	26	Moderado		

## Anexo 2

### Matriz de impacto ambiental de la alternativa de papel

Etapas Del Proyecto	Subfase	Principales Acciones Ambientales	Principales Aspectos Ambientales	Principales Impactos Ambientales	Signo	I	E	M	P	R	S	A	E	P	M	Total	Impacto
						n	x	o	e	v	i	c	f	r	c		
			Generación de ruido	Afectación a la salud auditiva por el corte de residuos orgánicos	-	2	4	4	2	1	2	1	4	2	1	31	Moderado
		Preparación del licor blanco de papel a través de NaOH	Contaminación del agua	Contaminación del agua por químicos disueltos en ella	-	8	2	4	4	2	2	1	4	2	4	51	Severo
			Contaminación de aire	Contaminación del aire por producción de gases	-	4	2	4	2	1	2	1	4	2	2	34	Moderado
Creación del papel a partir de los residuos agrícolas de la piña y el licor blanco de NaOH	Cocción de la pulpa	Lavado de la pulpa	Contaminación del aire	Contaminación del aire por producción de gases y olores durante la cocción de la pulpa	-	4	2	4	2	1	2	1	4	2	2	34	Moderado
			Contaminación del agua	Contaminación del agua por residuos sólidos y químicos	-	8	2	4	4	2	2	4	4	2	4	54	Severo
	Licuado	Contaminación del suelo	Afectación de los suelos por residuos sólidos	-	4	2	4	4	2	2	1	4	2	2	37	Moderado	
		Generación de ruido	Afectación a la salud auditiva por el licuado de la pulpa	-	2	2	4	1	1	2	1	4	2	2	27	Moderado	
			Generación de residuos sólidos	Afectación de los suelos por residuos sólidos	-	1	2	4	4	1	2	1	4	2	2	27	Moderado
Prensado, secado y	Prensado		Generación de residuos sólidos	Afectación de los suelos por residuos sólidos	-	1	2	2	4	1	2	1	4	2	2	25	Compatible

## Anexo 2

### Matriz de impacto ambiental de la alternativa de papel

Etapas Del Proyecto	Subfase	Principales Acciones Ambientales	Principales Aspectos Ambientales	Principales Impactos Ambientales	Signo	I E M P R S A E P M											Total	Impacto
						n	x	o	e	v	i	c	f	r	c			
acabados del producto final(papel)	Secado		Contaminación del aire	Contaminación del aire por material particulado durante el secado de las hojas	-	1	2	4	2	1	2	1	4	2	2	25	Compatible	
	Acabados		Generación de residuos de papel	Afectación de los suelos por residuos sólidos	-	1	1	2	4	1	2	1	4	2	2	23	Compatible	
	Empaque de las hojas en paquetes		Generación de residuos de los paquetes	Afectación de los suelos por residuos sólidos	-	1	1	2	2	1	2	1	4	2	1	20	Compatible	
Almacenamiento producto final en paquetes	Almacenamiento de papel		Generación de ruidos	Afectación a la salud auditiva	-	2	2	4	1	1	2	1	4	2	2	27	Moderado	
Mantenimiento de maquinaria y equipos	Descarga de combustibles, aceites, grasas y lubricantes		Incremento de combustibles, aceites , grasas y lubricantes	Contaminación del agua por químicos y elementos pesados	-	2	2	4	1	1	2	1	4	2	1	26	Moderado	
	Descarga de aguas de lavado de máquinas con residuos sólidos		Contaminación del agua	Contaminación del agua con residuos sólidos	-	2	1	4	2	1	2	1	4	2	2	26	Moderado	
Terminación del proyecto	Desmantelamiento de la planta	Desmonte de la venta y equipos	Generación de ruido	Afectación a la salud auditiva	-	2	1	4	1	1	2	1	4	1	1	23	Compatible	
			Generación de polvo	Afectación a la calidad del aire	-	2	1	4	1	1	2	1	4	1	1	23	Compatible	

