

**DISEÑO DE MODELO DE OPTIMIZACIÓN DEL NODO PRODUCTIVO DEL
CAFÉ EN LA PROVINCIA DE LENGUPÁ (BOYACÁ).**

DANIEL RICARDO GONZÁLEZ SOLANO

DUVAN FELIPE CORREDOR CANO

UNIVERSIDAD ANTONIO NARIÑO

SEDE DUITAMA

FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

DUITAMA, BOYACÁ

2020

**DISEÑO DE MODELO DE OPTIMIZACIÓN DEL NODO PRODUCTIVO DEL
CAFÉ EN LA PROVINCIA DE LENGUPÁ (BOYACÁ).**

**DANIEL RICARDO GONZÁLEZ SOLANO
DUVAN FELIPE CORREDOR CANO**

**TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR POR EL TÍTULO
PROFESIONAL DE INGENIERO INDUSTRIAL**

**DIRECTOR DEL TRABAJO:
ING. JAIME TRUJILLO MANRIQUE**

**UNIVERSIDAD ANTONIO NARIÑO
SEDE DUITAMA
FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
DUITAMA, BOYACÁ
2020**

Nota de aceptación.

Firma del presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

Duitama, ____ de _____ del 2020.

*“No se trata solo de avanzar,
Se trata de la dirección en que te mueves”.*

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a Dios quien es la luz guía de esta gran aventura desde el día que emprendimos este viaje de convertirnos en profesionales de la Ingeniería Industrial, así mismo a mi familia quienes son un apoyo incondicional y con sus esfuerzos lograron que llegara hasta este punto.

Siempre habrá una razón para levantarnos de las caídas y verlas como una oportunidad de aprender, crecer y mejorar como personas.

Daniel Ricardo González S.

En primer lugar; agradecer a Dios por brindarme la sabiduría y paciencia para la culminación de este modelo de optimización. A mis padres Mariela y José Ignacio y demás familiares por su apoyo incondicional a lo largo de este camino, de los cuales recibí su acompañamiento, apoyo y comprensión, que sin alguna duda ayudaron a la realización de este proyecto.

Duvan Felipe Corredor C.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a Dios por permitirnos sacar adelante este proyecto, darnos la fuerza, entendimiento y conocimiento para sobrellevar de la mejor manera las dificultades y circunstancias que se presentaron en el camino. A nuestros Padres y hermanos por hacer un sinnúmero de esfuerzos para vernos como profesionales y sentirse cada día más orgullosos de nosotros.

Queremos agradecer a la Universidad Antonio Nariño por permitirnos ser parte de este gran proceso de adquirir conocimientos, experiencias y motivación por estos últimos 5 años y llegar a la vida profesional lo más capacitados posibles. A su cuerpo docente, de manera especial a los ingenieros de la facultad de ingeniería industrial por dedicar el tiempo necesario a formarnos de la mejor manera.

De manera especial agradecemos a los docentes y compañeros que en el desarrollo de esta investigación nos brindaron su apoyo, su consejo y su buena energía. A los caficultores y familias de Miraflores y Zetaquirá damos infinitas gracias por abrirnos las puertas de sus fincas y darnos acceso a tener una conversación sobre el café y la vida.

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
1. INTRODUCCIÓN	20
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	21
2.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	21
2.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	25
2.3 ALCANCE Y LÍMITACIONES.....	25
2.4 JUSTIFICACIÓN	26
3. OBJETIVOS	29
3.1 OBJETIVO GENERAL	29
3.2 OBJETIVO ESPECIFICO	29
4. MARCO REFERENCIAL.....	30
4.1 ESTADO DEL ARTE	30
4.2 MARCO TEÓRICO	33
4.3 MARCO CONCEPTUAL	34
5. DISEÑO METODOLÓGICO	36
5.1 TIPO DE ESTUDIO	36
5.2 LOCALIZACIÓN DE LA POBLACIÓN.....	37
5.3 MUESTRA DE ESTUDIO	37
5.4 MÉTODOS UTILIZADOS	38
5.4.1 INSTRUMENTOS	39
5.4.1.1 INSTRUMENTOS DIRIGIDOS A CAFICULTORES	39
5.4.1.2 INSTRUMENTOS DIRIGIDOS A PERSONAL DE COMITÉ CAFETERO	40
5.4.1.3 INSTRUMENTOS DIRIGIDOS A HABITANTES DE LOS MUNICIPIOS EMBLEMA DE LA PROVINCIA DE LENGUPÁ.	40
6. CARACTERIZACIÓN DEL NODO PRODUCTIVO DE LOS PEQUEÑOS PRODUCTORES DE CAFÉ DE LA PROVINCIA DE LENGUPÁ	42

6.1 GENERALIDADES DE LA PROVINCIA	42
6.1.1 MUNICIPIOS A TRABAJAR	44
6.2 EL CAFÉ DE LA PROVINCIA DE LENGUPÁ	46
6.2.1 ¿QUÉ SE SIEMBRA?	46
6.2.2 ¿QUIÉN LO HACE?	49
6.2.3 PROCESO PRODUCTIVO	51
6.2.3.1 PROCESO GENERAL (RELATO)	51
6.2.3.2 IDENTIFICACIÓN DE LOS PROCESOS	59
6.2.3.3 DIAGRAMA GENERAL DE PROCESO	63
6.3 FACTORES VINCULADOS A PROCESO DE SIEMBRA Y POST COSECHA	64
6.3.1 ENFERMEDADES DE LOS CAFETALES DE LENGUPÁ	64
6.3.2 RENDIMIENTO DEL CAFÉ	65
6.3.3 NIVELES DE TOSTADO	66
6.4 CANTIDADES PRODUCIDAS EN LENGUPÁ	67
6.4.1 PRODUCCIÓN BOYACENSE DE CAFÉ	67
6.4.2 PRODUCCIÓN DE CAFÉ EN LA PROVINCIA DE LENGUPÁ	68
6.4.3 SIEMBRA TOTAL DE CAFÉ VARIEDAD LENGUPÁ	69
6.5 FACTOR ECONÓMICO EN LA PRODUCCIÓN DE CAFÉ EN LENGUPÁ	70
6.5.1 MANO DE OBRA	70
6.5.2 INSUMOS INMERSOS EN LA PRODUCCIÓN DE CAFÉ	72
6.5.2.1 ABONOS, HERBICIDAS Y PLAGUICIDAS	72
6.5.2.2 HERRAMIENTAS Y UTENSILIOS DE APLICACIÓN DE INSUMOS ...	74
6.5.2.3 RECURSOS HÍDRICOS	74
6.5.3 TRANSPORTE	76
6.5.4 VENTA DE CARGAS	76
7. IDENTIFICAR VARIABLES Y PARÁMETROS QUE TIENEN ÍNDOLE EN EL PROCESO PRODUCTIVO DEL CAFÉ DE LOS PEQUEÑOS PRODUCTORES DE LENGUPÁ	77

7.1 SELECCIÓN DE VARIABLES	78
7.1.1 PLANTACIÓN.....	79
7.1.1.1 HISTÓRICOS PLANTACIÓN	79
7.1.2 COSECHA	80
7.1.2.1 HISTÓRICOS COSECHA.....	80
7.1.3 FACTOR ECONÓMICO	80
7.1.3.1 HISTÓRICOS FACTORES ECONÓMICOS	81
7.1.4 RENTABILIDAD	82
7.1.4.1 HISTÓRICOS RENTABILIDAD	82
7.1.5 CAPACIDAD	83
7.1.5.1 HISTÓRICOS CAPACIDAD	84
7.2 ANÁLISIS ESTADÍSTICO	85
7.2.1 PRONÓSTICOS	85
7.2.1.1 MÉTODO DE HOLT WINTERS	85
7.2.1.2 MÉTODO DE SUAVIZACIÓN EXPONENCIAL DOBLE	88
7.3 AJUSTE DE PRONÓSTICOS A SIMULACIÓN	91
7.4 AJUSTE DE DURACIÓN DE PROCESOS	94
8. ELABORACIÓN DE MODELO DE OPTIMIZACIÓN DE PRODUCCIÓN DEL NODO DE PEQUEÑOS PRODUCTORES DE CAFÉ EN LA PROVINCIA DE LENGUPÁ (BOYACÁ)	96
8.1 CONCEPTUALIZACIÓN DEL MODELO DE OPTIMIZACIÓN SIMULADO	96
8.2 DISEÑO DEL MODELO.....	97
8.2.1 ESTRUCTURA DEL SISTEMA	98
8.2.2 ELEMENTOS DEL SISTEMA	98
8.2.2.1 LOCACIONES	99
8.2.2.2 ENTIDADES	101
8.2.2.3 RECURSOS	102
8.2.2.4 DISPOSICIONES	103
8.3 ANÁLISIS DEL SISTEMA	104

8.4 INTERPRETACIÓN DE VARIABLES	106
8.4.1 DISTRIBUCIONES UTILIZADAS PARA EL SISTEMA DE OPTIMIZACIÓN	107
8.4.1.1 ENTRADA	107
8.4.1.2 SALIDA	108
8.4.1.3 PROCESOS	109
8.4.1.3.1 SIEMBRA	109
8.4.1.3.2 ABONADO	110
8.4.1.3.3 REPASADO	111
8.4.1.3.4 FERTILIZADO	112
8.4.1.3.5 PODA Y DESHILADO	113
8.4.1.3.6 CONTROL DE PLAGAS	114
8.4.1.3.7 COSECHA/RECOLECCIÓN	115
8.4.1.3.8 SEPARACIÓN	116
8.4.1.3.9 APURADO	117
8.4.1.3.10 DESPULPADO	118
8.4.1.3.11 FERMENTO	119
8.4.1.3.12 SECADO	120
8.4.1.3.13 ENLONADO	121
8.5 CAPTURAS DEL MODELAMIENTO DEL SISTEMA	122
8.6 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN DEL MODELO	124
8.6.1 VERIFICACIÓN	124
8.6.2 VALIDACIÓN	124
8.7 ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS	126
8.7.1 RESULTADOS ENTIDAD	127
8.7.2 RESULTADOS PROCESOS	128
8.7.3 RESULTADOS ECONÓMICOS	129
8.7.4 CONTEXTUALIZACIÓN DE LOS RESULTADOS DEL MODELO	130
8.7.4.1 DIAGRAMA DE FLUJO SIMULACIÓN – REALIDAD	130
9. MODELO DE OPTIMIZACIÓN SUGERIDO	132

9.1 ESCENARIO (1) MODELO DE OPTIMIZACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DEL GRANO CONVENCIONAL APLICADA A LOS PEQUEÑOS PRODUCTORES DE NODO DE LENGUPÁ.	132
9.1.1 OPTIMIZACIÓN SUGERIDA	133
9.1.2 DIAGRAMACIÓN	137
9.1.3 SIMULACIÓN DE OPTIMIZACIÓN (ESCENARIO 1)	139
9.1.3.1 MODELADO GENERAL DEL SISTEMA	139
9.1.3.2 RESULTADOS DE PROCESOS OPTIMIZADOS	139
9.1.3.3 RESULTADOS ECONÓMICOS	140
9.2 ESCENARIO (2) MODELO DE OPTIMIZACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DEL GRANO AUTOMATIZADO APLICADO A LOS PEQUEÑOS PRODUCTORES DE NODO DE LENGUPÁ.	142
9.2.1 OPTIMIZACION SUGERIDA	142
9.2.2 DIAGRAMACION	146
9.2.3 SIMULACION DE OPTIMIZACION (ESCENARIO 2)	147
9.2.3.1 MODELADO GENERAL DEL SISTEMA	147
9.2.3.2 RESULTADOS DE PROCESOS OPTIMIZADOS	148
9.2.3.3 RESULTADOS ECONOMICOS	149
9.3 ESCENARIO (3) MODELO DE OPTIMIZACIÓN DE LA PRODUCCIÓN Y TRATAMIENTO POSTCOSECHA DEL GRANO AUTOMATIZADO APLICADO A LOS PEQUEÑOS PRODUCTORES DE NODO DE LENGUPÁ	151
9.3.1 OPTIMIZACIÓN SUGERIDA	151
9.3.2 RESULTADOS ECONÓMICOS	157
10. CONCLUSIONES	162
11. RECOMENDACIONES	165
12. BIBLIOGRAFÍA	167
13. ANEXOS	174

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Problemáticas cafeteras de la provincia de Lengupá.	24
Tabla 2. El café de Lengupá.	47
Tabla 3. Tipo de productor.	50
Tabla 4. Número de caficultores y hectáreas sembradas de café en Lengupá	51
Tabla 5. Identificación de procesos y fases en la producción del café.	59
Tabla 6. Enfermedades de los cafetales del sector.	64
Tabla 7. Rendimientos del café.	65
Tabla 8. Niveles de tostado del café.	66
Tabla 9. Producción anual cafetera de Boyacá en 2019.	67
Tabla 10. Producción total de café en Provincia de Lengupá 2019.	68
Tabla 11. Insumos utilizados en la producción de café Lengupá.	73
Tabla 12. Herramientas y utensilios de aplicación de insumos.	74
Tabla 13. Inversión total para la producción de café de la región.	75
Tabla 14. Precios de movilización particular de cargas a centro de acopio.	76
Tabla 15. Factores identificados G. Plantación.	79
Tabla 16. Históricos referenciados G. Plantación.	79
Tabla 17. Factores Identificados G. Cosecha.	80
Tabla 18. Históricos referenciados G. Cosecha.	80
Tabla 19. Factores Identificados G. Factor económico.	81
Tabla 20. Históricos referenciados G. Factor económico.	81
Tabla 21. Factores Identificados G. Rentabilidad.	82
Tabla 22. Históricos referenciados G. Rentabilidad.	82
Tabla 23. Factores identificados G. Capacidad.	83
Tabla 24. Históricos referenciados G. Capacidad.	84
Tabla 25. Síntesis de constantes y variables identificadas.	84
Tabla 26. Cantidad de café cosechada por hectárea sembrada.....	86

Tabla 27. Pronóstico de Holt Winters para la cantidad de café cosechada.	88
Tabla 28. Históricos Precio de venta promedio de carga de café.	89
Tabla 29. Pronóstico de Suavización Exponencial Doble a precio de Carga. ..	90
Tabla 30. Resultados generales de pronósticos.	91
Tabla 31. Ajuste de todas las variables del modelo de optimización.	93
Tabla 32. Tiempos promedio de cada proceso de producción de café.	95
Tabla 33. Locaciones del sistema.	99
Tabla 34. Entidades del sistema.	102
Tabla 35. Recursos del sistema.	102
Tabla 36. Disposiciones del sistema.	103
Tabla 37. Distribución del modelo de simulación.	106
Tabla 38. Cantidad de actividades del diagrama de flujo.	131
Tabla 39. Ficha técnica Despulpadora PENAGOS DH2	136
Tabla 40. Cantidad de actividades diagrama de flujo, escenario 1 de optimización.	138
Tabla 41. Inversión y tiempo de recuperación	141
Tabla 42. Ficha técnica Despulpadora JAVAR DF300.	144
Tabla 43. Ficha Técnica Secadora de café SC – 5.	145
Tabla 44. Cantidad de actividades diagrama de flujo, escenario 2 de optimización.	146
Tabla 45. Inversión y tiempo de recuperación	150
Tabla 46. Ficha técnica de despedregadora.	153
Tabla 47. Ficha técnica Módulo de despulpado.	153
Tabla 48. Ficha técnica secadora rotativa.	154
Tabla 49. Ficha Técnica clasificadora para café.	155
Tabla 50. Ficha técnica Trilladora de Café.	155
Tabla 51. Ficha Técnica Tostadora para café.	156
Tabla 52. Ficha técnica Molino para café.	156
Tabla 53. Ficha técnica Unidad de envasado de café.	157
Tabla 54. Inversión y tiempo de recuperación	158

LISTA DE GRÁFICOS

	Pág.
Gráfico 1. Municipios sembradores de café en Boyacá.	22
Gráfico 2. Municipios que conforman la Provincia de Lengupá (Boyacá).	23
Gráfico 3. Producción global de café 2019.	26
Gráfico 4. Hectáreas de café sembradas en Colombia en 2019.	27
Gráfico 5. Fórmula para cálculo de muestras finita.	37
Gráfico 6. Herramientas y técnicas utilizadas	41
Gráfico 7. Mapa provincia de Lengupá.	42
Gráfico 8. Río Lengupá.	43
Gráfico 9. Camino a Miraflores.	43
Gráfico 10. Parque central de Miraflores y Flor de Acobo, emblema del municipio.	44
Gráfico 11. Capilla central del municipio y las cordilleras lluviosas del sector rural.	45
Gráfico 12. Cerezas de café de los valles cafeteros de esta región.	46
Gráfico 13. Chapolas de café Lengupá.	52
Gráfico 14. Floración de los cafetos.	53
Gráfico 15. Cerezas de café Lengupá.	54
Gráfico 16. Secado tradicional de café en Lengupá	56
Gráfico 17. Café listo para procesos de Post Cosecha.	57
Gráfico 18. Producto cafetero final de Lengupá.	58
Gráfico 19. Diagrama general de procesos.	63
Gráfico 20. Producción provincial total de café en Boyacá.	67
Gráfico 21. Mapa zonal de producción general de café en Lengupá.	68
Gráfico 22. Siembra cafetera total de variedad Lengupá 2019.	69
Gráfico 23. Siembra de café variedad Lengupá en Miraflores y Zetaquirá.	70
Gráfico 24. Pozos naturales de agua de las fincas cafeteras.	75

Gráfico 25. Comportamiento general de Cantidad de café cosechado por hectárea.	87
Gráfico 26. Gráfico general de tendencia de valores	90
Gráfico 27. Ajuste de muestra a distribución exponencial.	92
Gráfico 28. Resultado de ajuste de muestra mediante la distribución exponencial.	93
Gráfico 29. Equilibrio de optimización relacionado a Flexsim.	97
Gráfico 30. Estructura general del sistema.	98
Gráfico 31. Configuración de Input del sistema.	107
Gráfico 32. Configuración de Output de sistema.	108
Gráfico 33. Configuración proceso de Siembra.	109
Gráfico 34. Configuración proceso de abonado.	110
Gráfico 35. Configuración proceso de Repasado.	111
Gráfico 36. Configuración proceso de Fertilizado.	112
Gráfico 37. Configuración proceso de Poda y Deshilado.	113
Gráfico 38. Configuración proceso de Control de Plagas.	114
Gráfico 39. Configuración proceso de Recolección.	115
Gráfico 40. Configuración proceso de Separación.	116
Gráfico 41. Configuración de proceso de Apurado.	117
Gráfico 42. Configuración proceso de Despulpado.	118
Gráfico 43. Configuración proceso de Fermento.	119
Gráfico 44. Configuración proceso de Secado.	120
Gráfico 45. Configuración de proceso de Enlonado.	121
Gráfico 46. Vista general del sistema modelado.	122
Gráfico 47. Vista de fase 1 en el modelo final.	122
Gráfico 48. Vista de fase 2, primeros procesos en el modelo final.	123
Gráfico 49. Vista fase 2, últimos procesos en el modelo final.	123
Gráfico 50. Limitante de recursos del sistema de simulación.	125
Gráfico 51. Total de café registrado en el output.	126
Gráfico 52. Rendimiento del café dentro de cada proceso simulado.	127

Gráfico 53. Balance porcentual de los procesos simulados.	128
Gráfico 54. Reporte financiero de simulación.	129
Gráfico 55. Diagrama de flujo, simulación-realidad.....	130
Gráfico 56. Diagrama de procesos de escenario de optimización 1.	137
Gráfico 57. Diagrama de flujo de escenario de optimización 1.	138
Gráfico 58. Vista general de modelo de optimización, escenario 1.	139
Gráfico 59. Balance porcentual de los procesos simulados, Escenario de optimización 1.	140
Gráfico 60. Reporte financiero, escenario de optimización 1.	141
Gráfico 61. Diagrama de flujo de escenario de optimización 2.	146
Gráfico 62. Vista general de modelo de optimización, escenario 2.	147
Gráfico 63. Balance porcentual de los procesos simulados, Escenario de optimización 2.	148
Gráfico 64. Reporte financiero, escenario de optimización 2.	149
Gráfico 65. Comparación de resultados económicos de modelos de optimización.	160
Gráfico 66. Café variedad Lengupá producido en Miraflores, en las calles de Francia.	161

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo A. Formato de 1er encuesta dirigida a Caficultores.	174
Anexo B. Tabulación y análisis de resultados de 1er encuesta dirigida a Caficultores	175
Anexo C. Formato de 2da encuesta dirigida a Caficultores	182
Anexo D. Tabulación y análisis de resultados de 2da encuesta dirigida a Caficultores	183
Anexo E. Formato de encuesta dirigida a Comité Regional de Cafeteros	188
Anexo F. Tabulación y análisis de resultados de encuesta dirigida a Comité Regional de Cafeteros	189
Anexo G. Formato de encuesta dirigida a Habitantes de municipios cafeteros ...	195
Anexo H. Tabulación y análisis de resultados de encuesta dirigida a Habitantes de municipios cafeteros	196
Anexo I. Cálculo de pronóstico y Ajuste Exponencial “Inversión en cultivo”.	200
Anexo J. Cálculo de pronóstico y Ajuste Exponencial “Gastos Logísticos”.	202
Anexo K. Cálculo de pronóstico y Ajuste Exponencial “Salario promedio a personal involucrado en la siembra y cosecha”.	204
Anexo L. Cálculo de pronóstico y Ajuste Exponencial “Ganancia total de producción una vez vendidas las cargas”.	206
Anexo M. Cálculo de pronóstico y Ajuste Exponencial “Cantidad total de cargas que entraron a centros de acopio”.	208
Anexo N. Cálculo de pronóstico y Ajuste Exponencial “Porcentaje de pergamino seco que entró a centro de acopio”.	210

RESUMEN

El Presente proyecto de grado tiene como fin dar a conocer la importancia de buscar la optimización de procesos de producción apoyados del uso de herramientas informáticas, en este caso mediante una simulación a través del uso del Software Flexsim Manufacturing, el cual presenta instrumentos cuantitativos de análisis que facilitan la toma decisiones y direccionamiento de las mismas.

La investigación fue llevada a cabo en el nodo productivo de los pequeños caficultores de la Provincia de Lengupá (Boyacá) los cuales presentan un atractivo comercio de un café exótico muy diferente a los cafés que se encuentran en el mercado común, sin embargo esta zona presenta muy escasos estudios e información respecto a la forma de cultivo, proceso y tratamiento del grano, por lo que los autores de este trabajo presentan una caracterización de la zona, unos escenarios de optimización y una serie de recomendaciones vinculadas a procesos relacionados al cultivo cafetero tradicional apoyados del material obtenido en entrevistas, encuestas y visitas a municipios líderes en producción en esta región.

Para la búsqueda de la optimización se definieron unos factores inmersos en este nodo productivo, parametrizándolos y de ellos generando un modelo de simulación basado en el campo de acción real de trabajo. Finalmente se obtuvieron unos resultados los cuales fueron analizados con el fin de identificar mejoras, proponerlas, desarrollarlas y entregarlas a los pequeños caficultores. No obstante, uno de los propósitos de desarrollo de este proyecto es aportar avances dentro de la investigación que hace la Universidad Antonio Nariño en este sector de la mano con sus grupos de investigación.

Palabras clave: Optimización, Simulación, Nodo Productivo, Caracterización, Lengupá, Parametrizar.

SUMMARY

The present degree project aims to make known the importance of seeking the optimization of production processes supported by the use of computer tools, in this case through a simulation through the use of Flexsim Manufacturing Software, which presents quantitative analysis instruments that facilitate decision-making and directing them.

The research was carried out in the productive node of small coffee growers in the Province of Lengupá (Boyacá) which present an attractive trade in exotic coffee very different from the coffees found in the common market, however this area presents Very few studies and information regarding the form of cultivation, process and treatment of the grain, for which the authors of this work present a characterization of the area, some optimization scenarios and a series of recommendations related to processes related to traditional coffee cultivation. supported by the material obtained in interviews, surveys and visits to leading municipalities in production in this region.

For the search for optimization, some factors immersed in this productive node were defined, parameterizing them and generating a simulation model based on the real field of work action. Finally, some results were obtained which were analyzed in order to identify improvements, propose them, develop them and deliver them to small coffee growers. However, one of the purposes of the development of this project is to provide advances in the research carried out by the Antonio Nariño University in this sector hand in hand with its research groups.

Keywords: Optimization, Simulation, Productive Node, Characterization, Lengupá, Parameterize.

INTRODUCCIÓN

Desde que el ser humano comenzó a desarrollar el uso del raciocinio la subsistencia se volvió parte fundamental del diario vivir, 20.000 años atrás la caza y búsqueda de fuentes de alimentos introdujo el progreso de técnicas que involucraran un abastecimiento de las necesidades alimentarias de un individuo, una familia o una población. Se data que los primeros cultivos fueron sembrados aproximadamente hace 11.400 años en el valle de Jordán (Diario el país 2016).

El desarrollo tecnológico actual nos ha brindado herramientas digitales las cuales nos permiten inferir en muchos campos esenciales de la vida buscando que podemos hacerlos más provechosos y partiendo de ellos en la toma de decisiones, es así como encontramos una de las más eficientes y usadas en la ingeniería conocida como la Simulación de Procesos, “En ella encontramos la teoría vinculada con un proceso en donde sustituimos las situaciones de la realidad por unas generadas de forma artificial, identificando los factores, variables y condiciones del proceso que serán clave en la optimización de situaciones que afecten al proceso o producto, de igual manera a la creación de nuevos productos y/o realizar mejoras en el proceso o en el producto” (Gorrín y Barrios, 2009). De esta forma mediante el uso de plataformas informáticas generamos una optimización del proceso de la siembra y cosecha de los pequeños productores del café de Lengupá, mediante una investigación en la forma de su trabajo generamos una caracterización de la zona y sus procesos, sujetos a esto identificamos unas variables relevantes en esta zona y sus métodos de producción y Seguido a esto generamos una simulación real de la zona para proponer unos escenarios de mejora los cuales tienen como fin generar más utilidad a los caficultores e igual proponer una nueva forma de producción para estar a la par con los grandes productores de la zona, No obstante mucha de la información recopilada se basó en entrevistas, encuestas y trabajo de campo en la provincia de Lengupá (Boyacá) .