## Anexo 2

### Matriz de impacto ambiental de la alternativa de papel

Etapas Del Proyecto	Subfase	Principales Acciones Ambientales	Principales Aspectos Ambientales	Principales Impactos Ambientales	Signo	I	E	M	P	R	S	A	E	P	M	Total	Impacto
						n	x	o	e	v	i	c	f	r	c		
		Liquidación de contratos laborales	Incremento del tráfico vehicular	Incremento del riesgo de accidentabilidad	-	1	1	4	1	1	2	1	4	1	1	20	Compatible
			Eliminación de contratos laborales	Dstrucción de empleo	-	8	2	4	4	2	2	1	4	2	4	51	Severo
		Ventas de predios y otros activos	Reducción de las expectativas de la comunidad	Disminución de las expectativas de la comunidad por la finalización del proyecto	-	1	4	2	4	2	2	1	4	1	2	29	Moderado

**Nota:** Se presenta la matriz Conesa simplificada de la alternativa de papel con las etapas, subfases acciones ambientales, aspectos e impactos ambientales con los criterios de la matriz y la clasificación del impacto. Reproducida de: Matriz de impacto ambiental de la alternativa de papel.

(Autores,2021)

### Anexo 3

#### Matriz de impacto ambiental de la alternativa de calzado

Etapas Del Proyecto	Subfases	Principales Acciones Ambientales	Principales Aspectos Ambientales	Principales Impactos Ambientales	Signo	I	E	M	P	R	S	A	E	P	M	Total	Impacto
						n	x	o	e	v	i	c	f	r	c		
Adecuación	Preparación del sitio	Adquisición de predios	Incremento de expectativas en la comunidad	Mejoras en las expectativas en la comunidad por el inicio del proyecto	+	1	4	2	4	2	2	1	4	1	2	29	Moderado
		Limpieza del sitio	Pérdida de remoción de la vegetación arbórea y abustiva	Pérdida de vegetación de la zona del proyecto	-	4	4	4	2	2	2	1	4	1	4	40	Moderado
			Generación de residuos sólidos	Contaminación del suelo por residuos sólidos	-	2	4	4	2	2	2	1	4	2	2	33	Moderado
		Transporte y acarreo	Incremento de ruido	Afectación a la salud auditiva	-	2	4	4	2	1	2	1	4	2	1	31	Moderado
			Incremento del tráfico vehicular	Incremento riesgo de accidentabilidad	-	2	4	4	2	1	2	1	4	2	1	31	Moderado
			Generación de polvo	Afectación a la calidad del aire	-	2	4	4	2	1	2	1	4	2	1	31	Moderado
		Contratación de personal	Requerimiento de talento humano	Generación de empleo	+	4	4	4	4	2	4	4	4	1	2	45	Moderado
Construcción de la planta y montaje de equipos e infraestructura, de la empresa	Construcción de la planta bolso de cuero	Incremento de ruido	Afectación a la salud auditiva	-	2	4	4	2	1	2	1	4	2	1	31	Moderado	
		Transporte y acarreo	Incremento de tráfico vehicular	Incremento riesgo de accidentabilidad	-	2	4	4	2	1	2	1	4	2	1	31	Moderado
			Generación de polvo	Afectación a la calidad del aire	-	2	2	4	2	1	2	1	4	2	1	27	Moderado
	Excavaciones	Generación de ruido	Afectación a la salud auditiva	-	2	2	4	2	1	2	1	4	1	1	26	Moderado	