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

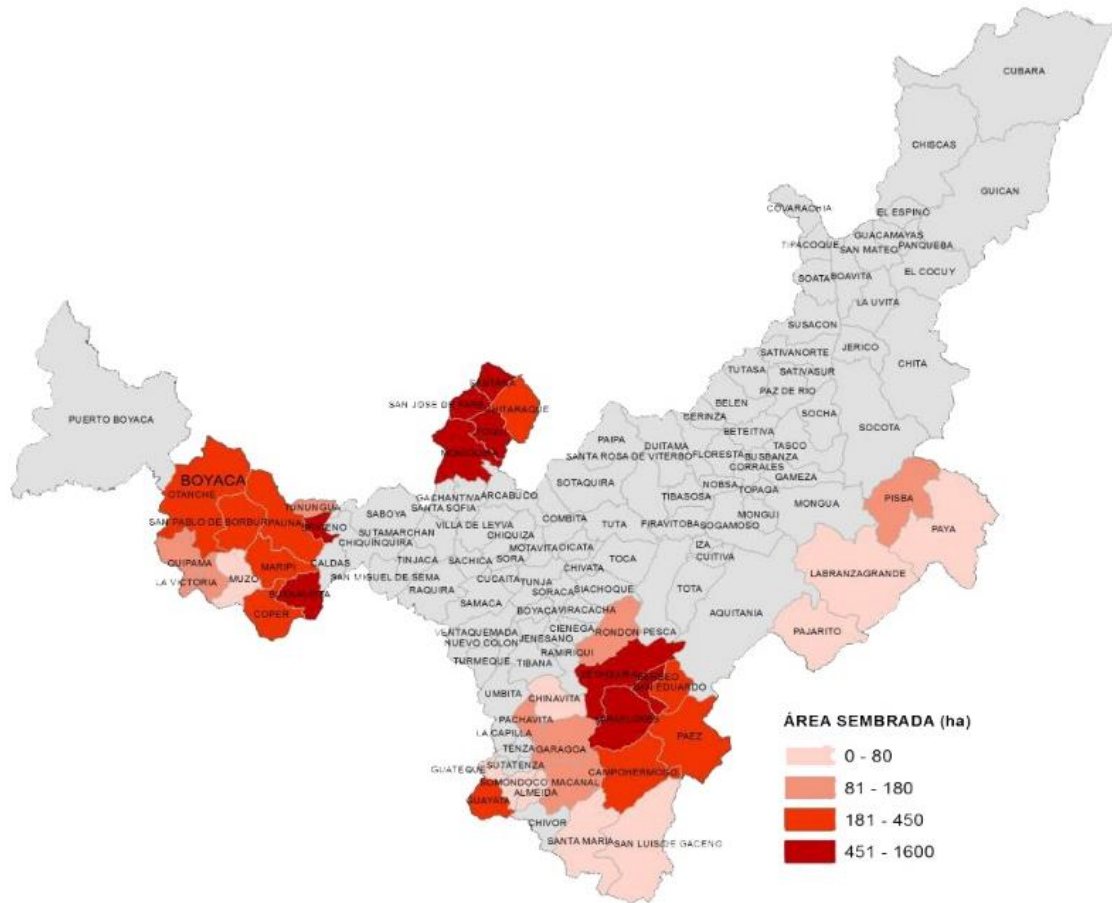
El sector agroindustrial en Colombia representa una gran parte del PIB nacional, es por esto que miles de familias dependen de este sector para su sostenibilidad económica y laboral (Romero, 2011). La constante industrialización y las nuevas formas de comercio han permitido que nuestros productos entren a competir en los distintos mercados globales tanto por su calidad como por sus características únicas, e igual generó que la competencia nacional interna de productos autóctonos del país aumentará e hiciera que el colombiano tuviera una mayor variedad de productos para escoger como sus predilectos para su consumo (Sarmiento, 2014). Esto ha generado crecimiento tanto en el sector industrial como en el de la agricultura, pero así mismo se derivaron problemáticas comunes en mercados que aún no mantienen una constante en estas formas de comercio y obligando a productores, campesinos y cultivadores a buscar formas de asociarse para pensar en mejoras logísticas, operativas y utilitarias que garantizaran que sus productos estuviesen a la par de las grandes marcas y retribuyeran más clientes y utilidades a su sector.

Un referente importante del agro colombiano a nivel mundial es el café, su calidad, textura y sabor lo han posicionado como uno de los favoritos en países desarrollados lo que ha impulsado la economía nacional con este producto (AgroBialar, 2017). En el país este está siendo plantado en la mayoría de departamentos generando que cada sector busque alternativas para este cultivo y a manera natural las distintas propiedades climáticas y ambientales particulares de los terrenos generen aromas, sabores, y nuevos injertos de semillas estándar, no obstante su acoplamiento y crecimiento es muy variado, pues no crece en cualquier terreno y por más germinación que desarrolle una semilla esta puede morir meses después de ser plantada; “El auge de grano se da primordialmente en la región andina donde se consolida el eje cafetero central (Quindío, Tolima, Caldas, entre

otros) y nuevos ejes que empiezan a tener crecimiento, importancia y renombre en el mercado nacional, estos ubicados en Santander, Boyacá y Antioquia” (Paisaje Cultural Cafetero, 2013, p.9).

“Boyacá ha mantenido un crecimiento estable en cuanto a municipios sembradores de café, así mismo el incremento de áreas sembradas se ha visto reflejado en los paisajes locales” (Núñez, 2019), las variedades que se cosechan lo han hecho especial al paladar nacional e internacional, los diferentes climas y siembras aledañas mezcladas con los nutrientes de esta tierra agrícola por naturaleza hicieron que nuestro café resaltara y generara un gusto.

Gráfico 1. Municipios sembradores de café en Boyacá.



Fuente: Evaluaciones agropecuarias municipales, 2017.

Al suroccidente del departamento se distinguen un grupo de municipios dedicados al café, un café con un sabor, textura y aroma muy especial que llamó la atención en el medio oriente y Europa e hizo que estos se interesaran por este grano proveniente de la provincia de Lengupá (Boyacá). Aquí contamos con sectores de productores, los cuales según la secretaria de fomento agropecuario de Boyacá (2017) “Presentan pocos conocimientos sobre precios, costos, alcance e inversión que puede tener la comercialización de las distintas variedades de café que se producen en esta zona”. Los municipios de Zetaquirá, Miraflores, Páez y zonas aledañas se caracterizan no por el volumen de producción sino por la calidad del café que depende de las condiciones climáticas especiales y por la composición del suelo de estos lugares (Gamba, 2010); Esto brinda una producción cafetera con variedades distintas a las habituales cosechadas en el departamento y en otros lugares del país.

Gráfico 2. Municipios que conforman la Provincia de Lengupá (Boyacá).



Fuente: Periódico el Diario Boyacá (2018).

Aunque este sector y su café ya tienen un espacio predilecto en los mercados la misma falta de optimización y una estandarización en sus procesos ha ocasionado

que el crecimiento como grandes productores no sea muy constante y con ello los ingresos económicos pocas veces se vean reflejados; esto derivó una tendencia a la disminución de la producción agropecuaria de Lengupá por la migración de campesinos a las ciudades en busca de mejores oportunidades. La carencia de una planificación en este sector se ve reflejada por las pocas fincas y agricultores que logran que sus productos lleguen al mercado de forma consecutiva y estable; parte de esto debido a la tradicionalidad y a la cohibición de algunos productores por acceder a tecnologías y maquinaria de vanguardia con el temor de perder inversiones y dañar su tierra. (Comité Departamental De Cafeteros de Boyacá, 2018). “Algunos agricultores manifiestan que las tendencias actuales de cosecha y post producción que manejan otros sectores del departamento y el país están muy por encima de los métodos tradicionales de trabajo del café en la provincia de Lengupá” (Boyacá 7 días, El nuevo valle cafetero. 2018).

Además, se identifican problemáticas referentes a falta de una caracterización del sector, una homogenización del trabajo de la tierra y disputas regionales y sectoriales por semillas, terrenos y por los tratamientos de post cosecha los cuales solo pueden ser realizados por un porcentaje mínimo de agricultores certificados por el comité regional.

Tabla 1. Problemáticas cafeteras de la provincia de Lengupá.

Precios y Costos	<ul style="list-style-type: none"> • Intermediación • Mano de Obra
Inversión y Alcance	<ul style="list-style-type: none"> • Materia prima, Insumos y Suministros • Rentabilidad y Utilidades
Producción	<ul style="list-style-type: none"> • Procesos tradicionalistas • Producción no estandarizada
Asociación	<ul style="list-style-type: none"> • Regionalidad • Integración cafetera

Fuente: Autores.

2.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cómo el diseño un modelo de optimización productivo que incremente las utilidades de los productores de café de la provincia de Lengupá?

2.3 ALCANCES Y LÍMITACIONES

Lo que buscamos con este proyecto es generar una optimización del proceso productivo del café de los pequeños caficultores de la provincia de Lengupá mediante una simulación la cual refleje los procesos productivos a ser considerados, de forma que se atiendan las necesidades y problemáticas encontradas en el sector y logremos que los caficultores tengan acceso a una visión más real de su forma de trabajo y las mejoras que estas podrían tener; “además con la identificación de variables en este sistema productivo se buscarán alternativas de decisión para determinar cuánto y cómo tengo que producir para obtener utilidad estable, bajo que parámetros se tomarán estas decisiones y así identificar y evaluar las alternativas más óptimas para que se maximice la utilidad y minimice los costos. (Chávez, 2012).

Para el alcance de los objetivos propuesto se llevará a cabo una caracterización del sector identificando cada ente involucrado, además de la identificación de variables y parámetros que están inmersos en los procesos productivos lo que direccionará una simulación del proceso productivo que nos aportará una visión más clara para generar una optimización.

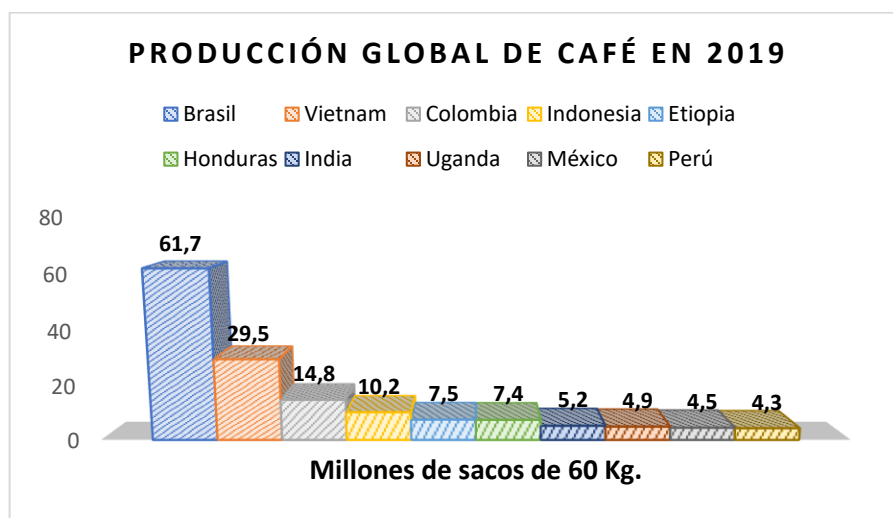
Con esto se propondrán unas mejoras técnicas y productivas que generen crecimiento y empatía al caficultor y lo lleven a tener una visión más objetiva de lo que sucede dentro de sus cultivos, sin embargo, esto conlleva unas limitantes en cuanto a la implementación dado al tiempo, costo y los recursos que se necesitan para esto. La constante búsqueda del mejoramiento continuo del sector y el deseo de ver un crecimiento local y departamental seguirá fomentando a tener presente el campo boyacense como un referente de crecimiento económico de la mano con procesos sostenibles y sustentables.

2.4 JUSTIFICACIÓN

“El café es uno de los productos agrícolas de mayor importancia económica a nivel mundial, ocupa el segundo lugar después del petróleo en materia de cifras de comercio internacional, generando ingresos anuales mayores a USD \$15 mil millones para los países exportadores y es fuente de trabajo de más de 20 millones de personas en el mundo” (Canet, Soto, Ocampo, Rivera, Navarro, Guatemala y Villanueva, 2016. p.6)

La demanda de este grano y sus derivados a nivel mundial ha venido en crecimiento pues las nuevas generaciones han optado seguir consumiendo este producto tanto en su cotidianidad hogareña como en sus diferentes actividades diarias (Muchos productos de consumo masivo contienen cafeína en distintas cantidades) (Esguerra y McAllister, 2020), esto ha conllevado que muchos países desarrollen más terrenos dedicados al cultivo y así mismo incrementen su nivel de producción y variedad buscando satisfacer las necesidades de los nuevos consumidores que ven en el café una forma natural de sobrellevar las sensaciones de la vida acompañadas de su sabor (Alvares, 2016).

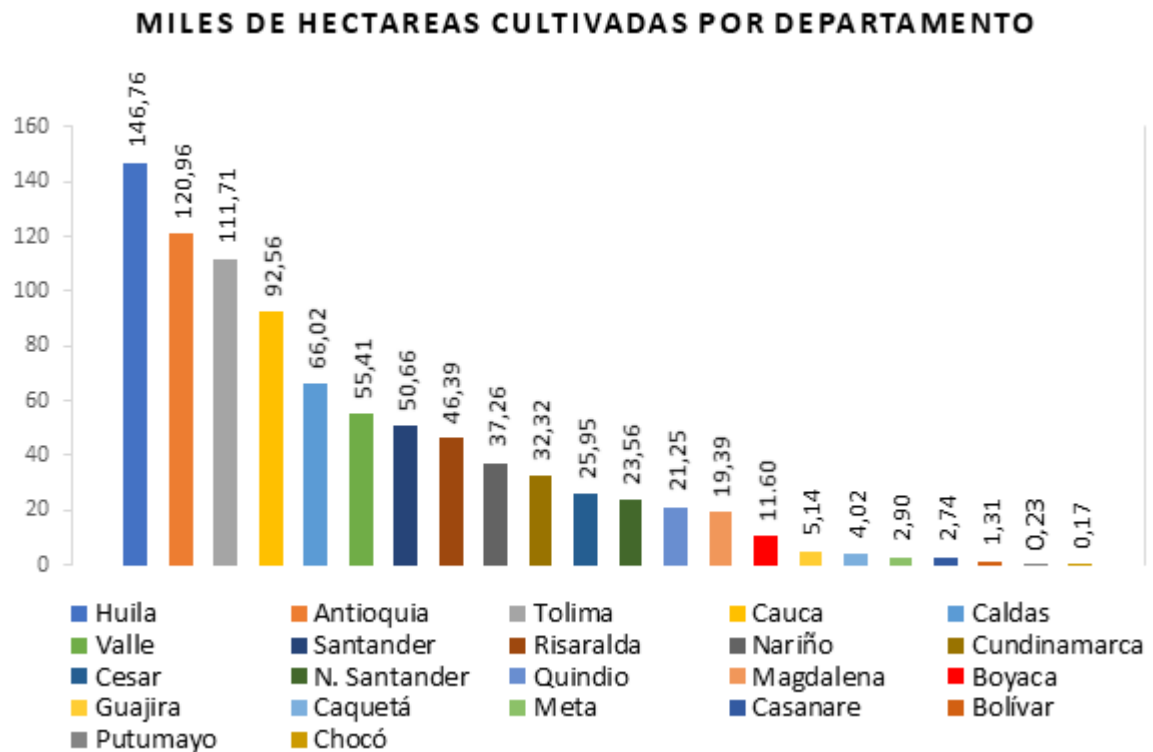
Gráfico 3. Producción global de café en 2019.



Fuente: Diario la Republica, 2019.

El café es el tercer producto de exportación en Colombia que genera el 22% del PIB agrícola nacional con una alta dependencia regional, como lo afirma Jorge Cárdenas en “La industria del café en Colombia”. Además, el país tiene una gran participación en mercados internacionales de este grano pues ha presentado una producción de 14’102.005 sacos de 60 kg de café en los últimos 12 meses en comparación con el periodo anterior ha presentado una variación de -2,3%, esto se ve reflejado en una disminución de la tasa de PIB (Federación Nacional de Cafeteros, 2019).

Gráfico 4. Hectáreas de café sembradas en Colombia en 2019.



Fuente: Federación Nacional De Cafeteros de Colombia, 2019.

La participación del PIB del Departamento de Boyacá en relación con el agregado nacional para el periodo entre el año 2003 y 2019, se encuentra un promedio de

participación de 2,93%, con una participación constante desde 2017 de 2,9% (Plan departamental de extensión agropecuaria, 2019)

La producción de café en Boyacá corresponde a 11.602,90 hectáreas, con la mayor producción en los municipios de Santana, Moniquirá, Zetaquirá, Miraflores, Garagoa y Togui los cuales se encuentran en manos de 12.596 caficultores; de esta área el 52,8% (5.960 Hectáreas) corresponden a café tradicional y con producciones muy bajas entre 250 y 300 kilos de café pergamino seco por hectárea, cifra muy inferior al promedio nacional, que se acerca a 600 kilos de café pergamino seco por hectárea, esto ha llevado al empobrecimiento paulatino de estos caficultores y sus familias pues el ejercicio económico del cultivo no genera los ingresos suficientes para el mejoramiento de su nivel de vida poniendo en riesgo la sostenibilidad de los predios cafeteros que poseen (Plan departamental de extensión agropecuaria, 2019).

“La dinámica del producto y los precios que actualmente se presentan en el mercado permiten inferir que hay baja distribución de la utilidad hacia el productor” (Federación Nacional de Cafeteros, 2019), donde algunas veces la falta de oportunidad de dar a conocer su producto o el involucrar a terceros en la comercialización e intermediación los dejan con ganancias mínimas, desfavoreciendo de manera sutil al sector que busca de alguna forma generar mayor impulso económico a sus productos.

Estas cifras pueden aumentar si se presta una inmediata intervención en la optimización de su nodo productivo, en los pequeños productores de café en los municipios de la provincia de Lengupá, donde implementando un modelo de optimización bajo una sistema de simulación se obtendrán márgenes promedio de cantidades a producir con un rendimiento esperado de utilidad y con una mejora del proceso productivo implementando métodos que generen más valor al café cultivado allí y brindando la opción de dar más posicionamiento nacional e internacional a este producto Boyacense.

3. OBJETIVOS

3.1. OBJETIVO GENERAL

Diseñar un modelo de optimización para el nodo productivo de café en la provincia de Lengupá (Boyacá).

3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterizar el nodo productivo de los pequeños productores de café de la provincia de Lengupá.
- Identificar variables y parámetros que tienen índole en el proceso productivo del café en esta zona.
- Realizar diseño de modelo de optimización de producción para el proceso productivo de los productores de café en la provincia de Lengupá (Boyacá).

4. MARCO REFERENCIAL

4.1 ESTADO DEL ARTE

A lo largo de los años el proceso del café ha venido presentando estudios que buscan soluciones optimas definitivas que mitiguen problemas comunes que afectan a todos los cafeteros del país. De acuerdo a la información identificada en Cenicafé (Centro Nacional de Investigación del Café): “se ha venido trabajando en temas como plagas, problemas de composición del suelo, tiempos y formas de riego, etc. con el común de optimizar el proceso productivo desde la preparación del terreno hasta la manera de recolectarlo al momento de la terminación de maduración”.

El desarrollo de una actividad, proceso, o de un grupo de tareas siempre va encaminado a la obtención de un servicio o producto final (García, 2008). Cuando analizamos más a fondo el paso a paso y desarrollo de cada uno de los eslabones de fabricación u obtención encontramos fallas que no siempre son visibles al momento de entregar el mismo, pero que si muchas veces incrementan sus costos de fabricación dejando márgenes de aplicabilidad y ganancia muy bajos a quien los desarrolla (Pérez, 2011). Es por ello que se recurre a la optimización del proceso productivo del café en busca de una mayor rentabilidad.

Cuando hablamos de optimizar nos referimos a la búsqueda de la mejor solución, dentro del abanico de posibles soluciones aceptables (Halcartegaray, 2018). A lo largo de esta búsqueda nos encontraremos con valores, variables y una serie de situaciones que requerirán un grado más profundo de certeza para elegir la solución más efectiva, es ahí donde entramos a trabajar con información más precisa que servirá de guía a la búsqueda de una solución a la problemática a trabajar. (Yepes, 2012).

Las problemáticas de decisión que ocasionalmente encontramos en las organizaciones derivan siempre de la disponibilidad de recursos o de requisitos

mínimos, que restringen la decisión de una solución óptima, ya sea en un nivel Táctico, Operativo e Incluso estratégico, esto conduciéndonos a la búsqueda de una menor pérdida o de un incremento económico. (Herrera, Sarmiento, González y Schellong, 2011).

Para el desarrollo de un modelo de optimización productivo para el proceso del café se decidió seguir una serie de investigaciones, tesis y revistas las cuales brindan una visión más objetiva de lo que se desea hacer. las siguientes investigaciones tituladas: “Propuesta integral para el mejoramiento del sistema de abasto de una asociación dedicada a la producción-distribución de café orgánico mediante métodos cuantitativos en el marco de la gestión colaborativa de la cadena de suministro” (Andrade y Montánchez, 2016) y “Modelo de planificación de producción para un sistema multi producto con múltiples líneas de producción” (Riveros y Salazar, 2010) presentan los siguientes objetivos en común: Desarrollo de un modelo de optimización que brinde un pronóstico de inventarios y rutas alternativas de producción de productos dando un valor agregado a la eficiencia operacional y al producto final.

Lo que se busca con el modelo de optimización productivo de la producción de café es lograr una optimización de cada uno de los procesos que lo integran. A partir de un enfoque tradicional de planificación de la producción, el cual este basado en el pronóstico de ventas, inventarios iniciales de productos terminados y materias primas, capacidad de producción instalada, como también de las rutas alternativas de producción de los productos (Viveros E y Salazar H, 2010). El modelo se programará usando software de modelación simulada y se integra a una herramienta computacional desde la cual se administra el ingreso de los parámetros y la obtención de resultados (Hidalgo y Díaz, 2010). Se va a diseñar un sistema de producción y operaciones que permita mejorar el asertividad en las decisiones de siembras de rosas con el fin de lograr maximizar la productividad, calidad y composición del grupo color, teniendo en cuenta las necesidades de la demanda del mercado partiendo de que el país es pieza clave a nivel mundial en la producción

y exportación de este producto en sus distintas variedades (Díaz y Cabezas, 2017). Esta investigación profundiza en el sistema de gestión de abasto de una asociación de pequeños caficultores colombianos de un sector en particular (Andrade y Montánchez, 2016). El trabajo pretende consolidar un modelo de negocio alternativo a la caficultura colombiana, direccionado por una metodología de formulación de estos modelos, permitiendo evaluar con diversas herramientas el modelo existente y creando uno nuevo como una guía práctica para entender los distintos caminos a ser tomados para generar más valor y aplicabilidad a nuestro café (Villalta, 2015).

También se encontró que en el “Modelo de negocio alternativo para la producción y comercialización de cafés exóticos de alta calidad en el departamento de Santander” (Villalta, 2015) y la “Propuesta integral para el mejoramiento del sistema de abasto de una asociación dedicada a la producción-distribución de café orgánico mediante métodos cuantitativos en el marco de la gestión colaborativa de la cadena de suministro” (Andrade y Montánchez, 2016), buscan promover el desarrollo de modelos de optimización para beneficiar no solo a grandes productores sino también a los pequeños productores brindando un margen de competitividad alto en el mercado y buscando la manera efectiva de hacer que su producto sea competitivo con otros del mercado nacional e internacional.

La reducción de inventarios, stocks de productos terminados algunos de ellos en espera y la cantidad optima de productos a fabricar son resultados acertados que encontramos en los trabajos de investigación tales como: “Diseño de un sistema de producción y operaciones para la optimización de siembra de rosa, en función de la productividad y necesidades del mercado” (Díaz y Cabezas, 2017), “Aplicación de un modelo de programación lineal en la optimización de un sistema de planeación de requerimientos de materiales (MRP) de dos escalones con restricciones de capacidad” (Hidalgo y Díaz, 2010) , “modelo de programación matemática para la cadena productiva del biodiesel en Colombia” (Aranda, Barón, Huertas y Orjuela, 2014) y “Optimización del plan de producción. estudio de caso carpintería de aluminio” (López, Castro y Guerra, 2016).

4.2 MARCO TEÓRICO

Según Ordoñez, (2014) “La optimización se basa en encontrar la solución óptima o respuesta a falencias en un entorno, con el propósito de que la solución sea adecuada en cada uno de los ámbitos satisfaciendo todas las perspectivas”. Un gran número de los problemas en el mundo cuentan con distintas soluciones y algunos tienen infinitas formas de arreglarse. La intención de la optimización es brindar la mejor solución tangible, entre todas las soluciones que tienen una probabilidad de servir en un problema, en términos de criterios de efectividad o desempeño. (Brook, 1971).

La mejora de procesos se basa el diseño y perfeccionamiento de sistemas que generan los principales bienes y/o servicios, no obstante, también a la investigación y al desarrollo de aquellas acciones que buscan impulsar a la productividad mediante la dirección, organización, planificación y control en la producción, Priorizando que la efectividad en los procesos vaya de la mano con la búsqueda de la calidad en los productos finales (Vilcarrromero 2012).

Una simulación se puede entender tanto como la imitación de un proceso, entendido este como la secuencia temporal de condiciones de un sistema, así como el proceso de diseño de un modelo que forma parte de un sistema real o imaginario. El propósito de la simulación es percibir las capacidades y comportamiento de un sistema, sin la necesidad de reproducirlo o experimentar con el real, ya sea por los costos, riesgos y/o limitantes que esto conlleve. (Dicastro, 2016). Esta se basa en los principios de la dinámica de sistemas y los servomecanismos, donde la característica principal es la existencia en los mismos de una realimentación de información. La retroalimentación es el proceso de virtud en el cual, cuando se actúa sobre un determinado sistema, se obtiene continuamente información sobre los resultados de las decisiones tomadas, información que servirá para tomar las decisiones sucesivas, es decir, según pasa el tiempo, las variables con que se mide su estado, tales como las ventas, la producción, los empleados etc., fluctúan

considerablemente, como consecuencia de las interacciones que se producen entre ellas, que además son aleatorias. (Urquía y Fullana, 2009, p.3)

Las organizaciones actualmente incorporan el proceso de simulación como forma de su enfoque a la innovación del negocio y la búsqueda de la mejora continua. La simulación se usa para la comprensión y análisis del balance de la producción, así mismo proporciona a futuro un sistema replanteado y consigue un avance para direccionar sugerencias en mejora de procesos de innovación. (Urquía y Fullana, 2009, p.8).

4.3 MARCO CONCEPTUAL

- **PROCESO:** Son un conjunto de actividades que se llevan a cabo para transformar un producto prestar un servicio. (García, Quisque y Páez, 2003).
- **ESTANDARIZACIÓN:** Es la aplicación de un parámetro en busca de que cumpla una serie de requerimientos estipulados por una norma u organización. (Fallis, 2013).
- **CAFÉ EXCELSO:** Es aquel café en el cual todos los granos que lo componen cumplen con las características de calidad para ser exportado. (Salazar, 2019).
- **PASILLA:** es el producto de la trilla del café que se caracteriza por ser un grano no apto como excelso de exportación y que tiene un tamaño de grano superior, y es más susceptible de estar y ser contaminada por mohos capaces de sintetizar micotoxinas. (La crónica del Quindío, 2015).
- **CHAPOLA:** Nombre que recibe la plántula de café cuando ha emitido su primer par de hojas. (Comité de cafeteros, 2016).

- **CEREZA DE CAFÉ:** Una cereza de café es el fruto o baya del cafeto, que crece en grupos a lo largo de los tallos cortos de las plantas (Comité de cafeteros, 2016).
- **CENICAFÉ:** Es el Centro Nacional de Investigaciones de Café. Su objetivo es estudiar los aspectos relacionados con la producción en las fincas, la cosecha, el beneficio, la calidad del grano, el manejo y la utilización de los subproductos de la explotación cafetera, y la conservación de los recursos naturales de la zona cafetera colombiana. (Comité de cafeteros, 2016).
- **FEDERACIÓN NACIONAL DE CAFETEROS:** Es la máxima representación y dirección del café nacional, está conformada por representantes del Gobierno Colombiano y de los departamentos cafeteros. Por el Gobierno participan los Ministros de Hacienda, Agricultura, Comercio Exterior, y el director de Planeación Nacional; por los cafeteros, un representante de cada uno de los 15 departamentos cafeteros, elegido por cada Comité Departamental de Cafeteros y aprobado por el Congreso Nacional de Cafeteros. (Federación de cafeteros, 2014).
- **COMITÉ DEPARTAMENTAL DE CAFETEROS:** Es la organización líder en el direccionamiento y toma de decisiones referentes al cultivo del café en un departamento, los integrantes de este comité son elegidos democráticamente cada cuatro años por los caficultores habilitados para votar. Son seis integrantes principales y seis suplentes personales en cada Comité, quienes representan a los caficultores de los municipios productores de café de un departamento. (Federación de cafeteros, 2014).
- **COMITÉ MUNICIPAL DE CAFETEROS:** También conocido como comité regional o comité sectorial es la dependencia encargada de la asociación e inclusión de personas referentes e involucradas en procesos del café,

cultivos, fincas, censos de personal, etc. Así como los integrantes del comité departamental estos son elegidos democráticamente cada cuatro años por los caficultores y es su representación en las juntas cafeteras departamentales y nacionales. (Federación de cafeteros, 2014).

5. DISEÑO METODOLÓGICO

Para el desarrollo de este proyecto se identificó la línea de investigación al cual pertenece, es así como se identifica la línea de productividad, competitividad e innovación, donde se recurrió a la búsqueda de información directa en el sector dado que eran muy escasas otras fuentes de información, para lo cual se desarrolló un formato de encuestas y entrevistas, dirigidas directamente a los involucrados en los procesos de producción, siembra, comercialización y direccionamiento del café en la Provincia de Lengupá en los municipios de Miraflores y Zetaquirá.

5.1 TIPO DE ESTUDIO

- **Línea de Investigación:** Productividad, Competitividad e Innovación.
- **Tipo de Investigación:** Esta investigación tendrá una estructura de tipo mixto con un enfoque descriptivo, exploratorio aplicado, donde se estarán analizando datos cuantitativos y cualitativos. Es así como se buscará realizar una caracterización e identificación de los procesos productivos inmersos en la producción del café, los involucrados, las cadenas de distribución, la cantidad de personas involucradas en el nodo productivo y las cantidades históricas de insumos, materias primas y productos finales que nos permitan la elaboración correcta y pertinente de una simulación del sector y determinar una optimización en los procesos relacionados a este.

5.2 LOCALIZACIÓN DE LA POBLACIÓN

La investigación se desarrolló en los municipios líderes en producción de café de la provincia de Lengupá, Miraflores y Zetaquirá, Boyacá, se identificaron pequeñas y medianas fincas que tenían un vínculo con la producción de café, además de la referenciación tanto pequeños productores, como medianos y algunos que empezaban en este negocio.

5.3 MUESTRA DE ESTUDIO

La investigación se adentró en la búsqueda de información directa en fincas con los involucrados en el proceso de siembra, cosecha y producción en general del café, así mismo en caficultores de Miraflores y Zetaquirá que a pesar de las restricciones sobre confidencialidad y secretismo de la forma de trabajo del grano muy amablemente nos permitieron el acceso a ver sus cultivos y productos e igual a realizar una encuesta y una entrevista donde pudiéramos identificar información relevante para el desarrollo del proyecto.

Para determinar el tamaño de la muestra se usó la fórmula estadística para cálculo de muestras finitas.

Gráfico 5. Fórmula para cálculo de muestras finitas.

$n = \frac{N * Z^2 * p * q}{[e^2 * (N - 1) + Z^2] * p * q}$	<p><i>Donde:</i></p> <p><i>n= Tamaño de la muestra buscado.</i></p> <p><i>N= Tamaño de la población.</i></p> <p><i>Z= Nivel de confianza.</i></p> <p><i>e= Error de estimación máximo aceptado.</i></p> <p><i>p= Nivel de que ocurra el evento estudiado (Éxito).</i></p> <p><i>q= Probabilidad de que no ocurra el evento estudiado.</i></p>
---	---

Fuente: Newbold, P. Estadística para administración (2013).

Para el tamaño de la población se hizo la sumatoria de fincas productoras de café de Miraflores y Zetaquirá, a este valor se le obtuvo el 15.8% que equivale a los pequeños productores y es como tenemos un total de 524.

$$n = \frac{524 * 1,960^2 * 0,85 * 0,15}{[0,10^2 * (523) + 1,960^2] * 0,85 * 0,15} = 44$$

Luego de realizada la operación matemática pertinente obtenemos un tamaño de muestra de 44 personas.

Es necesario aclarar que dadas las condiciones mundiales actuales derivadas de la contingencia por la pandemia se tuvieron restricciones en cuanto a desplazamiento a las zonas de trabajo de campo y con ello una gran limitante de acceso a tener contacto con una proporción grande de fincas. Es por ello que se opta por hacer un pre muestreo el cual vincula a todos los stakeholders directos de la producción de café en Lengupá, donde se aplican encuestas, entrevistas y se hace trabajo de campo con visitas controladas por las razones ya mencionadas. No obstante, se resalta que previo al cierre global ya se tenía adelantado un poco de estas visitas por lo que se junta la toda la información encontrada.

5.4 MÉTODOS UTILIZADOS

5.4.1 INSTRUMENTOS

Para llevar a cabo la nuestra investigación y principalmente la caracterización e identificación de variables se diseñaron una serie de encuestas y entrevista dirigidas a caficultores, personal del comité cafetero, involucrados en procesos dentro del cultivo, esto con un formato muy simple pero que implícitamente nos permitieran identificar nombres, procesos, cantidades, involucrados y datos relevantes que complementaran la información previamente identificada.

Adicional a esto se obtuvo información de algunas fuentes secundarias las cuales brindaron un mejor enfoque a la investigación, es importante resaltar que este sector por su reciente auge con el tema cafetero actualmente se encuentra muy poca información relacionada con este y lo poco donde es mencionado es muy general.

Las encuestas y entrevistas fueron realizadas por conveniencia, dado que en la provincia se maneja un código de confidencialidad respecto a dar información sobre cultivos, alcances, procesos, etc.; es por eso que a quienes accedieron a darnos su aporte se les realizó el compromiso de mantener sus nombres e identidades de manera anónima para evitar inconvenientes y sanciones por incumplir normas ya estipuladas por la misma región.

5.4.1.1 INSTRUMENTOS DIRIGIDOS A CAFICULTORES.

- **Instrumento de encuesta:** Se elaboraron 2 encuestas dirigida a los caficultores (Anexo A y Anexo C) donde se buscaba tener un acercamiento a su rol en el nodo productivo del café, así mismo se encontraban preguntas de carácter cuantitativo referentes a cantidades de producción, porcentajes de insumos y la forma como ellos veían el desarrollo de sus cultivos.
- **Instrumento de entrevista:** La entrevista se construyó en base a la búsqueda de factores relevantes que nos brindaran información técnica sobre la caracterización, no obstante, en estas entrevistas se adentró un poco en los modos de producción, las necesidades que requiere el sector y se dio la libertad a la persona entrevistada de compartir experiencias y vivencias respecto al café de esta zona.

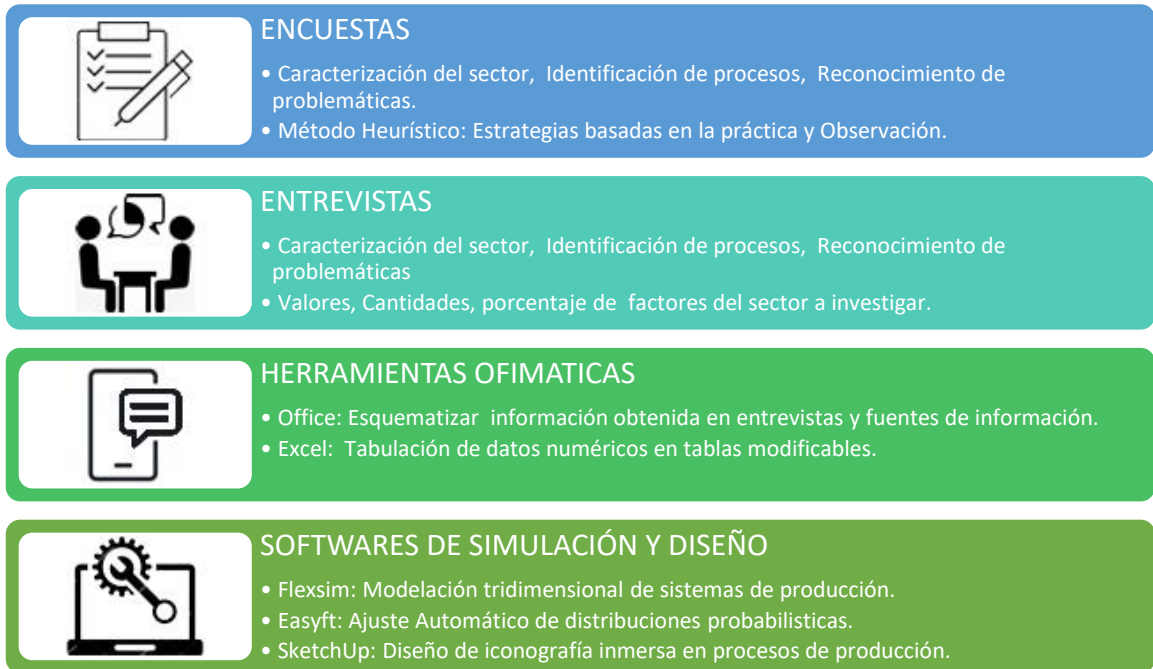
5.4.1.2 INSTRUMENTOS DIRIGIDOS A PERSONAL DEL COMITÉ REGIONAL DE CAFETEROS.

- **Instrumento de encuesta:** Se elaboró una encuesta de 8 preguntas (Anexo E) dirigida a personal involucrado en el comité regional de cafeteros donde se buscaba escuchar opiniones sobre el sector y de manera cuantitativa tener un acercamiento a balances económicos y técnicos previos que el mismo comité realiza para medir los niveles de producción.
- **Instrumento de entrevista:** La entrevista se basó en preguntas abiertas referentes a temas de producción con perspectivas vistas desde el comité y como este tiene una inferencia en el direccionamiento del sector y la manera como lograron hacer que el café de Lengupá llegara a mercados internacionales, de igual forma se dio libertad al entrevistado de compartir opiniones bajo de la labor que ellos realizan en la zona.

5.4.1.3 INSTRUMENTOS DIRIGIDOS A HABITANTES DE LOS MUNICIPIOS EMBLEMA DE LA PROVINCIA DE LENGUPÁ.

- **Instrumento de encuesta:** Se elaboro una encuesta de 5 preguntas (Anexo G) dirigida a habitantes de los Municipios de Miraflores y Zetaquirá donde se buscaba tener un acercamiento a que tanto conocían de su café y los grandes pasos que este tenía en el mercado, además de conocer si el encuestado estaba vinculado en el nodo productivo del grano.
- **Instrumento de entrevista:** La entrevista se basó en preguntas abiertas referentes a temas regionales que estaban relacionados con la producción del café, sus sabores, variedades y como habitante del sector que aportes le haría a esta industria que de manera paulatina ha sido emblema del municipio, la provincia y el departamento.

Gráfico 6. Herramientas y técnicas utilizadas



Fuente: Autores.

En el grafico anterior se reflejan las herramientas e instrumentos utilizados para la recolección, clasificación y puesta en marcha de la información encontrada. Como lo fueron las entrevistas y encuestas realizadas los días que se hizo trabajo en campo y visitas sectoriales, donde se buscaba recolectar la mayor información posible respecto los procesos de producción de pequeños caficultores, cantidades, porcentajes, tamaños de factores relacionados al mercado cafetero, etc.

Además de uso de herramientas informáticas que nos permitieran llevar a cabo la esquematización de la información por medio de escritos, párrafos, bases de datos etc. y los programas del desarrollo del modelo de optimización por medio de una simulación 3D del sector estudiado.

6. CARACTERIZACIÓN DEL NODO PRODUCTIVO DE LOS PEQUEÑOS PRODUCTORES DE CAFÉ DE LA PROVINCIA DE LENGUPÁ.

6.1 GENERALIDADES DE LA PROVINCIA

La provincia de Lengupá (Boyacá) está ubicada al sur del departamento, conformada por los municipios de Miraflores, Berbeo, San Eduardo, Campohermoso, Páez y Zetaquirá. Con una superficie aproximada de 1.645 km² y una población de 28.653 habitantes. (Censo regional, 2018). “Tiene un atractivo cultural, gastronómico y tradicional que la hace especial para el turismo, además contempla climas cálidos similares a los del piedemonte llanero y alcanza grandes alturas que reflejan temperaturas muy bajas, reflejadas en los páramos del Bijagual y Sucuncuca” (Boyacá cultural 2020).

Gráfico 7. Mapa provincia de Lengupá.



Fuente: Álbum fotográfico de Miraflores.

Su nombre se relaciona al principal río que atraviesa a la provincia, el Lengupá, que se abastece de las corrientes del río Mueche, afluente en inmediaciones de Zetaquirá que presenta una cascada de aguas termales y el río Rusa, un afluente de corrientes bajantes de San Eduardo.

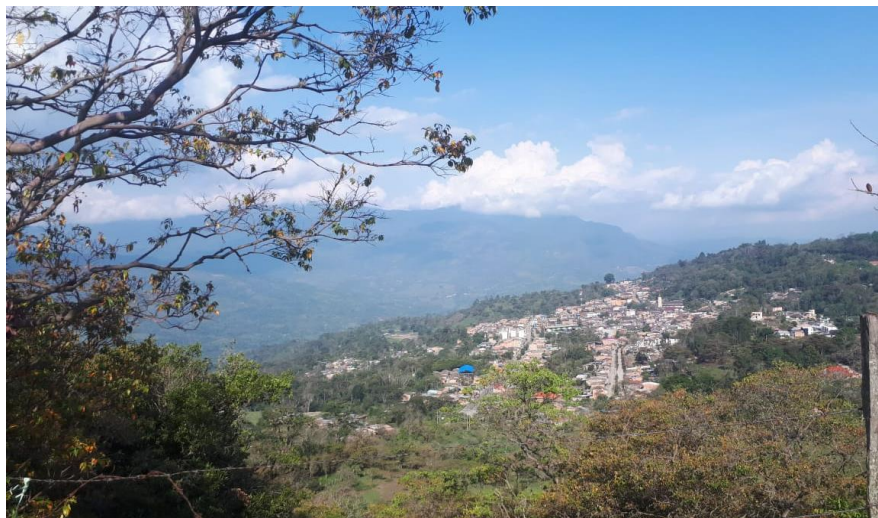
Grafico 8. Río Lengupá.



Fuente: Autores.

Para llegar a esta provincia desde Tunja, se toma la transversal de Boyacá, pasando por Soracá, continuando por Ramiriquí, y finalmente se llega a Zetaquirá, puerta de entrada de la provincia, por su amplio renombre cultural muchos viajeros y turistas continúan la carretera por aproximadamente 20 minutos y empiezan el recorrido por la capital provincial, Miraflores.

Gráfico 9. Camino a Miraflores.



Fuente: Autores.

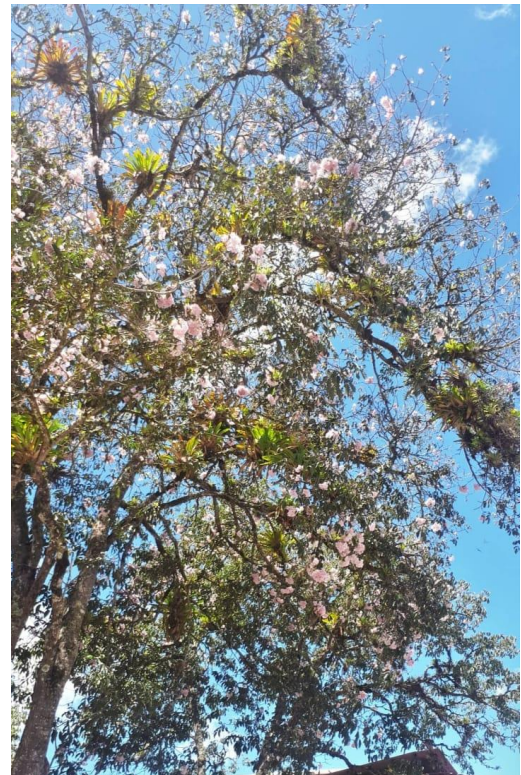
6.1.1 MUNICIPIOS A TRABAJAR

MIRAFLORES: Es el municipio capital de la provincia, con una extensión es de 258 kilómetros cuadrados y una población de aproximadamente 12.500 habitantes, de los cuales 6.400 ubicados en el área urbana y 6.100 en el área rural.

Se caracteriza por su clima templado, la excelente gastronomía, sus influencias andino-llaneras y los paisajes verdes y los grandes personajes que nacieron aquí como lo son el presidente de Colombia (1867-1868), General Santos Acosta, el pintor Jesús María Zamora y el fundador del neoliberalismo nacional, Ezequiel Rojas. (Boyacá Cultural, 2020).

La economía local se basa en la agricultura, con café, gamba, caña de azúcar, tomate, pitahaya y lulo; así como la ganadería, con un aproximado de 12.000 cabezas. (Boyacá Turismo 3Dup).

Gráfico 10. Parque central de Miraflores y Flor de Acobo, emblema del municipio.



Fuente: Autores.

ZETAQUIRÁ: Municipio de Boyacá con una extensión de 250 kilómetros cuadrados, y una población aproximada de 6.400 habitantes, con 2.300 ubicados en el área urbana y 4.100 en el sector rural.

Se caracteriza por una economía basada en la producción agropecuaria destacándose, el cultivo de café, plátano, caña de azúcar, frijol y fique, además de frutales como pitahaya, mora, tomate de árbol, chamba y cacao. También se producen derivados lácteos como el queso y con una producción diaria de 6.800 litros de leche; Es reconocida por sus fuentes minerales, y los 35 nacederos de agua termal cerca de las orillas de sus ríos, Fuche y Mueche. (Boyacá Cultural, 2020)

La flora y la fauna de este lugar hace que se produzcan frutas exóticas como la chamba, que es muy conocida en toda la región y con la cual se pueden realizar diversas preparaciones como postres, bocadillos, chicha y sabajones.

Gráfico11. Capilla central del municipio y las cordilleras lluviosas del sector rural.



Fuente: Autores.

6.2 EL CAFÉ DE LA PROVINCIA DE LENGUPÁ

6.2.1 ¿QUÉ SE SIEMBRA?

La provincia de Lengupá se caracteriza por su variedad de cultivos y por la calidad de sus productos, entre ellos su café. El café de esta zona se vincula con una tradición de más de 50 años, y las semillas que han germinado en estos valles siguen adquiriendo características que hacen que el grano de la producción final cumpla con estándares para su venta en el exterior.

Gráfico 12. Cerezas de café de los valles cafeteros de esta región.



Fuente: Autores.

Podríamos pensar que esta zona se dedica a la siembra y cosecha de una semilla estándar y por ello su tan característico su café, pero la realidad es que no, el secreto del café de Lengupá es un proceso generacional de injertos de distintas variedades de café arábigo que con el pasar de los años han adquirido características que las hacen idóneas para los distintos climas y terrenos que albergan sus municipios. “Es así como podemos identificar variedades como la Castilla, Típica y Caturra entra otras que son las descendientes de familias de plantaciones anteriores las cuales se adaptaron al medio y el terreno” (Comité

regional de Cafeteros, 2019). De aquí nace la famosa “Variedad Lengupá” que reúne los frutos de los distintos cafetos en una sola cosecha donde cada variedad aporta sabor, textura, olor, tamaño, entre otras características.

Tabla 2. El café de Lengupá.

ITEM	DESCRIPCIÓN
Café	“El café pertenece a la familia botánica Rubiaceae, que tiene unos 500 géneros y más de 6.000 especies. La mayoría son árboles y arbustos tropicales que crecen en la capa más baja de los bosques” (Clifford & Willson, 1985). Otros miembros de esa familia son las gardenias y las plantas que producen quinina y otras sustancias útiles, pero el Coffea es el más importante de la familia desde el punto de vista económico.
Coffea o Árbol de Cafeto	“Son un género que contiene diez especies de plantas de la familia de las rubiáceas, nativas del sur de Asia y el África subtropical. Se cultivan extensamente por sus semillas que se emplean, molidas y tostadas, para la elaboración del café, una bebida estimulante; la popularidad de éste hace que la importancia económica del cafeto sea extraordinaria, siendo uno de los productos vegetales más importantes del mercado global” (Aces, 2001).
Coffea Arábigo	“Es una de las dos especies principales de café que se cultivan a nivel mundial (la otra es la robusta). Arábica es, con mucho, la especie dominante en la región suramericana, y se considera la mejor para producir la más alta calidad de la bebida” (World Coffee Research, 2013). La especie Arábica se compone de muchas variedades, en

	<p>la región del valle de Lengupá se cultivan las variedades Castilla, Típica y Caturra como principales y en muy poco porcentaje el Bourbon.</p>
<p>Café Arábigo, Variedad Castilla</p>	<p>Es uno de los cafés cultivables más destacados en el ámbito nacional, pues se produjo en el país con previos experimentos que arrojaron una nueva variedad óptima para el crecimiento en el sector andino montañoso y con alta resistencia a las enfermedades. “El método de mejoramiento consistió en cruzar dos plantas que se complementan en sus características agronómicas. Para la obtención de la variedad Castilla se partió del cruzamiento entre dos padres contrastantes por su resistencia a la roya, la variedad Caturra que es susceptible y el Híbrido de Timor, este último con elevada resistencia a la roya” (Cenicafé, 2012). Esta planta se caracteriza por tener un porte de crecimiento mediano grande, con granos de tamaño promedio, un alto grado de rendimiento y resistente a la roya.</p>
<p>Café Arábigo, Variedad Típica</p>	<p>Es uno de los cafés más importantes cultural y genéticamente de la especie Coffea arábica en el mundo, con alta calidad en Latinoamérica. Esta planta maneja un porte de crecimiento alto, sus granos son grandes, tiende a tener una alta susceptibilidad a la roya, pero la planta se adapta mejor a climas fríos. (World Coffee Research, 2013).</p>
<p>Café Arábigo, Variedad Caturra</p>	<p>Esta planta se caracteriza por su alta forma de compacto dentro del cultivo, maneja un porte de crecimiento bajo con granos de tamaño promedio y un óptimo potencial de rendimiento y calidad estándar en Centroamérica y</p>

	Suramérica, uno de sus grandes problemas es la susceptibilidad a la roya. (World Coffee Research, 2013).
Café Arábigo, Variedad Bourbon	Es uno de los cafés más importantes cultural y genéticamente de especie arábica en el mundo, conocidos por su excelente calidad de la bebida en las mayores altitudes. Tiende a ser una planta de porte alto, con granos de tamaño promedio, su alta susceptibilidad a la roya y los nematodos con su difícil adaptación a los climas templados la hacen difícil de cultivar y tener un rendimiento óptimo (World Coffee Research, 2013).

Fuente: Autores.

6.2.2 ¿QUIÉN LO HACE?

El café cultivado en la provincia de Lengupá es sembrado, tratado y cosechado por familias de los municipios que hacen parte de está, actualmente es la fuente de ingresos y la opción de negocio más rentable para ellos, una tradición cafetera que ha perdurado por generaciones.

El crecimiento económico de este sector y el incremento de familias dedicadas a esta labor conllevó a que hace más de 35 años se creara un comité local de cafeteros y se manejara la opción de carnetizar y acreditar a los caficultores de esta provincia, actualmente el 92.6% de los caficultores presentan acreditación.

La acreditación brinda beneficios económicos y laborales al agricultor, tales como:

- Préstamos bancarios para inversión en insumos, materia prima y suministros con tasas bajas de interés.