### Anexo 3

#### Matriz de impacto ambiental de la alternativa de calzado

Etapas Del Proyecto	Subfas es	Principales Acciones Ambientales	Principales Aspectos Ambientales	Principales Impactos Ambientales	Signo	I	E	M	P	R	S	A	E	P	M	Total	Impacto	
						n	x	o	e	v	i	c	f	r	c			
	maquinaria y equipos	Montaje de maquinaria y equipos		Generación de ruido	Afectación a la salud auditiva	-	2	2	4	2	1	2	1	4	1	1	26	Moderado
				Generación de vibraciones	Incremento de ruido	-	2	2	4	2	1	2	1	4	1	1	26	Moderado
				Producción de gases	Contaminación atmosférica	-	2	2	4	1	1	2	1	4	1	1	25	Compatible
Operación de la planta de producción ( procesos ) y mantenimiento de la materia prima	Contratación de personal para la planta de producción papel biodegradable	Contratación de personal necesario para la planta de producción papel biodegradable	Requerimiento de talento humano	Generación de empleo		+	8	2	4	4	2	2	1	4	2	4	51	Severo
				Incremento de ruido	Afectación a la salud auditiva	-	2	4	4	2	1	2	1	4	2	1	31	Moderado
				Incremento del tráfico vehicular	Incremento riesgo de accidentabilidad	-	2	4	4	2	1	2	1	4	2	1	31	Moderado
				Generación de polvo	Afectación a la calidad del aire	-	2	4	4	2	1	2	1	4	2	1	31	Moderado
				Cortar las hojas de piña y mantenerlas en agua	Contaminación del agua	-	4	1	4	2	1	2	1	4	2	2	32	Moderado
				Generación de residuos sólidos	Afectación de los suelos por residuos sólidos	-	2	1	4	2	1	2	1	4	2	1	25	Compatible

### Anexo 3

#### Matriz de impacto ambiental de la alternativa de calzado

Etapas Del Proyecto	Subfases	Principales Acciones Ambientales	Principales Aspectos Ambientales	Principales Impactos Ambientales	Signo	I	E	M	P	R	S	A	E	P	M	Total	Impacto
						n	x	o	e	v	i	c	f	r	c		
Obtención de láminas de fibra	Proceso de desfibración		Generación de ruido	Afectación a la salud auditiva	-	2	2	4	2	1	2	1	4	2	1	27	Moderado
			Generación de residuos sólidos (residuos orgánicos)	Afectación de los suelos por residuos sólidos	-	2	1	4	2	1	2	1	4	2	1	25	Compatible
	Lavado, agua residual		Contaminación de agua con materiales orgánicos	Contaminación del agua por material orgánico	-	2	1	4	2	1	2	1	4	2	2	26	Moderado
			requerimiento de energía	Consumo de energía eléctrica alto	-	4	1	4	1	1	2	1	4	2	1	30	Moderado
	Desgomado		Generación de aguas residuales con materiales inorgánicos	Contaminación del agua por químicos	-	8	4	4	2	1	2	1	4	2	4	52	Severo
			Contaminación del aire	Contaminación del aire por material particulado durante el calentamiento del producto durante su proceso de desgomado.	-	4	2	4	1	1	2	1	4	2	1	32	Moderado
			requerimiento de energía	Consumo de energía eléctrica alto	-	2	1	4	1	1	2	1	4	2	1	24	Compatible
	Secado industrial		generación de vibraciones	Afectación a la salud auditiva		2	1	4	1	1	2	1	4	2	1	24	Compatible



### Anexo 3

#### Matriz de impacto ambiental de la alternativa de calzado

Etapas Del Proyecto	Subfas es	Principales Acciones Ambientales	Principales Aspectos Ambientales	Principales Impactos Ambientales	Signo	I	E	M	P	R	S	A	E	P	M	Total	Impacto
						n	x	o	e	v	i	c	f	r	c		
produccion	Corte y trazado del cuero		Generación de ruido	Afectación de la salud auditiva por el ruido de corte y trazado del cuero vegetal	-	2	2	4	2	1	2	1	4	2	1	27	Moderado
				Generación de residuos orgánicos	Generación de residuos sólidos de cuero vegetal	-	2	1	4	2	1	2	1	4	2	2	26
	Desbaste		Generación de ruido	Afectación a la salud auditiva durante el proceso de desbaste de las piezas de cuero	-	2	1	4	2	1	2	1	4	2	1	25	Compatible
				Generación de residuos orgánicos	Generación de residuos orgánicos que quedan durante la adhesión del cuero a la horna	-	1	1	4	2	1	2	1	4	2	2	23
	Desolador y emplantillado		Contaminación del aire	Afectación a la calidad del aire por vapores generados del pegante industrial	-	8	4	4	2	1	2	4	4	4	4	57	Severo
				Generación de ruido	Afectación a la salud auditiva por el proceso de desolado y emplantillado en el calzado	-	2	2	4	1	1	2	1	4	2	1	26
	Montaje y acabado		Generación de residuos sólidos	Generación de residuos orgánicos de cuero vegetal , hilos y otras partes del	-	1	1	4	2	1	2	1	4	2	2	23	Compatible