- Un seguro económico por pérdida de cosecha por desastres climatológicos, plagas no previstas o semillas con mal desarrollo reproductivo.
- Acceso a capacitaciones brindadas tanto por el SENA como por la gobernación y las diferentes oficinas del comité nacional de cafeteros.
- Obtención de ayudas brindadas por la gobernación de Boyacá para mejorar tanto el proceso productivo y la exportación como ayudas sociales para los caficultores y sus familias.

Por la gran variedad de fincas y espacios dedicados al cultivo del café, el comité cafetero decidió hacer una separación por tamaño de siembra para tener un control mayor de producción y así mismo brindar apoyo a personas que quieren expandir sus cultivos. Tenemos que:

Tabla 3. Tipo de productor.

TIPO DE PRODUCTOR	
<i>PEQUEÑO</i>	Menor a 1 ha sembrada
<i>MEDIANO</i>	Entre 1 ha y 5 ha sembradas
<i>GRANDE</i>	Mayor a 5 ha sembradas

Fuente: Comité regional de cafeteros (2019).

Para el año 2019 se tenía un estimado aproximado de la siembra total de café de 38% por mayores productores, un 36.2% por medianos y el 25.8% para pequeños productores (Comité Regional de cafeteros,2019).

Es importante mencionar que, por falta de estandarización en procesos y caracterización de todos los cultivos, el comité no tiene un consolidado exacto de medianos, pequeños y grandes productores, sino que se basa en el estimado de producción de los cultores acreditados.

Tabla 4. Número de caficultores y hectáreas sembradas de café en Lengupá.

PROVINCIA DE LENGUPÁ					
BERBEO		CAMPOHERMOSO		MIRAFLORES	
Caficultores	389	Caficultores	191	Caficultores	665
Fincas	464	Fincas	197	Fincas	809
Hectáreas	452,8	Hectáreas	203,15	Hectáreas	781,59
PAÉZ		SAN EDUARDO		ZETAQUIRÁ	
Caficultores	288	Caficultores	215	Caficultores	911
Fincas	305	Fincas	248	Fincas	1222
Hectáreas	323,96	Hectáreas	248,38	Hectáreas	1156,59
TOTAL					
Caficultores	2659	Fincas	3245	Hectáreas	3166,47

Fuente: secretaria de fomento y desarrollo agropecuario, 2019.

6.2.3 PROCESO PRODUCTIVO

6.2.3.1 PROCESO GENERAL (RELATO).

PROCESO RELATADO POR LOS CAFICULTORES.

El proceso productivo del café empieza con una semilla de café Lengupá que es dispuesta a germinación, esta semilla que es hija de alguna familia de injertos es seleccionada por el comité regional de cafeteros de Lengupá, esta germinación tarda aproximadamente 2 meses donde la planta desarrolla la raíz, tallo y hojas en un germinador adaptado a condiciones estables beneficiosas para su crecimiento.

Posterior a esto cuando la chapola ya tiene hojas definidas se hace el traspaso al almácigo, este es un contenedor plástico de polietileno lleno de tierra nutritiva donde se ubica a la planta por los siguientes 40 días, se acostumbra a manejar estas plántulas y sus respectivos almácigos en sombra o en condiciones donde el sol no sea directo. Estas primeras 2 partes del proceso productivo son realizadas por personas expertas de Cenicafé y del comité de regional de cafeteros. Cuando las chapolas ya se encuentran desarrolladas son entregadas a los cafeteros para su siembra en campo.

Gráfico 13. Chapolas de café Lengupá.



Fuente: Autores.

La preparación de la tierra se hace entre 10 y 12 días antes de la llegada de las chapolas de café, aquí se elaboran los respectivos hoyuelos en suelo fértil,

removiendo la tierra para oxigenarla y buscando que sea más nutritiva para el momento de la siembra, así mismo son aplicados los primeros insumos naturales como parte de un primer abonado (Cal, pasilla, Gallinaza, etc.). La siembra es realizada en los meses de febrero, marzo y abril, esto sujeto a condiciones climáticas y cronogramas estipulados por los agricultores, la cantidad de plantas es equivalente al tamaño del lote y por estandarización de las directivas regionales por hectárea (ha) se manejan aproximadamente 5.000 plántulas. El primer abonado es una mezcla de insumos químicos y orgánicos en cantidades mínimas. Las plantas suelen quedar apartadas una de la otra entre 0.50 y 0.75 metros de distancia, esto con la finalidad de mantener la oxigenación arbórea y tener un desarrollo efectivo de los tallos, hojas y frutos; Muchos de los cultivos están rodeados con plantas más grandes (Ceibos, jálalos, yopos, guamos, chamba, etc.) las cuales son usadas como rompevientos.

Grafico14. Floración de los cafetos.



Fuente: Autores.

Pasados aproximadamente 45 días después de la siembra la planta ya muestra las primeras flores las cuales se convertirán en frutos, esta floración tarda 20 días y en los próximos 3 meses los frutos comenzarán a crecer. La consistencia sólida y el tamaño deseado se verá reflejado a los 5 o 6 meses seguidos que el fruto empezó su desarrollo, el repasado de las plantas es vital ya que los fertilizantes y apoyos nutricionales darán los refuerzos que el árbol necesita para que su fruto se desarrolló con las mejores propiedades naturales. La maduración final del grano estará estipulada entre 25 y 60 días o un poco más si alguna planta tuvo un desarrollo más lento. La poda y el deshilado (retiro de vegetación natural que crece sobre el árbol) es necesaria para que el oxígeno y los nutrientes naturales sean mejor absorbidos por las hojas, tallo y frutos del cafeto.

Gráfico 15. Cerezas de café Lengupá.



Fuente: Autores.

Cuando se observa la maduración deseada del grano se planifica para los siguientes días la cosecha, un grupo de personas de la familia o contratadas por el

cafetero alistan sus canastos de fique y recipientes para recolectar las cerezas que ya están listas para ser retiradas del árbol, las cerezas que necesitan más semanas de maduración se dejan en el árbol para una segunda o tercera recolecta. Octubre, noviembre, diciembre son los meses del auge de la cosecha. Una vez realizada la recolección se procede a hacer la separación, proceso mediante el cual los granos se separan de ramas, hojas u otro residuo natural, además de granos defectuosos o dañados.

El apurado consiste en una primera limpieza rápida de los frutos donde son rociados con agua y puestos en lonas para que los residuos naturales que están pegados a su corteza resbalen, a continuación, se prosigue con el despulpado, proceso mediante el cual se retira la corteza a la cereza y se extrae el grano de café, realizado en su mayoría manualmente mediante corrientes de agua sobre un tambor, algunas fincas cuentan con máquinas despulpadoras manuales de baja calidad que realizan el trabajo un tiempo menor, una vez despulpado todo el café es puesto en tanques de recolección plásticos o de madera llenos de agua limpia, por un periodo de 24 a 30 horas, esto para el fermento anaeróbico donde se logra disolver el mucílago que se encuentra en los granos (este es usado como fertilizante orgánico muchas veces o vendido a compañías de salud para generar suplementos medicinales), este proceso de fermentación permite dar calidad al café y resalta su contextura granular.

Al retirar el café de los tanques es puesto en lonas o superficies planas para su secado, a la luz solar aproximadamente 30 horas y se mantiene en una superficie de granos no superior a 3 centímetros, además de revolver los mismos cada 4 horas para asegurar su secado parejo, en esta región la tecnificación para el secado es muy baja por lo que más del 90% del café de esta tierra es secado de esta manera, solo las grandes fincas manejan maquinas industriales para este proceso.

Gráfico 16. Secado tradicional de café en Lengupá.



Fuente: Autores.

Finalmente es enlonado en cargas de 60 kg, por medio de una pala agrícola, seguido a esto si se tienen varias cargas son llevadas a un almacenamiento local para crear grupos de estas y seguido a esto poder entregarlas en el centro de acopio. Pequeños y medianos caficultores viven de la rentabilidad y utilidad que les genera en café hasta esta parte del proceso; cabe resaltar que las cargas que llegan al centro de acopio son entregadas a grandes fincas que realizan los trabajos de post cosecha y refinamiento o es vendido a compañías nacionales e internacionales cafeteras para que generen sus productos de este café.

Algunas caficultores del producido final dejan una pequeña parte para consumo personal y el proceso de limpieza, trillado y tosti3n es hecho de manera informal en sus hogares.

El proceso de post cosecha es realizado por un grupo muy selecto de caficultores, que, debido a sus grandes tamaños de cosecha, la disposición de sus fincas y sus años de experiencia han realizado inversiones o se favorecieron de apoyos económicos para incorporar maquinaria que les permita hacer un refinamiento del café y generar ya un producto terminado para venta local, nacional o internacional.

Gráfico 17. Café listo para procesos de Post Cosecha.



Fuente: Autores.

En la postcosecha el grano seco del café comienza su tratamiento final para ser llevado al consumidor, la clasificación se hace por tamaños y color buscando que los granos que estén en mal estado o presenten manchas por hongos sean puestos aparte, seguido de esto cantidades de café de 10Kg son separadas, se hace una limpieza granular con agua y llevadas a las trilladoras donde por procesos físicos de fricción es retirada la capa delgada o película del grano, así de este proceso obtenemos el café excelso, el café medio y la pasilla, el excelso en este punto puede

ser empacado para su exportación, pues en algunos países amantes del café prefieren comprar café de grano verde para hacer el tostado y molida en los mismos hogares. Parte del café excelso y medio es consumido tanto a nivel nacional como internacional, la pasilla es usada como abono orgánico o para generar derivados del café (Dulces, sabajones, chicha, etc.). Los caficultores autorizados en sus fincas realizan la tostión del grano, donde mediante una turbina giratoria el café toma su color dependiendo de la característica final deseada (Claro, Medio u Oscuro) y en este proceso final pierde aproximadamente entre el 15 y 20% de su peso, el proceso es lento, pero permite resaltar las propiedades organolépticas del café del valle de Lengupá que lo hacen único y diferente a nivel global. Fincas certificadas dedicadas a la venta empaquetan y distribuyen sus productos en Colombia y en el mundo.

Gráfico 18. Producto cafetero final de Lengupá.



Fuente: Autores

6.2.3.2 IDENTIFICACIÓN DE LOS PROCESOS

El proceso de producción de café de la provincia de Lengupá se divide en 4 fases:

- Fase 1. Germinación.
- Fase 2. Plantación.
- Fase 3. Recolección.
- Fase 4. Post Cosecha

Dadas las condiciones actuales, los pequeños productores se encuentran desarrollando sus procesos, desde la fase 2 hasta la fase 3.

Tabla 5. Identificación de procesos y fases en la producción del café.

	PROCESO	DESCRIPCIÓN
FASE 1	Germinación	La germinación consiste en la disposición de una semilla de café en pequeñas huertas con condiciones climáticas y físicas controladas donde la planta inicia su desarrollo físico y crecimiento (Cenicafé, 2018).
	Almacigo	Este proceso radica fundamentalmente en trasladar la planta de la pequeña huerta, a un recipiente un poco más grande con tierra nutritiva y buscando que el tallo adquiera fuerza y consistencia para soportar vientos, no obstante, las hojas empiezan a crecer por tener más contacto con condiciones naturales (Cenicafé, 2018).
	Preparado de tierra	Elaboración de hoyuelos donde serán sembradas las plantas, generalmente con profundidades de 20 cm y hechos con menos 15 días de anticipación a la llegada de las plantas (Cenicafé, 2018).

FASE 2	Siembra	Las plantas son puestas en los campos, lotes o parcelas dispuestas para su crecimiento y desarrollo total (Federación Nacional de Cafeteros, 2018).
	Abonado	Proceso mediante el cual las plantas y tierra reciben suplementos proporcionados por sustancias orgánicas, generalmente realizado con rociadoras o bombas manuales. Generalmente es hecho en la misma siembra, aunque por costumbres tradicionales algunos caficultores lo realizan después de que la planta ya lleva unos días sembrada (Federación Nacional de Cafeteros, 2018).
	Repasado	Es la verificación que se hace las plantas luego de un tiempo sembradas, donde se busca quitar hojas o impurezas que puedan estar creciendo cerca a los cafetos (Cenicafé, 2018).
	Fertilizado	Consiste en el regado de apoyos nutricionales y fertilizantes en las plantas de café buscando hacerlas fuertes a las enfermedades que las atacan en el proceso de desarrollo de los frutos (Cenicafé, 2018).
	Poda y Deshilado	Proceso mediante el cual se retira la vegetación natural que crece sobre el árbol de café; Cuando el árbol presenta irregularidades se hacen cortes en tallos y ramificaciones para evitar que se propague por toda la planta (Federación Nacional de Cafeteros, 2018).
	Control de plagas	Aplicación controlada de herbicidas y plaguicidas en la planta, en ocasiones se realizan antes de la poda dependiendo del estado en el que se observe el cafeto y de la variedad sembrada (Cenicafé, 2018).

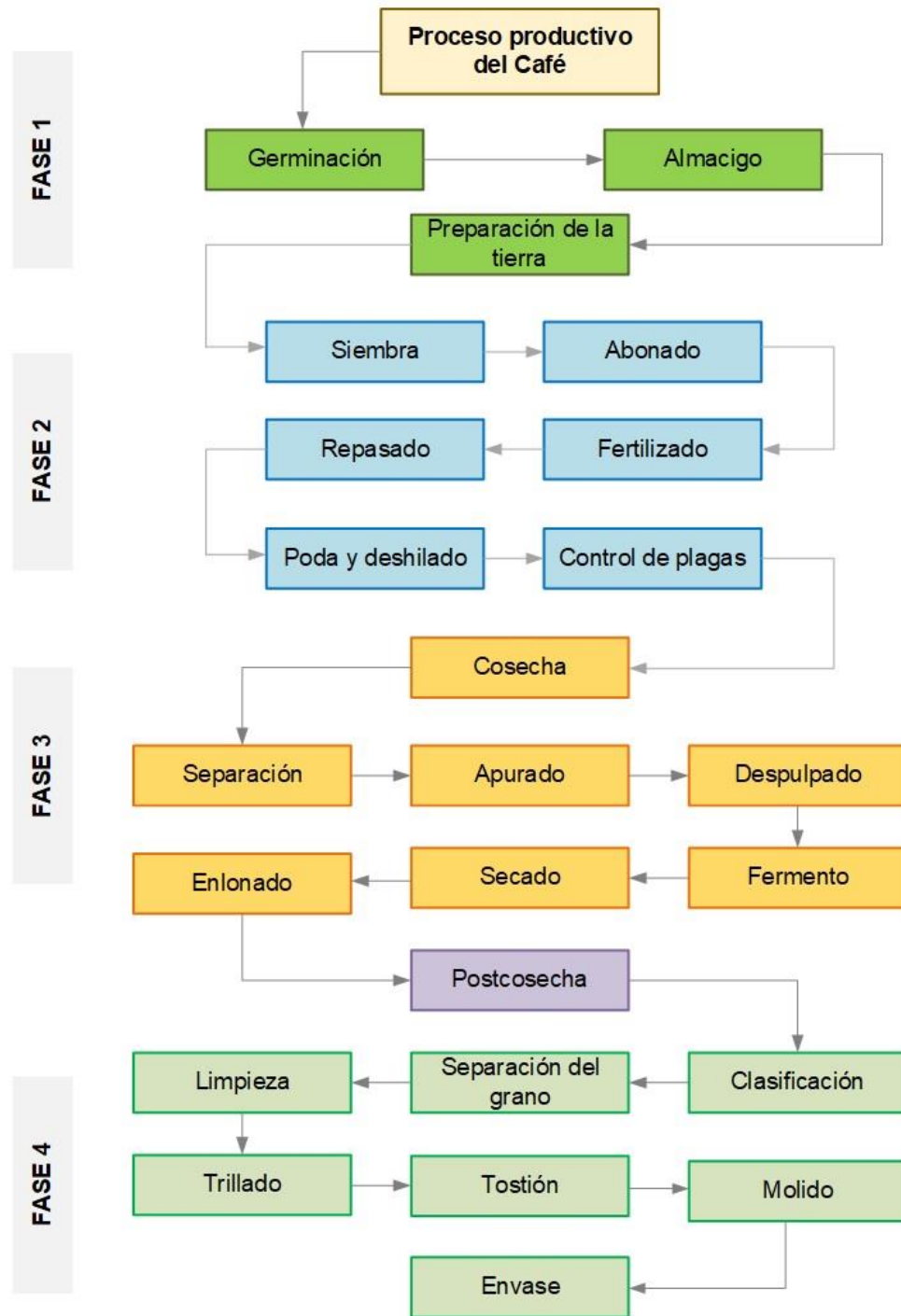
FASE 3	Cosecha o recolección	Consiste en la recolección de los frutos, semillas u hortalizas de los campos en la época del año en que están maduros (Cenicafé, 2018).
	Separación	Proceso de clasificación de los granos por especificaciones técnicas requeridas (tamaño, tipo, variedad, etc.). (Federación Nacional de Cafeteros, 2018).
	Apurado	Consiste en un primer lavado con agua a las cerezas del café, busca eliminar residuos que se encuentran sobre la corteza de la misma (Cenicafé, 2018).
	Despulpado	Popularmente conocido como descerezado es la separación el grano de la cascara de la cereza mediante la aplicación de corrientes de agua (Cenicafé, 2018).
	Fermento	Proceso anaeróbico donde se lograr disolver el mucílago que se encuentra en los granos mediante la disolución de los mismos en agua por lapsos de tiempo prolongados (Federación Nacional de Cafeteros, 2018).
	Secado	Consiste en la puesta de los granos sobre superficies planas o lonas para que mediante la luz solar estos generen resequedad y permitan que los granos obtengan la contextura deseada (Cenicafé, 2015).
	Enlonado	Es el proceso final de la fase 3, donde el café ya seco y después de haber pasado por el proceso de cosecha es dispuesto en lonas o cargas, esto con un peso de 60 Kg por bulto (Cenicafé, 2018).

FASE 4	Clasificación	Proceso de selección muy minucioso donde agrupan los granos secos con el fin de agruparlos en sus variedades o en tamaños muy similares. (Cenicafé, 2018).
	Separado	Aquí se hace una distribución de los granos dependiendo de su estado actual, percibiendo irregularidades u hongos superficiales, se generan montos de café óptimo de 10 Kg. (Federación Nacional de Cafeteros, 2018).
	Limpieza granular	Es un proceso de lavado con agua, pero con la diferencia de que la proporción de líquido es poca, no se busca un remojo sino cubrir superficialmente los granos con humedad (Federación Nacional de Cafeteros, 2018).
	Trillado	Proceso físico que por medio de fricción retira la capa delgada o película del grano, así de este proceso obtenemos el café excelso, el café medio y la pasilla (Federación Nacional de Cafeteros, 2018).
	Tostión	Consiste en poner los granos de café excelso resultantes del trillado en una turbina giratoria que mediante procesos físicos con calor hacen que el café adquiera la característica final deseada. (Cenicafé, 2018).
	Molido	No es un proceso muy común en el café excelso, pues este es vendido como grano tostado, pero es realizado a la pasilla y granos defectuosos donde son convertidos en polvo y vendidos para el consumo local y generalmente nacional. (Federación Nacional de Cafeteros, 2018).
	Envasado	Disposición del café excelso y medio en bolsas selladas al vacío, por sabor, olor, textura, etc. y distribuido a nivel nacional e internacional. (Cenicafé, 2018).

Fuente: Autores.

6.2.3.3 DIAGRAMA GENERAL DE PROCESO

Gráfico 19. Diagrama general de procesos.



Fuente: Autores.

6.3 FACTORES VINCULADOS A PROCESO DE SIEMBRA Y POST COSECHA

6.3.1 ENFERMEDADES DE LOS CAFETALES DE LENGUPÁ

Tabla 6. Enfermedades de los cafetales del sector.

ITEM	CARACTERISTICA
Roya del cafeto	Es una enfermedad foliar causada por el hongo <i>Hemileia vastatrix</i> que causa defoliación y puede resultar en pérdidas importantes de cosecha.
Nematodos	Son animales microscópicos que infectan las raíces de la planta y pueden causar marchitamiento y muerte del hospedero.
Broca del café	Es la plaga más devastadora de café en el mundo, se trata de un insecto el cual taladra y hace galerías en el endospermo del grano, produciendo daños al cultivo tanto en granos maduros como verdes en atapa de crecimiento.

Fuente: Cenicafé.

6.3.2 RENDIMIENTO DEL CAFÉ

La calidad del café es muy importante para su venta y exportación, las cargas presentan un rendimiento en 3 categorías, estos rendimientos varían dependiendo del cultivo y la región donde es sembrado, estos parámetros son dados tanto por Cenicafé y el Comité Nacional de Cafeteros y adaptados al sector por el comité departamental para entrega a los encargados de realizar el proceso del trillado, actualmente del café cosechado en la provincia de Lengupá encontramos estos rendimientos por carga: Café excelso (75%), Café medio (20%) y Pasilla (5%), cabe resaltar que todo el contenido de la carga aprovechable y nada se pierde.

Tabla 7. Rendimientos del café.

ITEM	DESCRIPCIÓN
Café puro o café excelso	Este café se caracteriza por cumplir con las especificaciones deseadas de una cosecha, su calidad es excepcional a cualquier otro grano, se considera un café exótico por su demanda internacional, además de ser un grano que ha sido debidamente seleccionado, es un grano parejo y plano con color con un peso homogéneos. Su consistencia es suave, de acidez alta, cuerpo balanceado y gran aroma.
Café medio	Este café se caracteriza por presentar irregularidades físicas en el grano, tales como cisco (cascarilla sobrante que no se removi6 en todo el proceso), mermas (película del grano o mucilago) e impurezas superficiales del café. Este producto es corregible, aunque no es dispuesto es los productos de exportación, sino que es mezclado con los productos de consumo local y nacional.
Pasilla	Es el producto de la trilla del café que se caracteriza por ser un grano no apto como excelso de exportación y que tiene un tamaño de grano superior, y es más susceptible de estar y ser contaminada por mohos capaces de sintetizar micotoxinas. El aprovechamiento de toda la carga es importante en esta región por lo que estos sobrantes defectuosos son empleados en consumo local, como lo son en la preparación de derivados del café, tales como dulces, sabajones, chicha, entre otros.

Fuente: Federación nacional de cafeteros.

6.3.3 NIVELES DE TOSTADO DEL CAFÉ

El tostado del café o tosti3n del grano es un proceso con el que el grano desarrolla m3s propiedades organol3pticas que lo har3n particular y 3nico, los grandes catadores de caf3 piden caf3s oscuros sin endulzantes, los oficinistas lo prefieren claro y amargo, mientras que los trasnochadores les gusta oscuro, dulce y saborizado.

Tabla 8. Niveles de tostado del caf3.

ITEM	DESCRIPCI3N
Tosti3n Clara	Su caracter3stica es una acidez m3s intensa combinada con una taza suave y clara. En calidad de granos excelsos la experiencia de este caf3 es m3s satisfactoria, ya que las notas del tostado no inciden en el espectro del sabor original. Este tipo de tosti3n tiende a mantener constantes las propiedades antiinflamatorias y antioxidantes que tiene el caf3 original en grano. As3 como los niveles de cafe3na.
Tosti3n Media	Este tostado aumentar la concentraci3n de los aromas, la dulzura y la acidez adem3s de elevar la textura percibida en la boca sin que las notas del tosti3n sean obvias. La cantidad de cafe3na tambi3n es ligeramente menor con el cuerpo el cual hace m3s pesado.
Tosti3n Oscura	EL caf3 con tostado oscuro no debe confundirse con el caf3 quemado. La sensaci3n en la boca tiene notas amargas como consecuencia de la de la caramelizaci3n. Los caf3s tostados oscuros son de color marr3n chocolate casi negro, presentan un brillo caracter3stico debido a su superficie aceitosa. En cuanto a la cafe3na, esta se reduce sustancialmente.

Fuente: World Coffee Research.

6.4 CANTIDADES PRODUCIDAS EN LENGUPÁ.

6.4.1 PRODUCCIÓN BOYACENSE DE CAFÉ.

El departamento ha mantenido un incremento estable en la siembra y producción de café, La provincia de Ricaurte se ha destacado por ser el mayor productor de este grano con sus municipios líderes en este campo como lo son Moniquirá, Togui y Santana, así mismo liderar el fomento en adaptación de nuevos procesos de producción y tecnificación que busca mejorar los estándares desde la siembra de la semilla hasta el empaquetado de sus variedades, listas para distribuir en los diferentes mercados nacionales e internacionales. (Periódico 7Dias, pág. 6, edi. 6265).

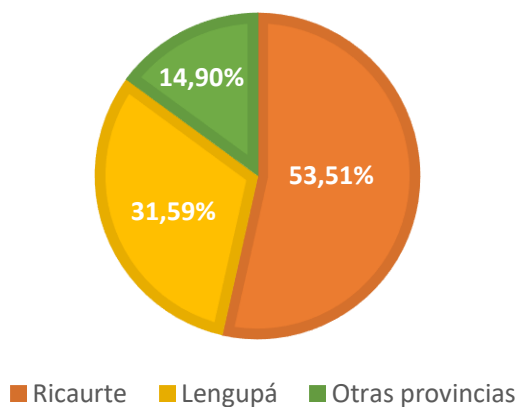
Tabla 9. Producción anual cafetera de Boyacá en 2019.

BOYACÁ	
Hectáreas sembradas	11,602 ha
Producción anual (2019)	10'983.767 kg.

Fuente: Secretaría de Desarrollo y fomento agropecuario (2019).

Gráfico 20. Producción provincial total de café en Boyacá.

PRODUCCIÓN POR PROVINCIAS 2019



Fuente: Comité departamental de Cafeteros (2019).

6.4.2 PRODUCCIÓN DE CAFÉ EN LA PROVINCIA LENGUPÁ.

“La provincia de Lengupá con su municipio emblema del café, Zetaquirá, ha mantenido un buen ritmo de producción estando con la segunda mayor producción del departamento que equivale a un 31.59 de la producción total de café %” (Comité departamental de cafeteros, 2019). Municipios como Páez y San Eduardo no tienen una distribución directa del grano con el centro de acopio regional, sino que muchas veces es entregado el grano a centros de acopio de Casanare y Meta; Esto debido a la facilidad de transporte que hay entre estas localidades.

Tabla 10. Producción total de café en Provincia de Lengupá 2019.

PROVINCIA DE LENGUPÁ	
Hectáreas sembradas	3258 ha
Producción anual (2019)	3'469.772 kg.

Fuete: Comité Regional de caficultores (2019).

Gráfico 21. Mapa zonal de producción general de café en Lengupá.

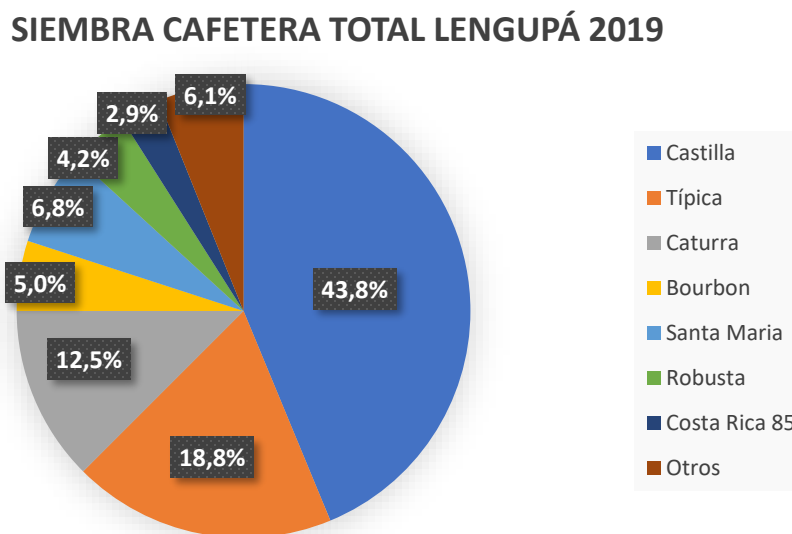


Fuente: Comité Regional de caficultores (2019).

6.4.3 SIEMBRA TOTAL DE CAFÉ VARIEDAD LENGUPÁ.

De la siembra total de esta región y sus municipios con mayor índole en las cifras de siembra y producción se destacan las variedades principales: Castilla, Típica, Caturra y un porcentaje de otras variedades las cuales forman la variedad Lengupá.

Gráfico 22. Siembra cafetera total de variedad Lengupá 2019.

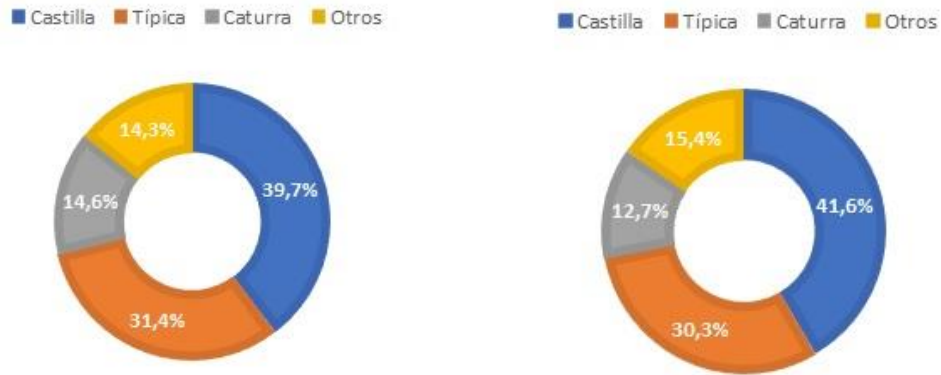


Fuente: Comité regional de cafeteros, 2019

Actualmente el comité de cafeteros en sus entregas de chapolas previas a la siembra, realizan entrega de plantas hijas de familias de plantaciones que presentaban injertos de otras variedades, es así como de la variedad Lengupá se distinguen por su auge de siembra las variedades injertadas Castilla, Caturra, Típica, y otras variedades con siembras menores. Dado que no todos los injertos de variedades funcionan en todos los terrenos del sector, se permite que los caficultores escojan por su experiencia cuales sembrar, en que cantidad, y se les permite que hagan integraciones de nuevas variedades, buscando obtener a futuro familias de injertos acopladas a las condiciones climáticas y físicas de sus plantaciones.

Gráfico 23. Siembra de café variedad Lengupá en Miraflores y Zetaquirá.

SIEMBRA DE CAFÉ MIRAFLORES 2019 **SIEMBRA DE CAFÉ ZETAQUIRÁ 2019**



Fuente: Comité regional de cafeteros, 2019

6.5 FACTOR ECONÓMICO DE LA PRODUCCIÓN DE CAFÉ EN LENGUPÁ

6.5.1 MANO DE OBRA

El factor humano es primordial en cualquier industria y su gestión es parte esencial del funcionamiento óptimo y la búsqueda del incremento de la productividad corporativa.

La siembra y cosecha representan el capital más grande en cuanto a manejo de personal, debido a que estos procesos van ligados con el tamaño de la siembra y así mismo la cantidad de producto a ser cosechado, además de los cuidados específicos de las plantas, cabe resaltar que este proceso es tradicionalista y generacional por lo que muchos de los involucrados en procesos y acciones del mismo son los dueños de fincas, además de sus círculos familiares cercanos los cuales aportan trabajo como parte del vínculo personal. Posterior al análisis de las entrevistas y estudios de campo encontramos factores que nos brindan un

direccionamiento del manejo del talento humano dentro de los cafetales de la provincia de Lengupá, Entre ellos encontramos:

- Por hectárea a sembrar se maneja un promedio de 4 a 6 trabajadores particulares apoyados de algunos miembros de la familia cafetera.
- En la aplicación de fertilizantes, herbicidas, abonos y demás suplementos nutricionales por hectárea, se emplean 2 personas capacitadas las cuales se encargarán de hacer la aspersión en todo el cultivo.
- El repasado, la poda, deshilada y demás procesos inmersos en el crecimiento óptimo de la planta es realizado por los miembros de las familias, estos en su mayoría no son pagos, ya que se consideran favores familiares u obligaciones personales.
- En la cosecha se maneja un promedio de 10 a 12 personas por hectárea, 8 son trabajadores particulares y los demás son apoyos familiares.

En sectores colombianos que manejan procesos más estandarizados y específicos y sus producciones de café representan grandes porcentajes de la cosecha nacional se manejan procesos administrativos de contratación y homogenización en los pagos a sembraderos y recolectores. En zonas de menor auge de cosecha nacional muchos de estos contratos de servicio y trabajo son hechos en el “voz a voz” y con duraciones indefinidas donde los empleadores pueden requerir personal por tiempos no fijos, además de salarios negociados dependiendo del sector y el tamaño de la cosecha.

La mano de obra particular actualmente ronda entre los \$25.000 y \$30.000 por día, esto aplica a sembraderos o recolectores de grano, con un promedio de trabajo de 8 horas, los fertilizadores y encargados del bienestar de la planta, reciben un pago por día de entre \$40.000 y \$45.000.

Las grandes fincas productoras de café de la provincia, también conocidas como de primera línea, por su capacidad de siembra y cosecha, la tecnificación en todas las fases del proceso de producción del grano y los grandes terrenos que abarcan en la siembra de variedades tanto tradicionales como variedades exóticas propias hacen que estas manejen costos de mano de obra muy diferentes a los convencionales debido a la contratación de personal capacitado para cada proceso.

6.5.2 INSUMOS INMERSOS EN LA PRODUCCIÓN DE CAFÉ

6.5.2.1 ABONOS, HERBICIDAS Y PLAGUICIDAS

Las plantas productoras de granos y frutas toman muchos nutrientes del suelo, el sol, el aire y de las plantas que las rodean, pero estos no siempre son suficientes para que estas alcancen su madurez total. Los cafetales requieren de ciertos apoyos nutricionales que los hagan resistentes a los cambios de clima, las plagas, y enfermedades que atacan a los cafetos, Uno de los caficultores de Zetaquirá menciona en una entrevista: “Una matica de café es como un hijo para nosotros y por eso mismo es que buscamos darles el mejor cuidado”.

El uso de abonos, apoyos nutricionales y otros insumos representan un porcentaje económico de inversión de los caficultores para alcanzar la cosecha deseada y evitar pérdidas significativas de cerezas en desarrollo como de plantas por plagas y enfermedades que deterioran el desarrollo de la misma y algunas veces la pérdida parcial o total del cafeto. Parte de los fertilizantes son naturales y vienen de los desechos del proceso de transformación del grano de café, además del uso de desechos naturales biodegradables provenientes de cáscaras de frutas, legumbres y cascarás de huevo, la gallinaza también es usada por algunos caficultores como abono, esta última por su olor es aplicada previo a la siembra de la plántula; Entre los más destacados y comunes tenemos:

Tabla 11. Insumos utilizados en la producción de café Lengupá.

<p>Acondicionador inorgánico de acidez de suelo</p>	<p>Herbicida Burner 150 SL</p>	<p>Fertilizante orgánico 25-4-24</p>	<p>Fertilizante organico17-6-18-2</p>
			
<p>Fertilizante orgánico 15-15-15</p>	<p>Fertilizante orgánico 23-4-20-3</p>	<p>Fertilizante orgánico 22-3-15</p>	<p>Cal viva en polvo</p>
			
<p>Cormoran 180 EC</p>	<p>Alto 100 SL</p>	<p>Acaricida capsicin parafinado</p>	<p>Abono Orgánico para aspersión</p>
			

Fuente: Autores.

6.5.2.2 HERRAMIENTAS Y UTENSILIOS DE APLICACIÓN DE INSUMOS

Tabla 12. Herramientas y utensilios de aplicación de insumos.

Bomba de aspersión manual	Carretilla Manual	Pala agrícola	Aspersor de líquidos a presión
			

Fuente: Autores.

6.5.2.3 RECURSOS HÍDRICOS (AGUA)

El agua es primordial para el crecimiento de los cafetales, es por ello que en estas zonas que tienen afluentes hídricos cercanos este grano se dan con más auge, aunque la mayoría de fincas cuentan con pozos naturales de este líquido no siempre es constate el flujo de estos, por ello los caficultores suelen hacer una inversión anual de aproximadamente \$ 350.000 con Corpoboyacá para que el líquido pueda ser redirigido de los ríos por medio de canales de tuberías y se garantice un abastecimiento no solo para el cultivo sino para la misma finca, lo que podríamos denominar una concesión. Debido a las sequias que en los últimos años se han presentado por más de 45 días se ha optado por llenar silos con agua para así no reducir tanto el cauce de las fuentes hídricas y generar un problema ambiental.

Gráfico 24. Pozos naturales de agua de las fincas cafeteras.



Fuente. Autores.

Es así como tenemos que por cada siembra y cosecha se está realizando una inversión, y con ello se espera recuperar esto con la venta de las cargas, aproximadamente se tienen valores aproximados como los que se muestran a continuación:

Tabla 13. Inversión total para la producción de café de la región.

Abonos, herbicidas y plaguicidas	\$ 1'800.000
Herramientas y/o utensilios de aplicación	\$ 700.000
Agua (recurso hídrico)	\$ 350.000
total	\$ 2'850.000

Fuente. Autores.

6.5.3 TRANSPORTE

La gran mayoría de familias de caficultores no cuentan con un medio para transportar las cargas de café de su finca o lugar de cultivo hasta al centro de acopio donde es vendido, para ello se requerido un camión o camioneta con una alta capacidad de carga. Dueños de camiones de transporte de alimentos de gran tonelaje ofrecen sus servicios del traslado en las siguientes rutas:

Tabla 14. Precios de movilización particular de cargas a centro de acopio.

RUTA	COSTO APROXIMADO
Zona veredal (Miraflores) a centro de acopio (Miraflores)	\$30.000
Zona veredal (Zetaquirá) a centro de acopio (Miraflores)	\$ 50.000
Zona centro (Zetaquirá) a centro de acopio (Miraflores)	\$40.000

Fuente: Caficultores de la región, (2019).

6.5.4 VENTA DE CARGAS

Actualmente se identifican y registran 2 tipos de venta de carga, la directa y la indirecta.

- Carga directa: El caficultor asume el costo del transporte del producto hasta el centro de acopio y vende su producto al precio venta del día o la temporada.
- Carga Indirecta: El caficultor vende la carga a un intermediario el cual se encarga de costos de transporte y revender en el centro de acopio. El precio de venta de caficultor-intermediario es libre donde por lo general las utilidades que va a generar el intermediario son mayores a las del caficultor; Aproximadamente \$35.000 más se está pagando por carga de 60 Kg.

7. IDENTIFICAR VARIABLES Y PARÁMETROS QUE TIENEN ÍNDOLE EN EL PROCESO PRODUCTIVO DEL CAFÉ DE LOS PEQUEÑOS PRODUCTORES DE LENGUPÁ.

Una vez se realizó la caracterización y se hizo la posterior revisión de los datos allí encontrados entendimos que debíamos seleccionar una serie de variables y parámetros claves inmersas en el proceso de producción de los pequeños caficultores de la provincia de Lengupá.

Dado que lo que buscamos es generar una optimización idónea de este proceso y encontrar unas mejoras que pongan a este selecto grupo de agricultores en el mapa de los grandes productores decidimos comenzar a indagar a más profundidad en aspectos que requerían ser analizados, clasificados y promediados, no obstante, para esto se recurrió a la búsqueda de unos valores históricos referentes a los últimos 5 años donde se pudiera observar el comportamiento de las siembras, las cosechas, las inversiones, las tasas de producción y las utilidades que este grano estuviera dejando en esas familias que decidieron continuar una tradición o por las circunstancias de escasez de oportunidades laborales se enfilaran en el cultivo de café.

Puesto que los datos requeridos no eran suficientes del todo, se optó por realizar una nueva visita y conversar con caficultores y personal del comité regional para que se nos facilitara toda esta información, que por cuestiones de confidencialidad ya mencionado anteriormente no estaban disponibles al público en general.

Luego de conversar y mostrar lo que se quería realizar con esta investigación se pactaron unos acuerdos y se tuvo acceso a escuchar datos históricos de este sector y así mismo a tabularlos y usarlos para la continuación del desarrollo de este proyecto. Es necesario resaltar que se tuvo acceso a promedios anuales y en la entrevista se identificó que algunos campesinos dedicados al café y entes encargados del control no llevan un seguimiento exacto de inversiones, inventarios, procesos, niveles de producción, etc.

7.1 SELECCIÓN DE VARIABLES Y PARAMETROS DEL PROCESO

Para la producción de un artículo, bien o servicio se tendrá una serie de pasos estipulados que irán progresivamente integrando la cadena de valor hasta finalizar con una salida de algo que el mercado necesitaba con unas características específicas. El proceso de producción del café en el sector de la provincia de Lengupá en su gran mayoría es tradicionalista, rustico y con una minúscula participación de maquinaria que facilite el proceso, no obstante, el trabajar con factor humano en cada uno de sus procesos lo hace una fuente de oportunidades laborales y una manera de integrar a núcleos familiares.

Nuestro proceso cafetero de los pequeños productores de café se concentra en la fase de siembra y recolección, donde decidimos agrupar los datos encontrados por su nivel de inferencia dentro del sistema de producción y por su importancia al momento de buscar una optimización del mismo, es así como identificamos 5 grandes grupos de condiciones que definen unas constantes y unas variables:

- ✓ Plantación.
- ✓ Cosecha.
- ✓ Factor económico.
- ✓ Rentabilidad.
- ✓ Capacidad.

De estos grupos se seleccionaron datos que vinculaban tiempos, procesos, costos y que podrían ser evaluados para buscar una propuesta de mejora continua. Así mismo se evaluó que se tuviera acceso a datos históricos y referenciaciones que nos permitieran tener una certeza de los cambios que venían presentando en el tiempo y en el campo de la realidad cafetera de la zona.

7.1.1 PLANTACIÓN

En este grupo se seleccionaron datos vinculados a la fase de plantación, cuya intervención en el proceso de producción nos permitiera observar su comportamiento en el tiempo y el ver cómo afecta esto a esta parte del desarrollo de la cadena producción de café del sector.

Tabla 15. Factores identificados G. Plantación.

G. PLANTACIÓN
Cantidad de plantas sembradas por hectárea
Recurso humano requerido en siembra

Fuente: Autores.

7.1.1.1 HISTORICOS PLANTACIÓN

Tabla 16. Históricos referenciados G. Plantación.

HISTORICOS G. PLANTACIÓN				
Cantidad de plantas sembradas por hectárea				
2015	2016	2017	2018	2019
5000				
Cantidad de personas requerido para preparación de suelo y siembra				
2015	2016	2017	2018	2019
5				

Fuente: Comité regional de cafeteros (2019).

7.1.2 COSECHA

Para este grupo se seleccionaron datos vinculados a la fase de cosecha, ubicado desde la recolección hasta el enlonado, es quizá una de las partes más optimizables y así mismo en la que el proceso de producción tiene inmersas cantidades

representativas que arrojan las ganancias y utilidades a los caficultores, es así como tenemos que:

Tabla 17. Factores Identificados G. Cosecha.

COSECHA
Cantidad de café cosechada por hectárea sembrada.
Recurso humano requerido en cosecha.

Fuente: Autores.

7.1.2.1 HISTORICOS COSECHA

Tabla 18. Históricos referenciados G. Cosecha.

HISTORICOS G. COSECHA				
Cantidad promedio de café cosechado por hectárea sembrada				
2015	2016	2017	2018	2019
826,5	862	931,8	1034,3	1065,3
Cantidad promedio de personas requerido para cosecha de cerezas				
2015	2016	2017	2018	2019
10				

Fuente: Comité regional de cafeteros (2019).

7.1.3 FACTOR ECONÓMICO

En este grupo se seleccionaron datos vinculados a porcentajes económicos sobre costos, gastos e inversiones realizadas por parte de los caficultores del nodo productivo. El factor económico no solo representa hasta donde se puede llegar como productor de café, sino que su correcta gestión puede hacer que se busque una mejor opción de inversión, no obstante cientos de familias dependen del cultivo

de este grano por lo que el saber manejar este factor puede representar un margen de ganancia o pérdida al momento de realizar un balance final al terminar la cosecha o vender las cargas en el centro de acopio. Se acudió a datos históricos que fueron separados con la facilidad de poder simularlos y generar un análisis más directo sobre cada una, es así como tenemos que:

Tabla 19. Factores Identificados G. Factor económico.

FACTOR ECONÓMICO
Inversión en aditivos, suplementos, herbicidas, agua, etc.
Gastos logísticos.
Salarios a personal involucrado en siembra y cosecha.

Fuente: Autores.

7.1.3.1 HISTORICOS FACTOR ECONÓMICO

Tabla 20. Históricos referenciados G. Factor económico.

HISTORICOS G. FACTOR ECONÓMICO				
Inversión promedio anual de insumos, suplementos, agua, etc.				
2015	2016	2017	2018	2019
\$ 2.977.800	\$ 2.949.500	\$ 3.251.300	\$ 2.903.000	\$ 2.850.000
Gastos de Transporte promedio (Logísticos)				
2015	2016	2017	2018	2019
\$ 40.000	\$ 42.000	\$ 45.000	\$ 47.000	\$ 48.000
Salario promedio de personal involucrado en siembra y cosecha				
2015	2016	2017	2018	2019
\$ 25.000	\$ 26.000	\$ 27.000	\$ 28.000	\$ 29.000

Fuente: Comité regional de Cafeteros (2019).

7.1.4 RENTABILIDAD

En el grupo rentabilidad se agruparon los valores y porcentajes que de cierta forma afectan o benefician el bolsillo del productor de café, ya que los grande productores del sector manejan estándares grandes de utilidades, se busca que los datos históricos encontrados se logren diseñar estrategias que permitan a pequeños cultivadores del nodo del café de Lengupá poder manejar una rentabilidad que beneficie no solo su economía sino que haga que progresivamente sus procesos se establezcan y generen recursos capaces para mantener el sustento de todos lo que dependen de este grano. Se acudió a datos históricos que fueron separados con la facilidad de poder simularlos y generar un análisis más directo sobre cada una, es así como tenemos que:

Tabla 21. Factores Identificados G. Rentabilidad.

RENTABILIDAD	
Ganancia total de producción de café una vez vendidas las cargas.	
Precio de venta promedio de carga de café.	
Excedente de venta de carga a intermediario.	

Fuente: Autores.

7.1.4.1 HISTORICOS RENTABILIDAD

Tabla 22. Históricos referenciados G. Rentabilidad.

HISTORICOS G. RENTABILIDAD				
Ganancia total promedio de producción de café				
2015	2016	2017	2018	2019
30%	30,70%	32,80%	32,50%	35%

Precio de venta promedio anual de la carga de café				
2015	2016	2017	2018	2019
\$ 812.000	\$ 835.000	\$ 832.000	\$ 827.000	\$ 841.000
Excedente promedio de venta de carga a intermediario				
2015	2016	2017	2018	2019
				\$ 35.000

Fuente: Comité regional de Cafeteros (2019).

7.1.5 CAPACIDAD

Las estimaciones de capacidad que se agruparon en este punto hacen referencia a los aproximados históricos mencionados en la entrevista, pequeños y medianos productores carecen de un sistema de manejo de inventarios donde se maneje un total de cargas por cosecha o un estimado exacto de cargas llevadas al centro de acopio, de igual forma la falta de un control en la salida de los productos genera que se tenga falencias grandes al momento de medir una rentabilidad y generar un espacio de medición de la capacidad con la que cuenta cada caficultor, es necesario mencionar que en las entrevistas se menciona un manejo de dinero en cuanto a precios devengados por la ventas, más no por un número exacto de cargas.

Tabla 23. Factores identificados G. Capacidad.

CAPACIDAD
Tamaño de carga manejada por los caficultores
Cantidad de cargas total que entraron a centros de acopio
Porcentaje de café pergamino seco que entró a centros de acopio

Fuente: Autores.

7.1.5.1 HISTORICOS CAPACIDAD

Tabla 24. Históricos referenciados G. Capacidad.

HISTORICOS G. CAPACIDAD				
Tamaño de carga en Kg estándar				
2015	2016	2017	2018	2019
60				
Cantidad total de cargas que ingresaron a centro de acopio				
2015	2016	2017	2018	2019
51468	54000	55147	56283	59200
Porcentaje estima de café tipo pergamino a centro de acopio				
2015	2016	2017	2018	2019
9,80%	10,40%	10,60%	12,50%	11,90%

Fuente: Comité regional de Cafeteros (2019).

Una vez definidos nuestras condiciones, se deciden tabular para mayor facilidad de trabajo. Ya que el sistema de simulación donde se va a generar la optimización no reconoce los parámetros aparte, estos se vinculan como una constante más.

Tabla 25. Síntesis de constantes y variables identificadas.

SINTESIS DE CONSTANTES Y VARIABLES		
PLANTACIÓN	Cantidad de plantas sembradas por hectárea	Constante
	Recurso humano requerido en siembra	Constante
COSECHA	Cantidad de café cosechada por hectárea.	Variable
	Recurso humano requerido en cosecha.	Constante
FACTOR ECONÓMICO	Inversión en aditivos, suplementos, herbicidas, agua, etc.	Variable
	Gastos logísticos.	Variable
	Salarios a personal involucrado en siembra y cosecha.	Variable
RENTABILIDAD	Ganancia total de producción de café una vez vendidas las cargas.	Variable
	Precio de venta promedio de carga de café.	Variable
	Excedente de venta de carga a intermediario.	Constante
CAPACIDAD	Tamaño de carga manejada por los caficultores	Constante
	Cantidad de cargas total que entraron a centros de acopio	Variable
	Porcentaje de café pergamino seco que entró a centros de acopio	Variable

Fuente: Autores.

7.2 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Una vez se agruparon los datos por su inferencia en el proceso y teniendo los datos históricos se debía realizar un análisis estadístico que nos permitiera comprobar el comportamiento de las variables y tener valor aproximado para el siguiente año.

Se optó por el uso de pronósticos para el cálculo de los valores del año 2020, sin embargo, debido a que el acceso a la información era limitado y los datos que se encontraron eran anuales y en algunos casos promedios no exactos, se recurrió a los métodos de Charles Holt denominados suavización exponencial doble y suavización exponencial triple o más como conocida como el método de Holt Winters.