### Anexo 3

#### Matriz de impacto ambiental de la alternativa de calzado

Etapas Del Proyecto	Subfas es	Principales Acciones Ambientales	Principales Aspectos Ambientales	Principales Impactos Ambientales	Signo	I E M P R S A E P M											Total	Impacto
						n	x	o	e	v	i	c	f	r	c			
				zapato durante su montaje y acabado														
		Empaquetado y etiquetado	Generación de ruido	Generación de ruido durante el empaquetado y etiquetado de las cajas en donde se va a empaquetar los zapatos	-	1	2	4	1	1	2	1	4	2	1	23	Compatible	
			Contaminación del aire	Contaminación del aire por vapores generados del pegante de la cinta adhesiva y del etiquetado	-	1	2	4	1	1	2	1	4	2	1	23	Compatible	
		Almacenamiento de calzado	Generación de ruido	Afectación a la salud auditiva por el proceso de almacenamiento de las cajas de calzado	-	1	2	4	1	1	2	1	4	2	1	23	Compatible	
	Mantenimiento de maquinaria y equipos	Descarga de combustibles, aceites, grasas y lubricantes	Incremento de combustibles, aceites, grasas y lubricantes	Contaminación del agua por químicos y elementos pesados	-	2	2	4	1	1	2	1	4	2	1	26	Moderado	
		Descarga de aguas de lavado de máquinas con	Contaminación del agua	Contaminación del agua con residuos sólidos	-	2	1	4	1	1	2	1	4	2	1	24	Compatible	

### Anexo 3

#### Matriz de impacto ambiental de la alternativa de calzado

Etapas Del Proyecto	Subfases	Principales Acciones Ambientales	Principales Aspectos Ambientales	Principales Impactos Ambientales	Signo	I	E	M	P	R	S	A	E	P	M	Total	Impacto	
						n	x	o	e	v	i	c	f	r	c			
		residuos sólidos																
Terminación del proyecto	Desmantelamiento de la planta		Generación de ruido	Afectación a la salud auditiva	-	2	1	4	1	1	2	1	4	1	1	23	Compatible	
			Generación de polvo	Afectación del aire	-	2	1	4	1	1	2	1	4	1	1	23	Compatible	
			Incremento del tráfico vehicular	Incremento del riesgo de accidentabilidad	-	1	1	4	1	1	2	1	4	1	1	20	Compatible	
			Liquidación de contratos laborales	Eliminación de contratos laborales	Dstrucción de empleo	-	8	2	4	4	2	2	1	4	2	4	51	Severo
			Ventas de predios y otros activos	Reducción de las expectativas de la comunidad	Disminución de las expectativas de la comunidad por la finalización del proyecto	-	1	4	2	4	2	2	1	4	1	2	29	Moderado

**Nota:** Se presenta la matriz Conesa simplificada de la alternativa de calzado con las diferentes etapas y subfase en términos de proyecto. Al igual que la matriz de bolso y papel, se expone las principales acciones ambientales, principales aspectos e impactos ambientales con los criterios de la matriz y la clasificación del impacto. Reproducida de: Matriz de impacto ambiental de la alternativa de calzado (Autores,2021)