7.2.1. PRONOSTICOS

7.2.1.1 MÉTODO DE HOLT WINTERS

El método Holt-Winters es la aplicación mejorada del enfoque de la suavización exponencial, donde el procedimiento de suavización proporcionaba una visión más general, desplazamientos a largo plazo en los datos y permitía la generación de pronósticos a corto plazo. Este método permite el estudio de datos con una tendencia a futuro por medio de la elaboración de pronósticos a mediano y largo plazo (Berenson, 1996). Este se calcula aplicando las siguientes fórmulas:

$$A_t = \alpha \frac{Y_t}{S_{t-L}} + (1 - \alpha)(A_{t-1} + T_{t-1})$$

$$T_t = \beta(A_t - A_{t-1}) + (1 - \beta)T_{t-1}$$

$$S_t = \gamma \frac{Y_t}{A_t} + (1 - \gamma)S_{t-L}$$

$$Y_{t+p}' = (A_t + pT_t)S_{t-L+p}$$

Donde:

α = Constante de atenuación del promedio de los datos ($0 < \alpha < 1$)

β = Constante de atenuación de la estimación de tendencia ($0 < \beta < 1$)

γ = Constante de atenuación de la estacionalidad ($0 < \gamma < 1$)

A_t = Valor atenuado en el período t

T_t = Estimación de la tendencia del período t

S_t = Estimación de la estacionalidad del período t

L = Longitud de la estacionalidad

p = Número de períodos a pronosticar en el futuro

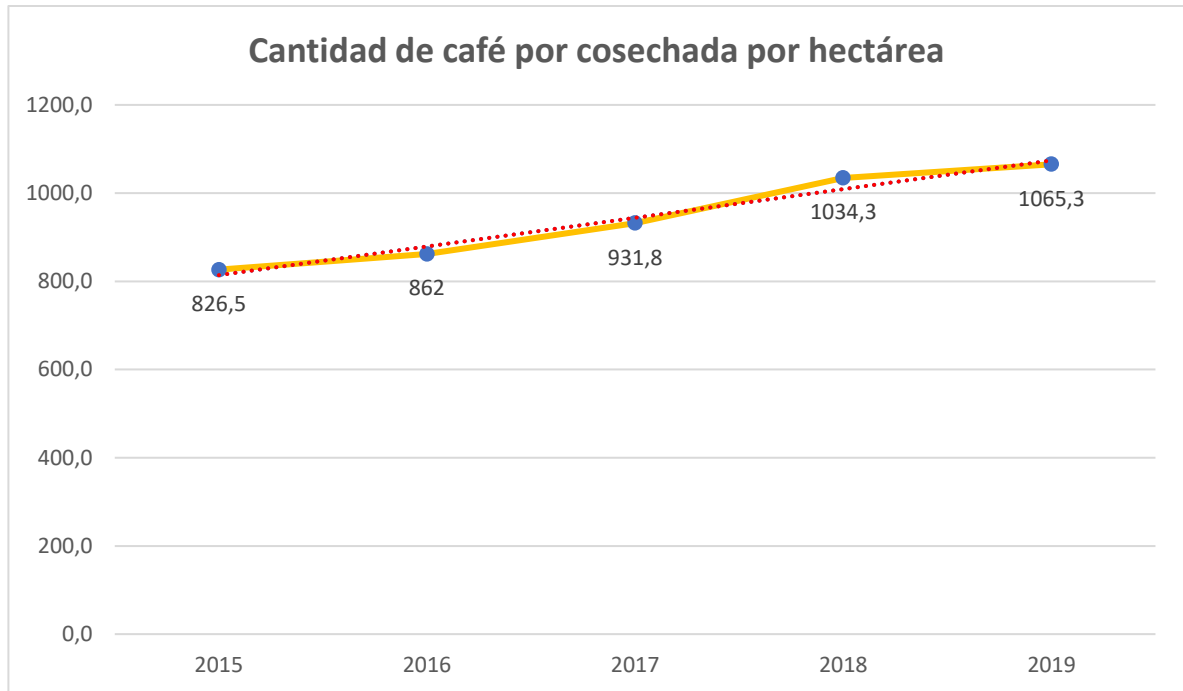
Este primer pronóstico fue aplicado a la variable “Cantidad de café cosechada por hectárea sembrada”, debido a que el café presenta una tendencia y una estacionalidad en cuanto a las cantidades cosechadas; es así como inicialmente se obtuvo una gráfica general del comportamiento de los históricos:

Tabla 26. Cantidad de café cosechada por hectárea sembrada.

Cantidad de café por cosechada por hectárea.	
AÑO	Kg
2015	826,5
2016	862
2017	931,8
2018	1034,3
2019	1065,3

Fuente: Comité Regional de cafeteros (2019).

Gráfico 25. Comportamiento general de Cantidad de café cosechado por hectárea.



Fuente: Comité Regional de cafeteros (2019).

A continuación, se procedió a aplicar las fórmulas matemáticas del pronóstico de Holt Winters con la ayuda del software Excel para mayor facilidad del manejo de los cálculos. Se resalta que por la reducida cantidad de datos históricos que no permitían una visualización más detallada del comportamiento estacional del café en la provincia de Lengupá se estableció un supuesto de estacionalidad de 3, deducido del comportamiento observado en el Grafico 100. Así mismo, dado que no se tenían unos valores previos para las constantes de Alpha, Beta y Gamma se establecieron los criterios mencionados en el libro *“Handbook of Time Series Analysis, Signal Processing, and Dynamics”* de DSG Pollock, donde establece que cuando no se tienen los valores de asignación de constantes en métodos que integran tendencia y estacionalidad, por defecto se ajustan a 0.33 Alpha, 0.33 Beta y 0.50 Gamma.

Tabla 27. Pronóstico de Holt Winters para la cantidad de café cosechada.

t	Y_t	A_t	T_t	S_t	Yt'	$Error$
-1					1	
0					1	
1	826,5	826,5	0	1		
2	862	838,215	3,86595	1,014187887	826,5	35,5
3	931,8	871,6882365	13,63635455	1,034480082	842,08095	89,71905
4	1034,3	934,486476	29,85977658	1,053405548	885,324591	148,975409
5	1065,3	992,7430271	39,23071217	1,043637627	978,0282886	87,27171142
6		691,4224053	-73,15122803	0,517240041	1067,556278	1067,556278

L	3
α	0,33
β	0,33
λ	0,50

Fuente: Autores.

Es así como podemos observar que para la cantidad de café cosechado por hectárea oscila aproximadamente en 1067.5 Kg.

7.2.1.2 MÉTODO DE SUAVIZACIÓN EXPONENCIAL DOBLE

El pronóstico de suavización exponencial doble es óptimo para patrones de demanda que presentan una tendencia, al menos localmente, y carecen de un patrón estacional, este método es más técnico que la suavización exponencial simple y es apto para regresiones que presentan linealidad en intervalos de sus datos (Berzal, 2014), Las fórmulas para efectuar su cálculo son:

$$A_t = \alpha D_t + (1 - \alpha)(A_{t-1} + T_{t-1})$$

$$T_t = \beta(A_t - A_{t-1}) + (1 - \beta)T_{t-1}$$

$$F_{t+1} = A_t + T_t$$

$A_t =$ Promedio Suavizado exponencialmente en el período t

$T_t =$ Promedio suavizado exponencial de la tendencia en el período t

$\alpha =$ Parámetro de suavizamiento para el promedio ($0 < \alpha < 1$)

$\beta =$ Parámetro de suavizamiento para la tendencia ($0 < \beta < 1$)

$F_{t+1} =$ Pronóstico para el período $t + 1$

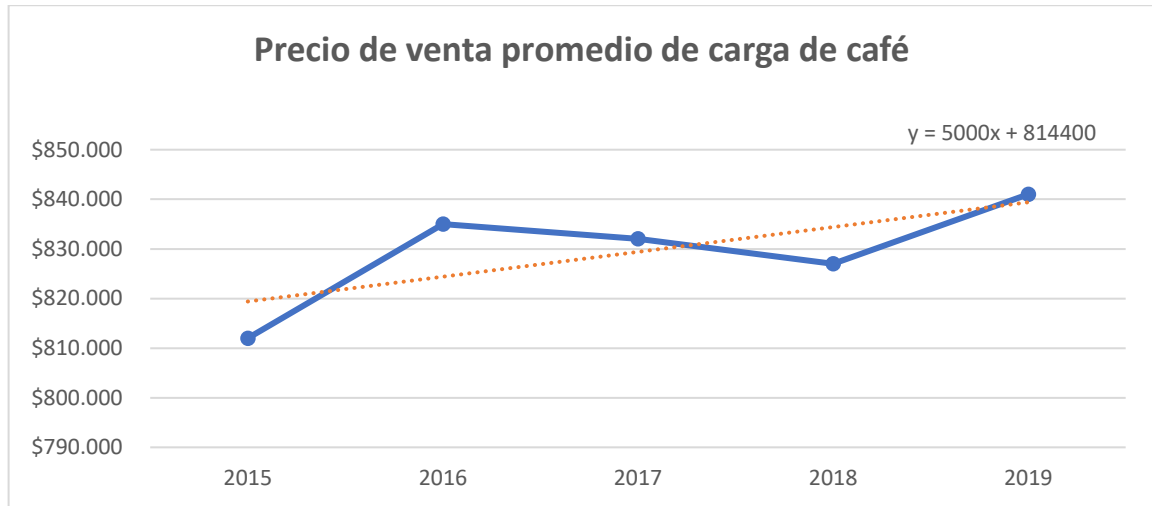
Para la variable “Precio promedio de venta de carga de café” realizamos el cálculo de su pronóstico a través del método de Suavización Exponencial Doble a partir de la información obtenida en el gráfico de comportamiento general obtenido de los históricos.

Tabla 28. Históricos Precio de venta promedio de carga de café.

Precio de venta promedio de carga de café	
AÑO	VALOR
2015	\$ 812.000
2016	\$ 835.000
2017	\$ 832.000
2018	\$ 827.000
2019	\$ 841.000

Fuente: Comité regional de Cafeteros (2019)

Gráfico 26. Gráfico general de tendencia de valores.



Fuente: Autores.

A continuación, se procedió a aplicar las fórmulas matemáticas del pronóstico de Suavización Exponencial Doble con la ayuda del software Excel para mayor facilidad del manejo de los cálculos. Para la obtención de los valores Alpha y Beta inicialmente se pusieron unos valores entre 0 y 1 por default, y una vez ya obtenido el pronóstico mediante la herramienta de Solver se procedió a seleccionar el valor óptimo para las constantes con el fin de que nuestro pronóstico se ajustará lo más preciso a los valores reales.

Tabla 29. Pronóstico de Suavización Exponencial Doble a precio de Carga.

Período	Valor	A_t	T_t	$A_t T_t$	Error	Error ²
1	\$ 812.000					
2	\$ 835.000	\$ 812.000	844400	\$ 1.656.400	\$ 821.400	\$ 674.697.960.000
3	\$ 832.000	\$ 825.800	\$ 836.925	\$ 1.662.725	\$ 830.725	\$ 690.103.361.045
4	\$ 827.000	\$ 828.280	\$ 503.147	\$ 1.331.427	\$ 504.427	\$ 254.446.356.204
5	\$ 841.000	\$ 827.768	\$ 100.220	\$ 927.988	\$ 86.988	\$ 7.566.868.998
6		\$ 833.061	\$ 24.278	\$ 857.339	\$ 857.339	\$ 735.030.144.460

α	0,6
β	0,4

Fuente: Autores.

Tabla 30. Resultados generales de pronósticos.

VARIABLE	MÉTODO	RESULT.
Cantidad de café cosechada por hectárea.	Holt Winters	1067,5
Inversión en aditivos, suplementos, herbicidas, agua, etc.	Suav. Exponencial Doble	\$ 2'891,374
Gastos logísticos.	Suav. Exponencial Doble	\$ 49,638
Salarios a personal involucrado en siembra y cosecha.	Suav. Exponencial Doble	\$ 30,000
Ganancia total de producción de café una vez vendidas las cargas.	Suav. Exponencial Doble	36,12%
Precio de venta promedio de carga de café.	Suav. Exponencial Doble	\$ 857,339
Cantidad de cargas total que entraron a centros de acopio	Suav. Exponencial Doble	59,821
Porcentaje de café pergamino seco que entró a centros de acopio	Suav. Exponencial Doble	12,62%

Fuente: Autores.

7.3 AJUSTE DE PRONÓSTICOS A SIMULACIÓN

Para el ajuste de los pronósticos a nuestra simulación en Flexsim Manufacturing nos apoyamos del Software EasyFit de los desarrolladores MathWave; un programa informático de pago por licencia el cual permite realizar ajustes a valores y muestras estadísticas con datos a ser usados dentro de emulaciones de procesos en herramientas informáticas, este con un fácil manejo y con la viabilidad de los mismos desarrolladores de programas de simulación de optimizaciones.

Se designaron cada uno de los valores encontrados en nuestros pronósticos resultantes para el año 2020 al software EasyFit y seguido a esto aplicamos la prueba de Kolmogorov Smirnov la cual nos permitió observar que el conjunto de datos encontrados se debía como una distribución exponencial, esto debido a que la simulación de procesos industriales se indican llegadas y salidas en ciertas unidades de tiempo, es decir manteniendo una similitud con los sistemas de teorías de colas.

El ajuste se realizó mediante la ecuación estándar de ajuste a simulación de datos resultantes de los cálculos de proximidades de muestras y pronósticos

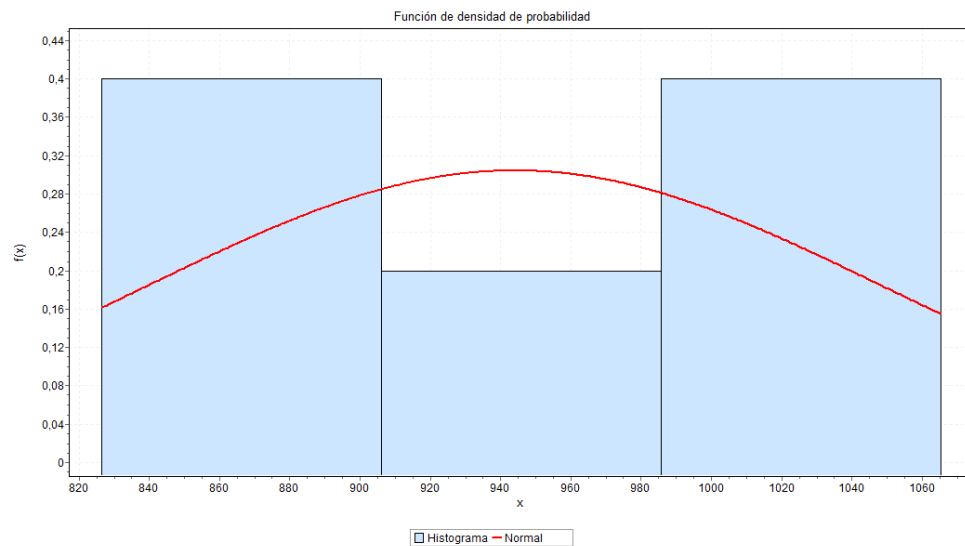
$$(P) = 1 - \frac{1}{n}$$

Donde (n) es igual al número de muestras, en nuestro caso 5, es decir:

$$(P) = 1 - \frac{1}{5} \gg (P) = 0.8$$

Como se menciona en el libro “*Applied Simulation: Modeling and Analysis using FlexSim Manufacturing*”, el uso de la ecuación de ajuste es indispensable para tener un óptimo acercamiento de los valores presentados al sistema programado real.

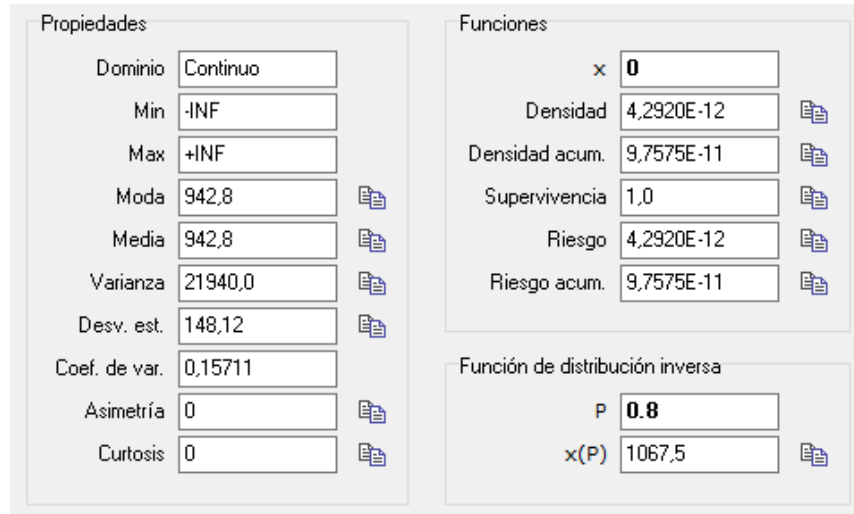
Gráfico 27. Ajuste de muestra de a distribución exponencial.



Fuente: Software EasyFit.

Finalmente, en los datos que nos arroja el gráfico de distribución exponencial hacemos el respectivo ajuste en (P) de 0.8, es así como obtenemos un valor de media exponencial de 942.8, es decir que se estima una entrada al sistema de cantidad de cosecha por hectárea de 1067.5 Kg.

Gráfico 28. Resultado de ajuste de muestra mediante la distribución exponencial.



Fuente: Software EasyFit.

A Continuación, se presenta la tabla de ajuste de todas las variables del modelo de optimización a su pronóstico real y ajuste exponencial.

Tabla 31. Ajuste de todas las variables del modelo de optimización.

COSECHA						
Cantidad de café cosechada por hectárea.						
Año	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Cant.	826,5	862	931,8	1034,3	1065,3	1067,5
FACTOR ECONÓMICO						
Inversión en aditivos, suplementos, herbicidas, agua, etc.						
	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Única	\$ 2.977.800	\$ 2.949.500	\$ 3.251.300	\$ 2.903.000	\$ 2.850.000	\$ 2.891.374
Gastos logísticos.						
Año	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Valor	\$ 40.000	\$ 42.000	\$ 45.000	\$ 47.000	\$ 48.000	\$ 49.638
Salarios a personal involucrado en siembra y cosecha.						
Año	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Valor	\$ 25.000	\$ 26.000	\$ 27.000	\$ 28.000	\$ 29.000	\$ 30.000

RENTABILIDAD						
Ganancia total de producción de café una vez vendidas las cargas.						
Año	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Cant.	30,00%	30,70%	32,80%	32,50%	35,00%	36,12%
Precio de venta promedio de carga de café.						
Año	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Valor	\$ 812.000	\$ 835.000	\$ 832.000	\$ 827.000	\$ 841.000	\$ 857.339
CAPACIDAD						
Cantidad de cargas total que entraron a centros de acopio						
Año	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Cant.	51468	54000	55147	56283	59200	59821
Porcentaje de café pergamino seco que entró a centros de acopio						
Año	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Cant.	9,80%	10,40%	10,60%	12,50%	11,90%	12,62%

Fuente: Software EasyFit.

7.4 AJUSTE DE DURACIÓN DE LOS PROCESOS

Una de las variables más importantes para generar el modelo de optimización del proceso de producción del café mediante una simulación controlada es la duración de cada uno de los procesos, ya que con esto se tendrá una estipulación del tiempo que se tarda cada uno, y esto como afecta económicamente el rendimiento de la producción.

En la caracterización del sector y del proceso productivo del café logramos identificar los procesos donde los pequeños productores están involucrados, para esto manejamos una muestra de 44 personas, como se identificó en el grafico ##, en las nuevas visitas realizadas se buscó obtener la duración de cada uno de los procesos usando un pre muestreo de 15 cafeteros, llegando al común denominador de que no se tiene estipulado un tiempo exacto, y aunque se produce un mismo café los productores suelen dejarse guiar por la experiencia y los sentidos que por un reloj o un cronometro.

Es por eso que se decidió con la información entregada en las entrevistas por los distintos caficultores generar un tiempo promedio de cada proceso mediante un promedio simple y ajustado al sistema de simulación mediante una distribución de poisson la cual tiene como característica principal ser distribución de probabilidad discreta que se expresa, a partir de una frecuencia de ocurrencia media.

Los tiempos presentados a continuación reflejan la duración de cada proceso por hectárea sembrada, y teniendo una probabilidad de cosecha de aproximadamente 1000 Kilogramos de café Variedad Lengupá.

Tabla 32. Tiempos promedio de cada proceso de producción de café.

PROCESO	CAFICULTORES ENTREVISTADOS															PROMEDIO (Hrs)	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15		
1 Siembra	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16
2 Abonado	14	16	16	12	24	8	18	18	24	16	12	14	16	16	16	16	16
3 Repasado	12	24	12	18	14	16	16	18	16	16	16	16	16	14	16	16	16
4 Fertilizado	4	6	8	8	8	6	4	6	6	8	4	4	4	8	6	6	6
5 Poda y Deshilado	6	6	8	4	8	8	8	4	6	8	4	4	8	6	2	6	6
6 Control de plagas	4	4	5	6	2	6	6	6	6	4	4	5	5	6	6	6	6
7 Recolección	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48
8 Separación	3	2	4	6	3	4	5	8	8	3	2	2	5	3	2	2	2
9 Apurado	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
10 Despulpado	8	16	16	16	12	10	12	8	16	8	10	10	10	16	12	12	12
11 Fermento	24	30	24	30	30	30	30	24	30	24	21	30	24	24	30	30	30
12 Secado	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
13 Enlonado	8	4	6	8	8	4	6	4	6	6	6	6	6	6	6	6	6

Tiempo dado en Horas

Fuente: Autores.

8. ELABORACIÓN DE MODELO DE OPTIMIZACIÓN DE PRODUCCIÓN DEL NODO DE PEQUEÑOS PRODUCTORES DE CAFÉ EN LA PROVINCIA DE LENGUPÁ (BOYACÁ).

8.1 CONCEPTUALIZACIÓN DE MODELO DE OPTIMIZACIÓN SIMULADO.

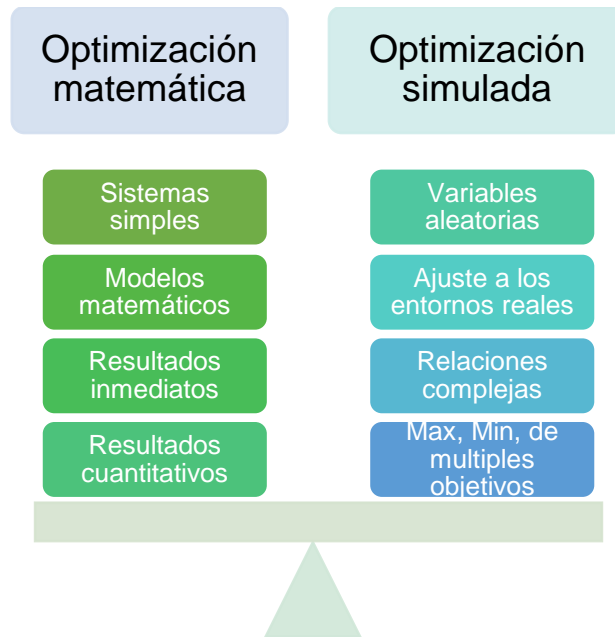
Uno de los fines primordiales de un ingeniero industrial es buscar una optimización en sistemas de producción de bienes, productos y servicios, así mismo esto se relaciona directamente con el factor económico que siempre estará ligado a su minimización en cuanto a gastos, desperdicios, demoras, entre otros, y la búsqueda incesante de una maximización de utilidades, capacidades, procesos y cualquier factor que se enfile a la mejor continua.

El entorno de los pequeños productores de café de la región de Lengupá presenta unos lineamientos relacionados a la siembra y cosecha del grano muy tradicionales que requerían ser identificados, tabulados y posteriormente analizados con el fin de poder emprender la búsqueda de una herramienta adecuada para buscar unas mejoras, las herramientas de optimización mediante software con las que contamos actualmente nos permitieron identificar distintas alternativas respecto a ¿Dónde?, ¿Como? y ¿Por qué? para la selección de la adecuada para generar el mejoramiento del sistema, sin embargo el uso de ellas presentaba algunas limitantes respecto a licencias, lenguajes de programación, eficiencia de las mismas, forma de relación de los parámetros involucrados y correlación con los escenarios reales a ser optimizados.

Es así como se decidió usar una herramienta que juntará tanto la optimización matemática como la optimización simulada, que brindará un equilibrio y que al juntarlas presentara una mejora en los aspectos de análisis y consecuente a esto la optimización fuera la mejor posible; Una optimización guiada por unos datos cuantitativos, que correlacionados con unos cualitativos brindan un enfoque de la realidad de una zona en auge poco explorada y con un sinfín de recursos y procesos

que esperan a ser estudiados y conducidos a una mejora que enaltezca a toda la región boyacense de Lengupá

Gráfico 29. Equilibrio de optimización relacionado a Flexsim.



Fuente: Autores.

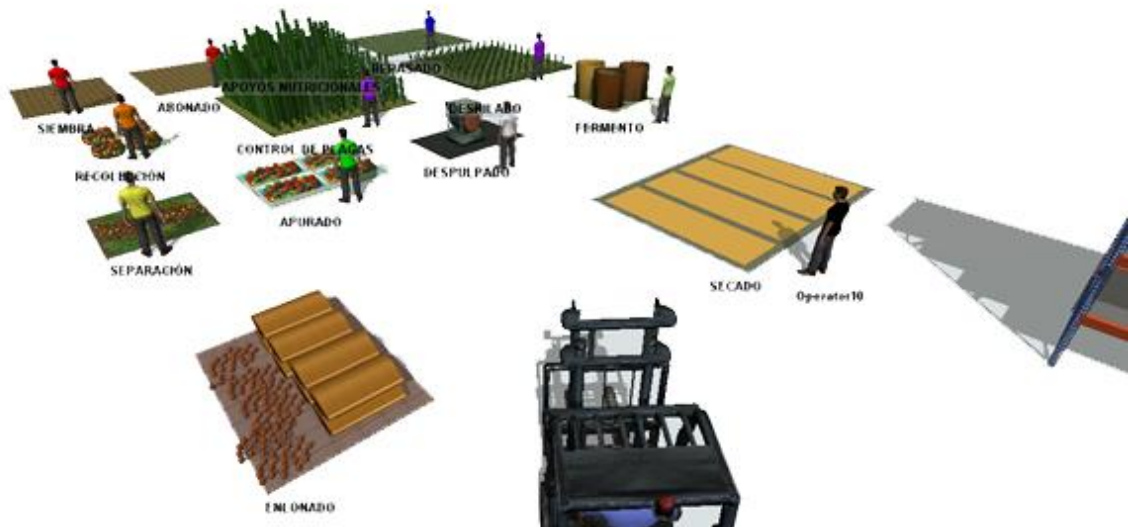
8.2 DISEÑO DEL MODELO

Considerando que un modelo es la representación de un sistema, una modelación es el acercamiento a la realidad de un sistema y un sistema es un conjunto de componentes interdependientes y sus interacciones que tienen una finalidad conjunta podemos comprender que la optimización interrelacionara todo esto.

8.2.1. ESTRUCTURA DEL SISTEMA

Nuestra optimización se enfocó en la simulación del proceso productivo del café de los pequeños caficultores de la provincia de Lengupá, este proceso trae implícito una gama de variables, parámetros, elementos y flujos de procesos que intervienen dentro del Sistema. Es importante mencionar que Flexsim cuenta con recursos tanto de forma como de fondo que ayudan a la interpretación y correlacionado a esto la optimización de los modelos con los resultados que se arrojan y análisis que aquí se arrojan.

Gráfico 30. Estructura general del sistema.



Fuente: Flexsim.

8.2.2 ELEMENTOS DEL SISTEMA

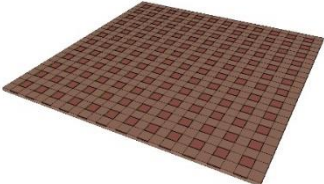
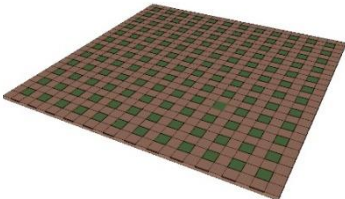
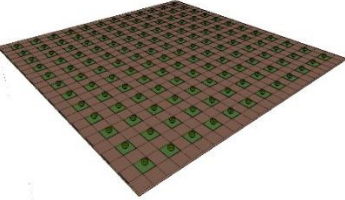
El sistema estructurado para la optimización cuenta con una serie de elementos clasificados en locaciones, entidades, recursos y disposiciones. Estos contienen una serie de pasos que vinculan la cadena de valor de un producto regidos por una

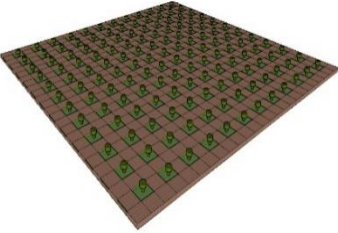
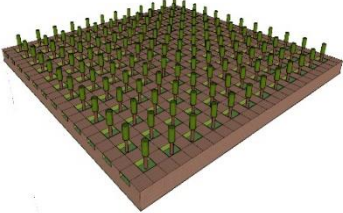
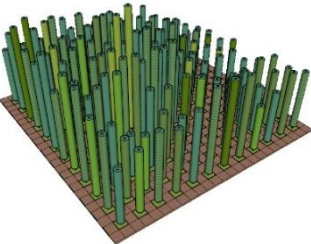

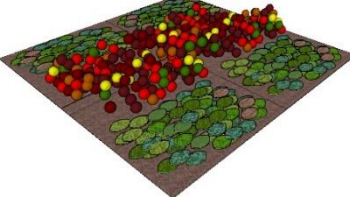
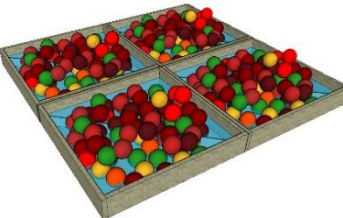
variables y parámetros que guían el funcionamiento y direccionamiento del sistema y los productos finales en que él se manufacturan.

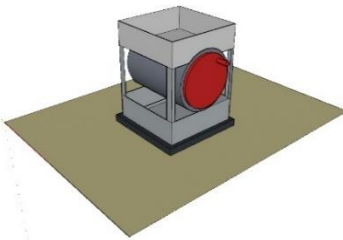
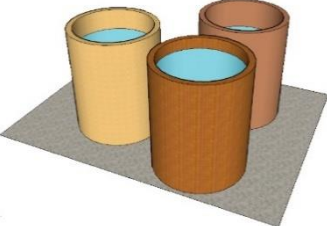
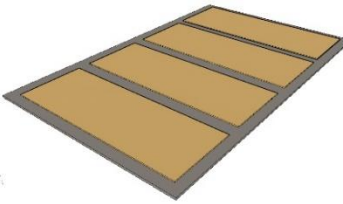
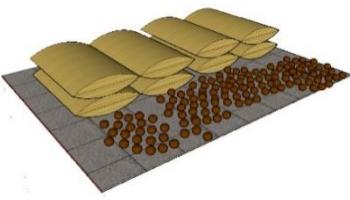
8.2.2.1 LOCACIONES

Representan lugares físicos fijos en el sistema y/o donde ocurren los procesos. Las locaciones identificadas en este proceso incluyen al terreno donde se realizan cada una de las intervenciones para la siembra, crecimiento y desarrollo del café y espacios dentro de las mismas fincas donde se realizan los procesos de recepción del café para la separación, el apurado, el despulpado, el fermento, el secado y su posterior enlonado.

Tabla 33. Locaciones del sistema.

PROCESO	FIGURA	DESCRIPCIÓN
SIEMBRA		Simula a un terreno previo para el cultivo con los hoyuelos previamente hechos y listo para la plantación.
ABONADO		El terreno ya alberga a las chapolas y éstas están justas para el primer abonado.
REPASADO		Hace referencia al crecimiento de las plantas con un entorno limpio y libre de planta invasoras.

<p>FERTILIZADO</p>		<p>Nuestras chapolas se encuentran un poco más grandes y reciben insumos nutricionales para su crecimiento.</p>
<p>PODA Y DESHILADO</p>		<p>Simula el crecimiento medio de los cafetos, y la vitalidad de tenerlos libres de hojas secas y frutos que presenten enfermedades.</p>
<p>CONTROL DE PLAGAS</p>		<p>Refleja a una plantación totalmente desarrollada, con cafetos grandes listos para ser cosechados.</p>
<p>RECOLECCIÓN</p>		<p>Simula a las canastas llenas de cerezas de café de variedad Lengupá.</p>
<p>SEPARACIÓN</p>		<p>Separación de frutos, hojas, piedras y demás residuos provenientes de la plantación.</p>
<p>APURADO</p>		<p>Limpieza rápida de los frutos buscando que resbalen imperfecciones de la corteza.</p>


DESPULPADO		<p>Refleja a una maquina despuladora manual, donde es separado el grano de café del cerezo.</p>
FERMENTO		<p>Tanques llenos de agua que mediante una reacción natural anaerobia al sumergir los granos resaltaran su olor y sabor.</p>
SECADO		<p>Café fermentado puesto sobre lonas y tendido a rayo de sol para que se seque y tome su estructura semi dura.</p>
ENLONADO		<p>El café seco es dispuesto en lonas mediante una pala agrícola.</p>

Fuente: Autores.

8.2.2.2 ENTIDADES

Son todos aquellos elementos que se fluyen a través del sistema. La entidad identificada en el sistema es el café, este ingresa como una plántula al proceso de siembra y finaliza en el centro de acopio como una carga de producto lista para su distribución o tratamiento final.

Tabla 34. Entidades del sistema.


ENTIDAD	FIGURA	DESCRIPCIÓN
SEMILLA DE CAFÉ		Grano de café, el cual estará simulando el paso en cada proceso desde el input hasta su ingreso al centro de acopio.

Fuente: Autores.

8.2.2.3 RECURSOS

Son los recursos que se tienen para ejecutar un proceso, iniciar una acción, una operación o realizar actividad. En este caso el recurso está limitado a 12 operadores que realizan cada actividad y lo entregan en la siguiente parte del proceso productivo, y un operador en montacarga que simula la entrega de las cargas de café en el centro de acopio, a cada uno se le fue asignado una ruta en la cual se debe mover, como también las características de sus movimientos.

Tabla 35. Recursos del sistema.

RECURSO	FIGURA	DESCRIPCIÓN
PERSONAL HUMANO		Serán los encargados de realizar los procesos y así mismo de llevar el café de una etapa a otra.

MONTACARGA		Este simular la distribución del café en la bodega del centro de acopio y así mismo será la forma de transportar el café una vez enlonado al lugar de venta.
-------------------	---	--

Fuente: Autores.

8.2.2.4 DISPOSICIONES

Son los recursos que se tienen para apoyar o aportar dentro del sistema y su funcionalidad. Para este caso tenemos el *source* de *entrada*, y el rack de almacenamiento de las cargas de café.

Tabla 36. Disposiciones del sistema.

DISPOSICIÓN	FIGURA	DESCRIPCIÓN
ENTRADA DEL SISTEMA		Encargado de entregar el café al primer proceso, así mismo de distribuirlo a todo el sistema.
CENTRO DE ACOPIO		Refleja al centro de acopio, y se encarga de recibir todas las cargas de café producidas por nuestro sistema.

Fuente: Autores.

8.3 ANALISIS DEL SISTEMA

Nuestro modelo de optimización se centra en una simulación donde se recorren los diferentes procesos. Primeramente, encontramos un “Source” o “Entrada al sistema”, que en este caso nos referimos al comité regional de cafeteros quienes son los encargados de entregar las chapolas a los caficultores, como se mencionó en la caracterización nos estaremos situando a una sola variedad, la Lengupá, que es la mezcla de injertos y germinaciones de diferentes variedades tradicionales, y desde este punto comenzar la cadena productiva de este grano.

En el desarrollo de cada uno de los procesos de la fase 2 (Siembra) y fase 3 (Cosecha) de la cadena de valor de café se considera la mano de obra que se necesita para realizarlo, pero que genera un gasto directo al caficultor, Sin embargo, es necesario considerar que, dado que la producción del grano es tradicionalista y por muchos caficultores considerado un negocio de familia aunque se tienen en cuenta a todos los operarios u obreros requeridos en cada proceso, en gastos y/o costos de mano de obra solo se tienen en cuenta a los operarios particulares o ajenos al contexto familiar. No obstante, se muestra un operario por proceso, el cual, por las limitantes del sistema en cuanto a capacidad de variables, este se configura para que realice y simule el trabajo del número de trabajadores necesarios para cada estación de trabajo.

Tenemos la primera locación “Siembra” donde son recibidas las plantas y sembradas, a continuación, entramos al “Abonado” donde nuestros cafetos reciben sus primeros aditamentos nutricionales. Luego nuestra entidad ingresa al sector de repasado donde el terreno a su alrededor recibe una limpieza buscando que el terreno este adecuado para que nuestra plántula continúe creciendo, al llegar al fertilizado se vuelve a reforzar el bienestar de la planta con la aplicación de ciertos insumos que previenen que nuestro café no sea capaz de resistir los distintos aspectos ambientales de la zona de cultivo, es como días después se empiezan con las rondas de poda y deshulado buscando eliminar hierbas, y plantas no beneficiosas que quitan nutrientes de la tierra, al punto cuando las plántulas crecen se entra al

proceso de control de plagas donde se hace un tercer refuerzo nutricional al plantío y se aplican plaguicidas para que nuestras cerezas que ya están en formación al final de su ciclo de desarrollo no sean infectadas por distintas enfermedades provenientes de insectos.

Se continúa entrando a la fase 3 identificada en el proceso de caracterización de la zona, aquí ya se alcanzó la maduración deseada de las cerezas y se procede a hacer su cosecha o recolecta, el café de esta zona comúnmente maneja dos cosecha, una alta y una baja, en este sistema de simulación se considera la alta, pues aquí se obtiene un aproximado del 90% de toda la cosecha y es donde se hace uso de la contratación de personal externo para realizar esta labor, la cosecha restante es realizada tanto por el caficultor como por su núcleo familiar y no genera ningún costo; es común en las fincas de la región dejar la cosecha baja para consumo personal.

Seguido de esto la entidad entra al proceso de separación donde se clasifican los frutos idóneos, y se eliminan hojas, ramas y demás componentes naturales que quedaron pegados a nuestras cerezas.

El apurado es la primera limpieza donde con agua se busca eliminar desecho adheridos a la corteza de los frutos recolectados, para el despulpado nuestra entidad pasa por una despulpadora accionada manualmente o realizado a mano mediante tambor y agua, aquí se retira la parte blanda del fruto y separa el grano de café cosechado, este se tiene identificado como un proceso obsoleto debido a que tiene un alto porcentaje de frutos que deben ser reprocesados y generan cuellos de botella, por ello se considera dentro del sistema un rendimiento con poca eficiencia. Cuando es elaborado este proceso los granos son inmersos en tanques de agua para que mediante un fermento natural anaeróbico estos liberen su aroma, y sabor. Para finalizar con un secado largo a rayo de sol, debido a que este proceso depende directamente de las condiciones climáticas y representa otro cuello de botella dentro del mismo sistema, también es estimado como un proceso de baja eficiencia, posterior a que nuestros granos están secos y ya sus propiedades

organolépticas están resaltando se prosigue a un enlonado o empacado y por último nuestra entidad es transportada al rack mediante un montacargas, que llevado a la vida real podría tratarse de un camión de mediano o alto tonelaje, el almacenamiento final de las cargas en este caso refleja el centro de acopio donde se entregan las cargas listas para distribución, transformación o para añejamiento.

Tabla 37. Distribución del modelo de simulación.

DISTRIBUCIÓN DEL MODELO DE SIMULACIÓN	
FASE 1	FASE 2
Siembra	Recolección
Abonado	Separación
Repasado	Apurado
Fertilizado	Despulpado
Poda y Deshilado	Fermento
Control de Plagas	Secado
	Enlonado

Fuente: Autores.

8.4 INTERPRETACIÓN DE VARIABLES

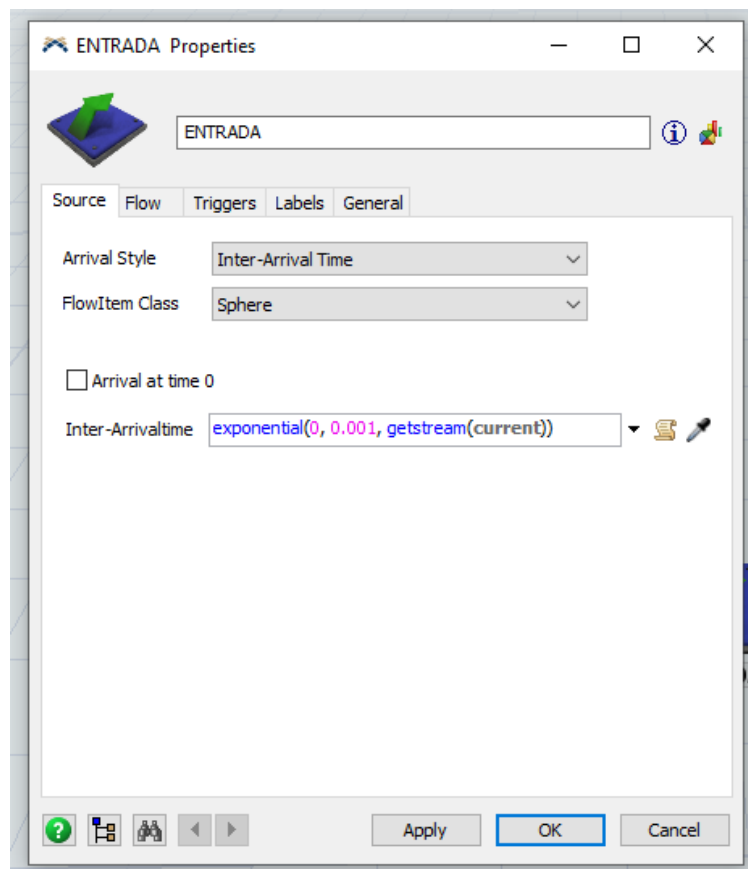
Una de las grandes ventajas de optimizar sistemas mediante simulaciones es el poder tener acceso a observar el comportamiento de las variables y parámetros a escala real y poder analizar las relaciones que estas tienen entre sí, algunas de ellas ajustadas probabilísticamente a tiempos, cantidades, porcentajes, etc. todo esto apoyados del *EasyFit* donde determinamos el comportamiento de la oferta y la distribución de probabilidad de cada proceso.

8.4.1 DISTRIBUCIONES UTILIZADAS PARA EL SISTEMA DE OPTIMIZACIÓN

8.4.1.1 ENTRADA

Debido a que nuestro sistema de optimización es guiado por unas muestras que nos brindan una estimación y unos ajustes para el momento de llevarlo a la simulación, se tuvieron que hacer ajustes del pronóstico mediante el software EasyFit, para la entrada al sistema encontramos que el tiempo de arribo exponencial es determinado por una media de 942.8 Kg (Gráfico 26). y ajustada al sistema de optimización con un 0.0001 (Cada 0.0001 entrada de café al sistema), como se muestra enseguida:

Gráfico 31. Configuración de Input del sistema.

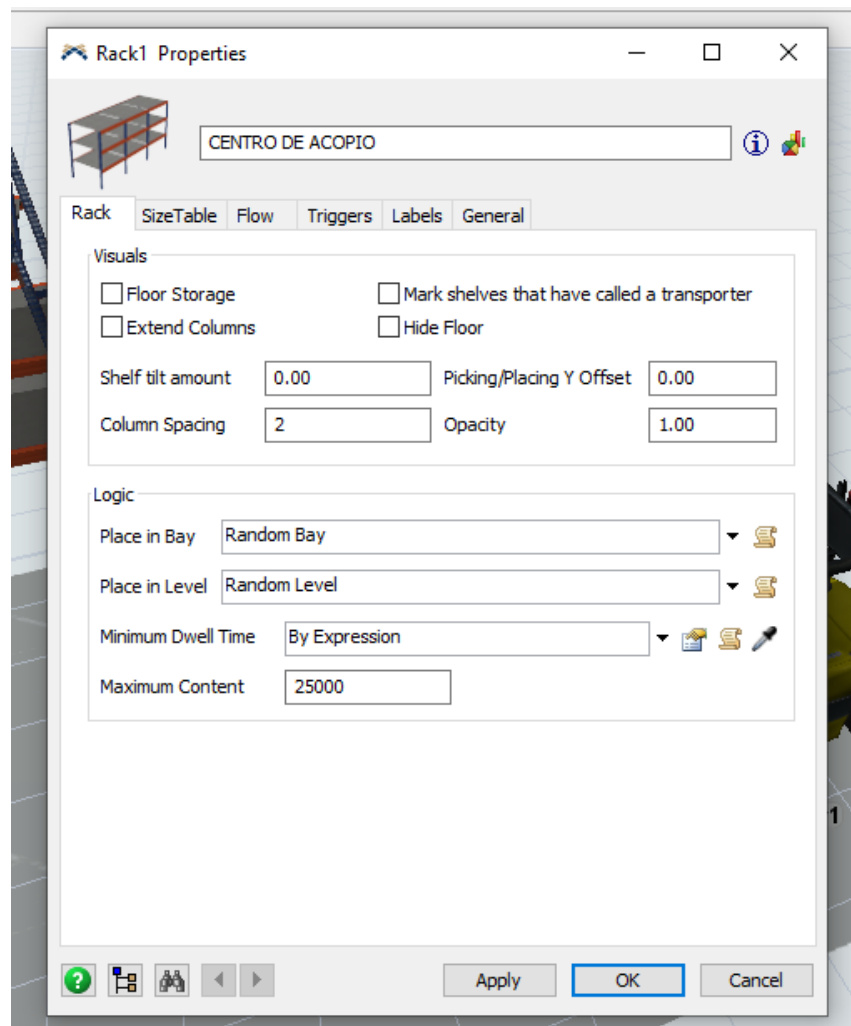


Fuente: Flexsim.

8.4.1.2 SALIDA

Para la salida de nuestro sistema, en este caso representado por un rack que refleja al centro de acopio se le determino una capacidad de 25.000 Kilogramos, es decir 25 toneladas, se resalta que a diario hay una entrada exponencial promedio de 9 toneladas día.

Gráfico 32. Configuración de Output de sistema.



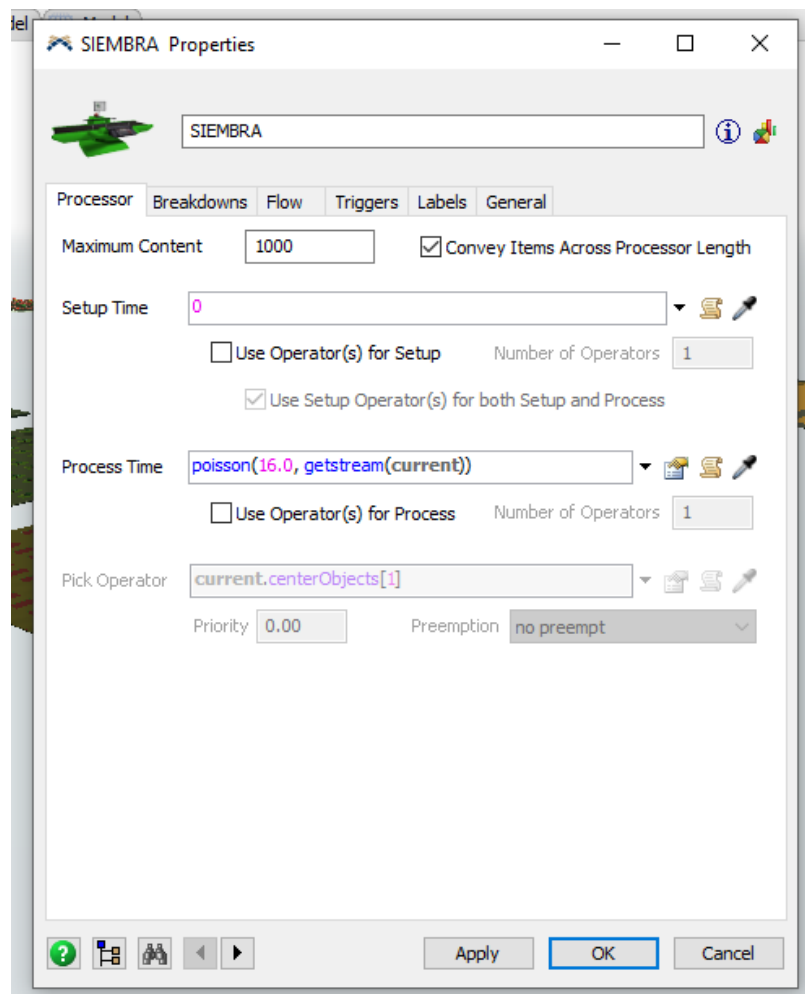
Fuente: Flexsim.

8.4.1.3 PROCESOS

8.4.1.3.1 SIEMBRA

En el proceso de siembra se concentra el inicio de la cadena productiva y de valor del café de esta zona, pues de una exitosa siembra se tendrá una buena cosecha, en este caso se tiene un tiempo de siembra ajustado a una distribución estadística de poisson de 16 horas por hectárea, un contenido máximo por día de 1000 kilogramos.

Gráfico 33. Configuración proceso de Siembra.

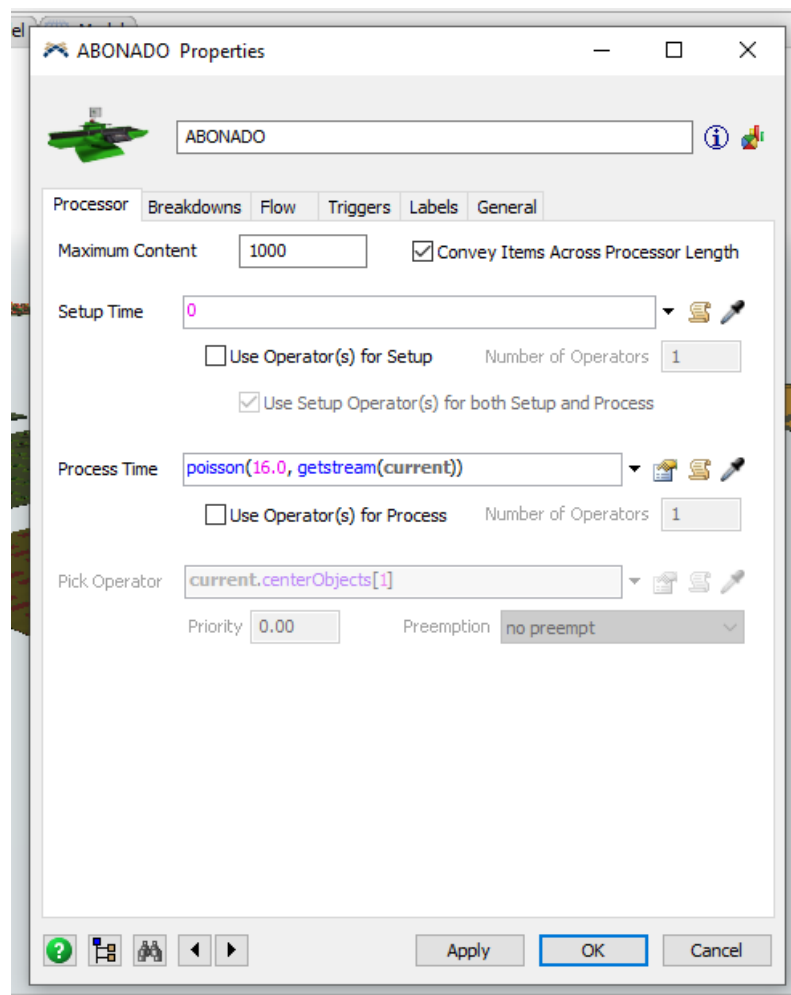


Fuente: Flexsim

8.4.1.3.2 ABONADO

El proceso de abonado es obligatorio dentro de la cosecha, y de este depende que tanto la tierra como el entorno cercano a la planta cuente con la disposición correcta de nutrientes y la capacidad de soportar la plantación, en este caso se tiene un tiempo de abonado ajustado a una distribución estadística de poisson de 16 horas por hectárea, y un máximo por día de 1000 kilogramos.

Gráfico 34. Configuración proceso de abonado.

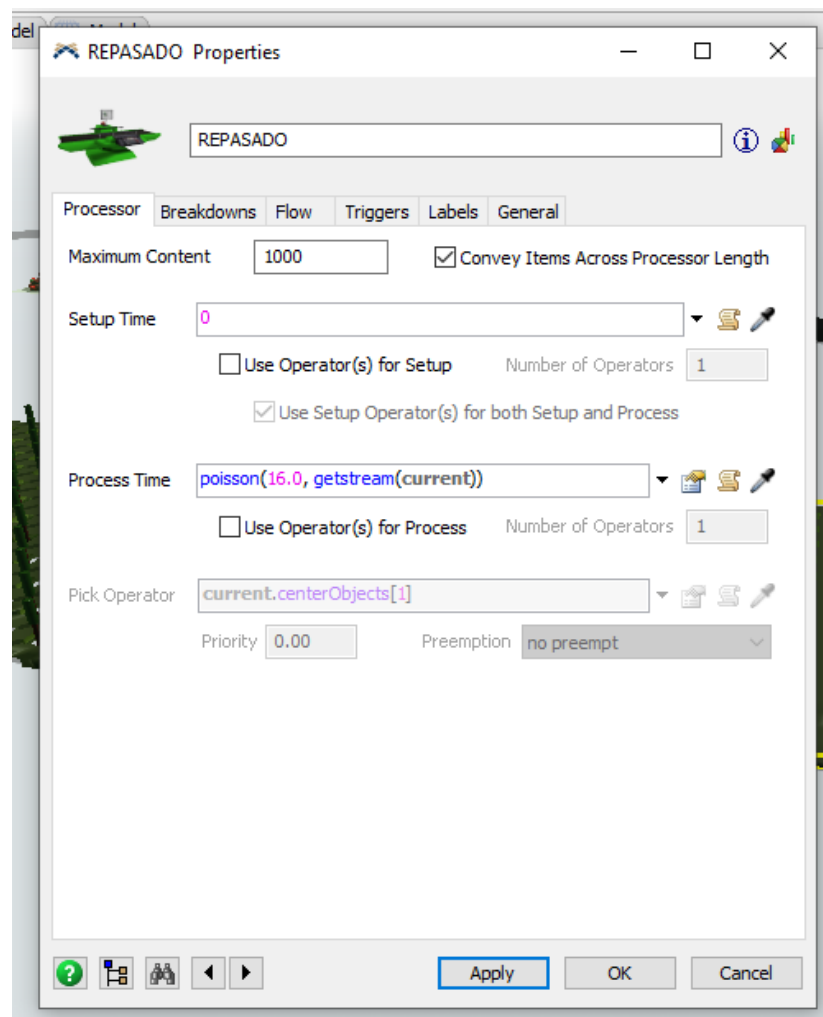


Fuente: Flexsim.

8.4.1.3.3 REPASADO

El proceso de repasado del café mantiene una costumbre dentro del terreno, y de este se espera que con las futuras rotaciones de cultivos las plantas invasoras sean menos y así mismo la tierra sea progresivamente más fértil, en este sistema se tiene un tiempo de repasado ajustado a una distribución estadística de poisson de 16 horas por hectárea, y un máximo por día de 1000 kilogramos.

Gráfico 35. Configuración proceso de Repasado.

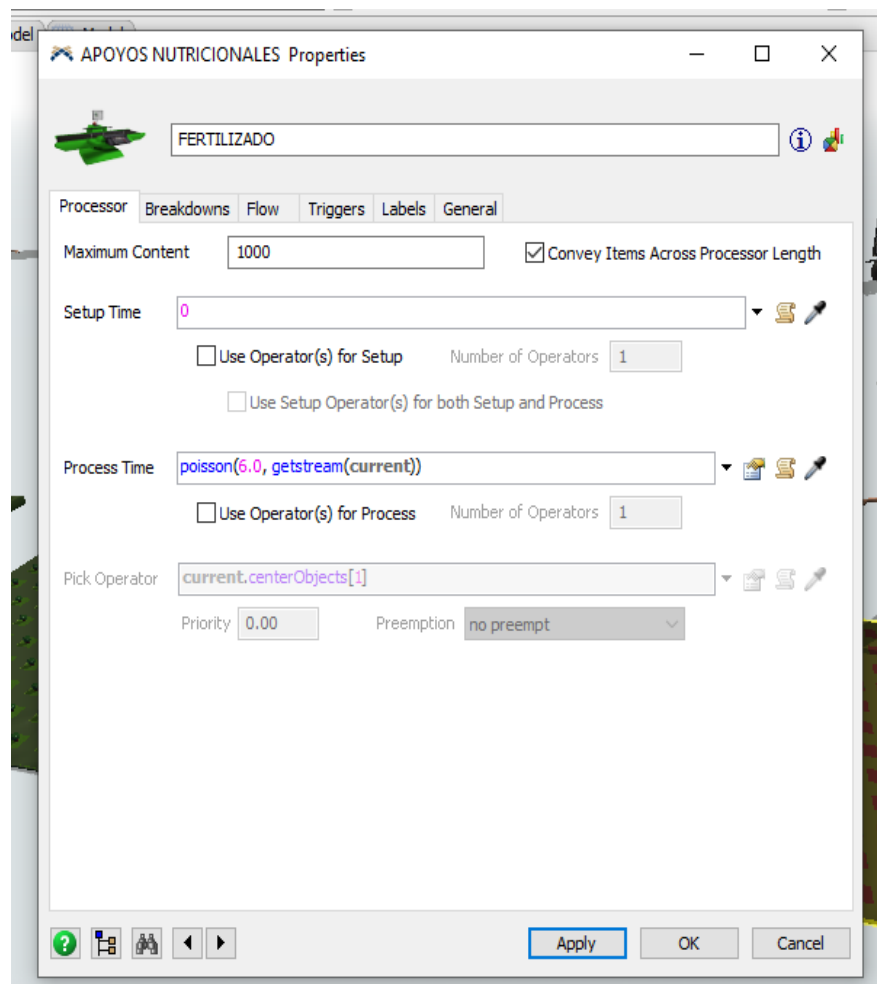


Fuente: Flexsim.

8.4.1.3.4 FERTILIZADO

La fertilización se puede considerar como la segunda parte de tratamiento de las plántulas mediante insumos que brindan un mejor acople tanto al terreno como fortalecen al tallo y ramificaciones que en poco tiempo ya comenzaran a soportar el peso del crecimiento de los frutos, en nuestro sistema se tiene un tiempo de fertilizado ajustado a una distribución estadística de poisson de 6 horas por hectárea, y un máximo por día de 1000 kilogramos.

Gráfico 36. Configuración proceso de Fertilizado.

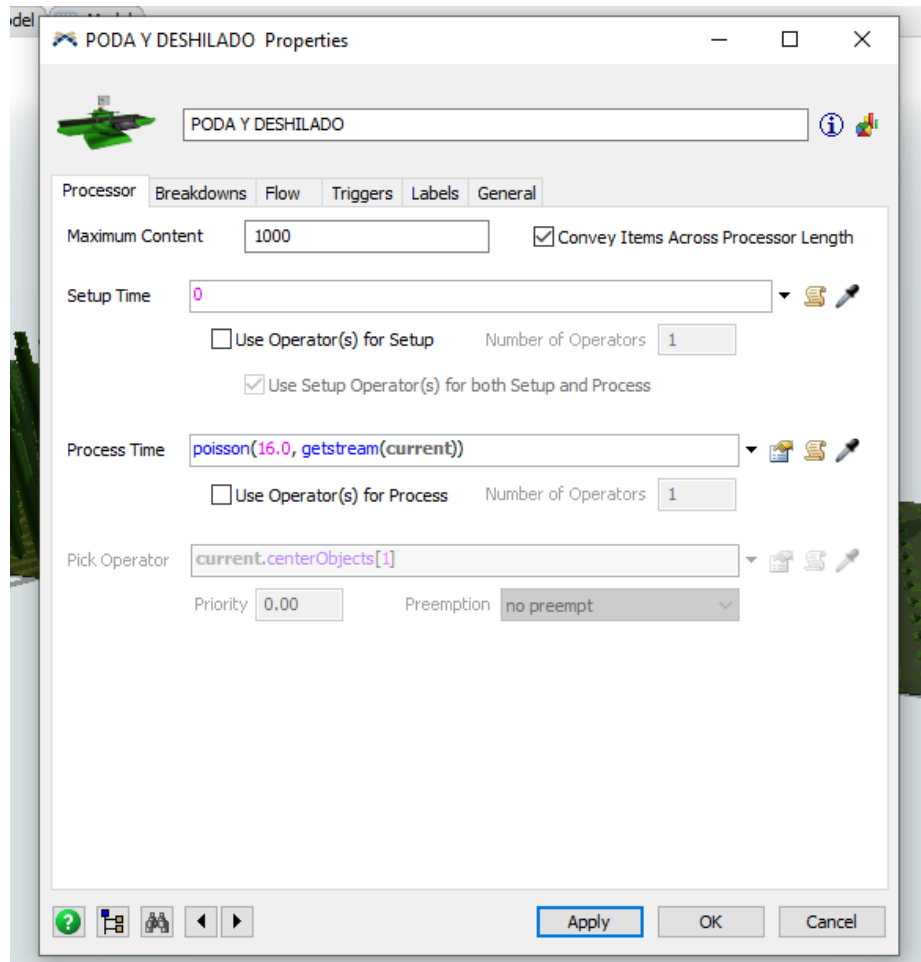


Fuente: Flexsim.

8.4.1.3.5 PODA Y DESHILADO

El proceso de poda y deshilado es vital al momento en que la cosecha presenta un desarrollo tanto en tamaño como en frutos pues genera mayor oxigenación a los cafetos y aporta bienestar al entorno permitiendo la mejor interacción entre la naturaleza, las lluvias, el sol, etc., en nuestro sistema se tiene un tiempo de fertilizado ajustado a una distribución estadística de poisson de 6 horas por hectárea, y un máximo por día de 1000 kilogramos.

Gráfico 37. Configuración proceso de Poda y Deshilado.

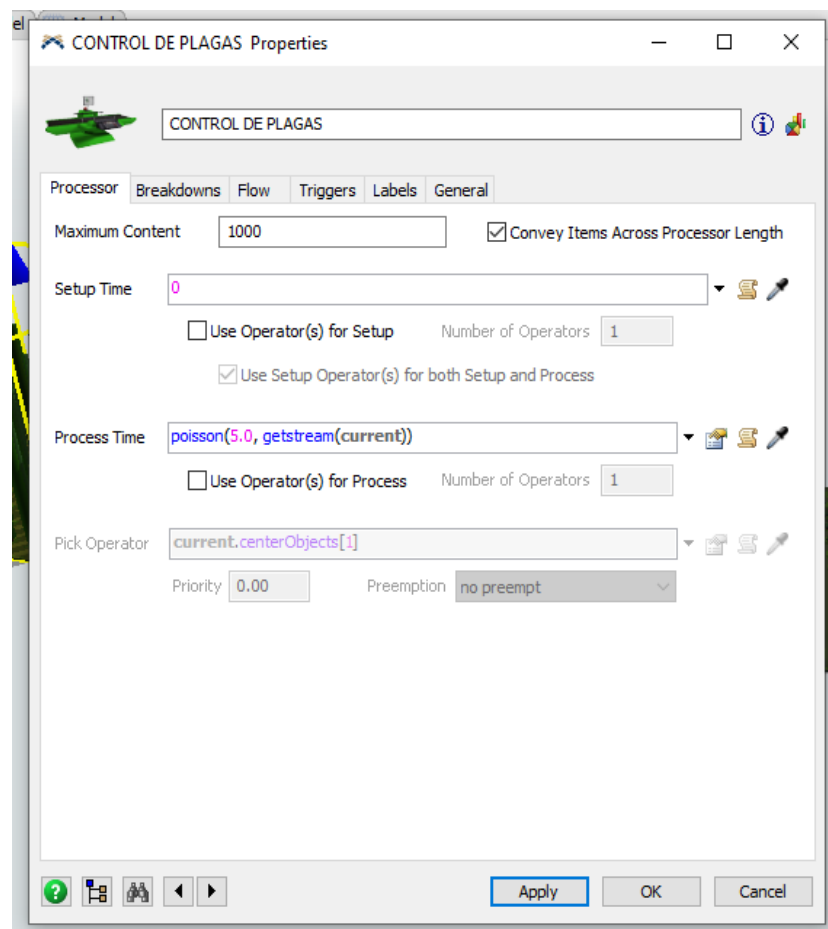


Fuente: Flexsim.

8.4.1.3.6 CONTROL DE PLAGAS

Controlar las plagas y mantener un estricto seguimiento al desarrollo de los frutos evitando que estos sean contaminados por alguna enfermedad o atacados por algún paracito o insecto es indispensable para tener una buena cosecha y por consiguiente una mayor cantidad de café para tratar y comercializar, en nuestra simulación se tiene un tiempo de control de plagas ajustado a una distribución estadística de poisson de 5 horas por hectárea, y un máximo por día de 1000 kilogramos.

Gráfico 38. Configuración proceso de Control de Plagas.

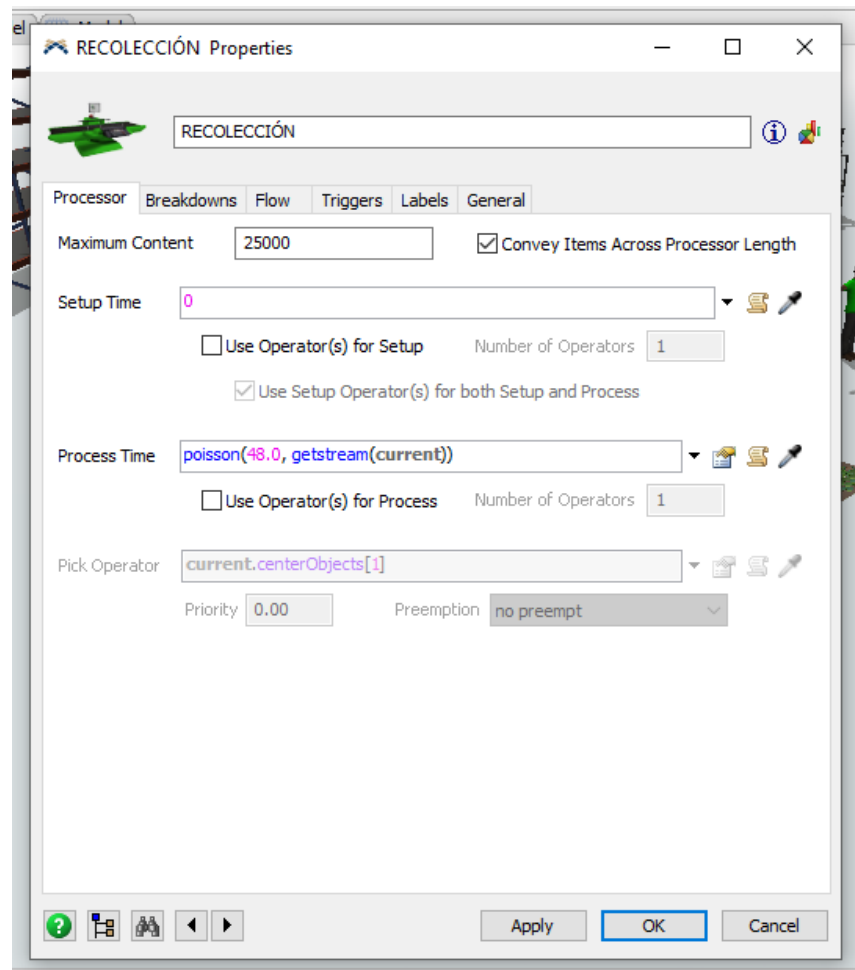


Fuente: Flexsim.

8.4.1.3.7 COSECHA / RECOLECCIÓN

La cosecha o bien llamada recolección es la culminación de nuestra de obtener frutos, actualmente, aunque se tiene una cosecha regular grande y unas pequeñas cosechas tiempo después, de frutos que demoraron su crecimiento y posterior desarrollo, en nuestro sistema se tiene un tiempo de recolección ajustado a una distribución estadística de poisson de 48 horas, y un máximo por día de 25000 kilogramos.

Gráfico 39. Configuración proceso de Recolección.

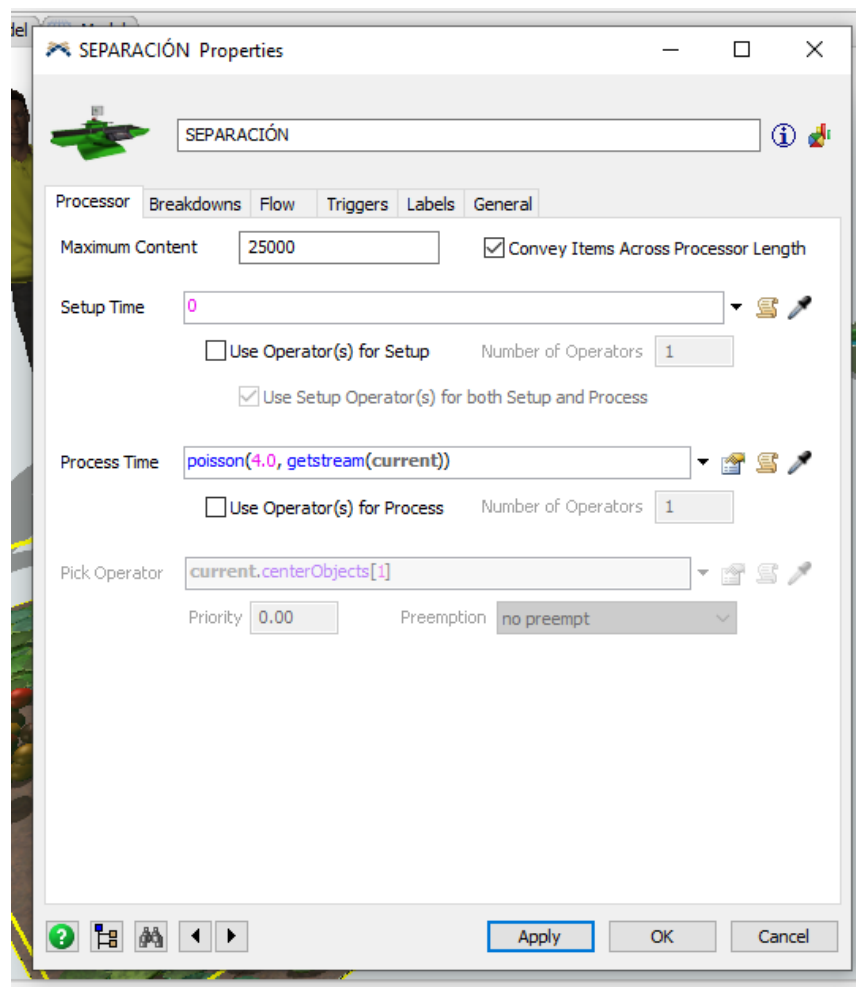


Fuente: Flexsim.

8.4.1.3.8 SEPARACIÓN

Este proceso se fundamenta es separar tanto los granos que no presentan irregularidades como las hojas, ramas y demás material natural que muchas veces viene adherido a las cerezas del cafeto, en la simulación se tiene un tiempo de separación ajustado a una distribución estadística de poisson de 4 horas, y un máximo por día de 25000 kilogramos.

Gráfico 40. Configuración proceso de Separación.

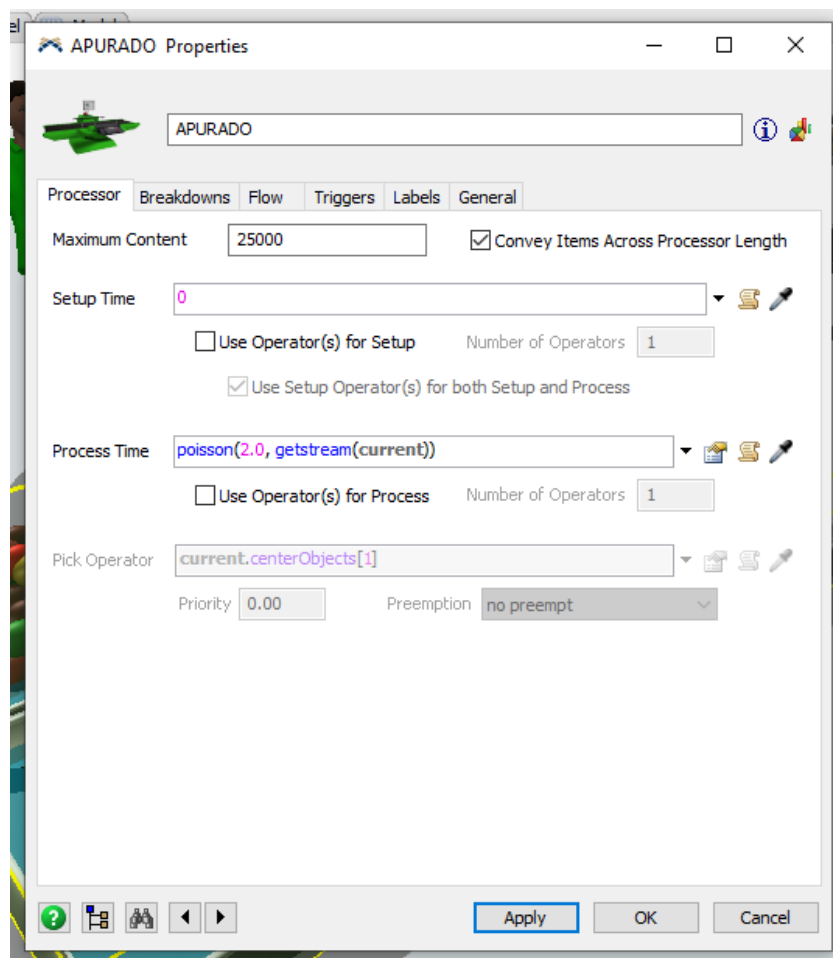


Fuente: Flexsim.

8.4.1.3.9 APURADO

El apurado es un proceso multifuncional, pues en este las cerezas son rociadas con agua para que resbalen las partículas que puedan estar adheridas a sus cortezas y también con este paso por el agua se consigue que el fruto este más blando y al momento del siguiente proceso, el grano pueda ser retirado de la cereza con mayor facilidad, se tiene un tiempo de apurado ajustado a una distribución estadística de poisson de 2 horas, y un máximo por día de 25000 kilogramos.

Gráfico 41. Configuración de proceso de Apurado.

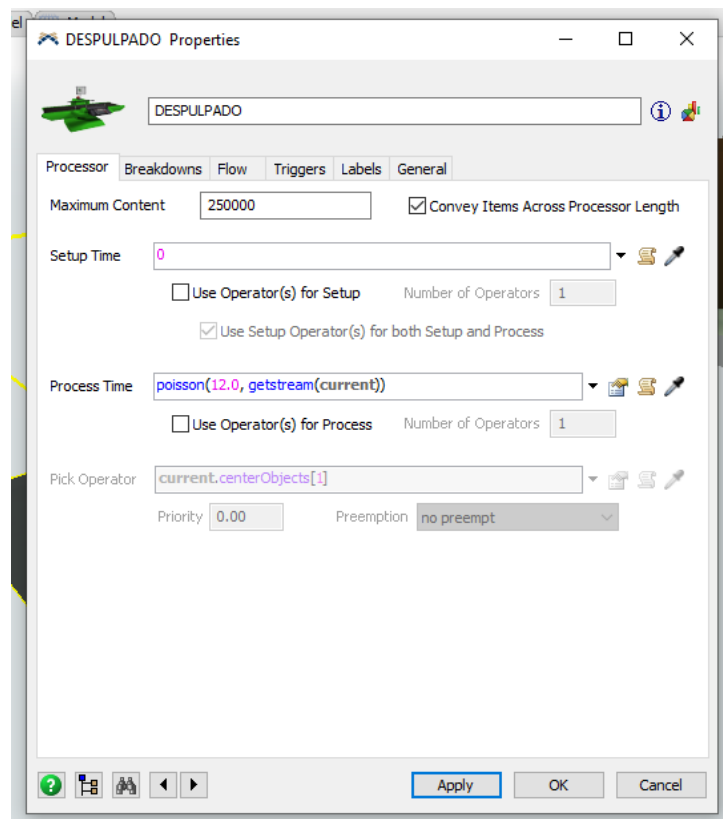


Fuente: Flexsim.

8.4.1.3.10 DESPULPADO

El despulpado es el proceso más tecnificado en algunas fincas de los pequeños productores de café de Lengupá, algunos cuentan con una maquina despulpadora en su mayoría manual la cual mediante rotación del grano y presión en un pequeño silo este se separa de la cereza, no obstante el proceso es demorado pues deben pasar pequeñas cantidades varias veces por el mismo mecanismo hasta que se retire del todo la corteza, en algunos casos es necesario manualmente retirar imperfectos y sobras el grano, lo que conlleva más tiempo, es por eso que se tiene un tiempo de despulpado ajustado a una distribución estadística de poisson de 12 horas, y un máximo por día de 25000 kilogramos.

Gráfico 42. Configuración proceso de Despulpado.

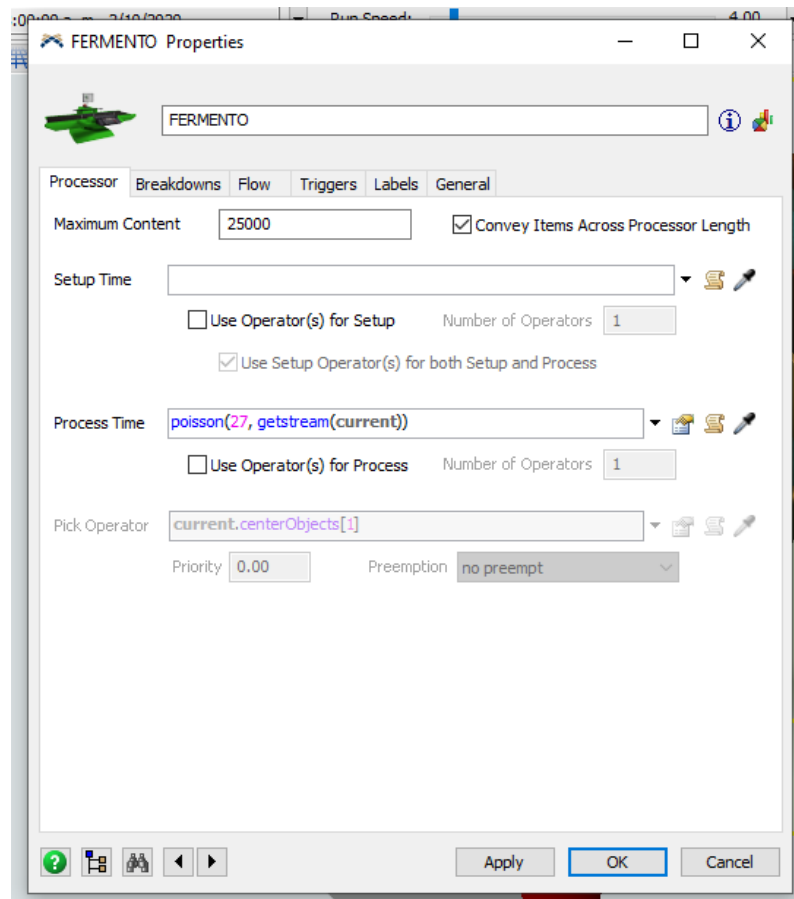


Fuente: Flexsim.

8.4.1.3.11 FERMENTO

La fermentación la podemos denominar como un proceso donde la magia ocurre, es generado naturalmente por reacciones anaeróbicas las cuales por medio de un líquido en su mayoría agua es puesto el café resultante del despulpado, este se sumerge por un tiempo aproximado en tanques y se deja hasta que se forme una espuma espesa en la parte superior, seguido a esto es nuevamente rociado con agua nuestro grano y llevado al siguiente proceso. Se tiene un tiempo de fermento ajustado a una distribución estadística de poisson de 27 horas, y un máximo por día de 25000 kilogramos.

Gráfico 43. Configuración proceso de Fermento.

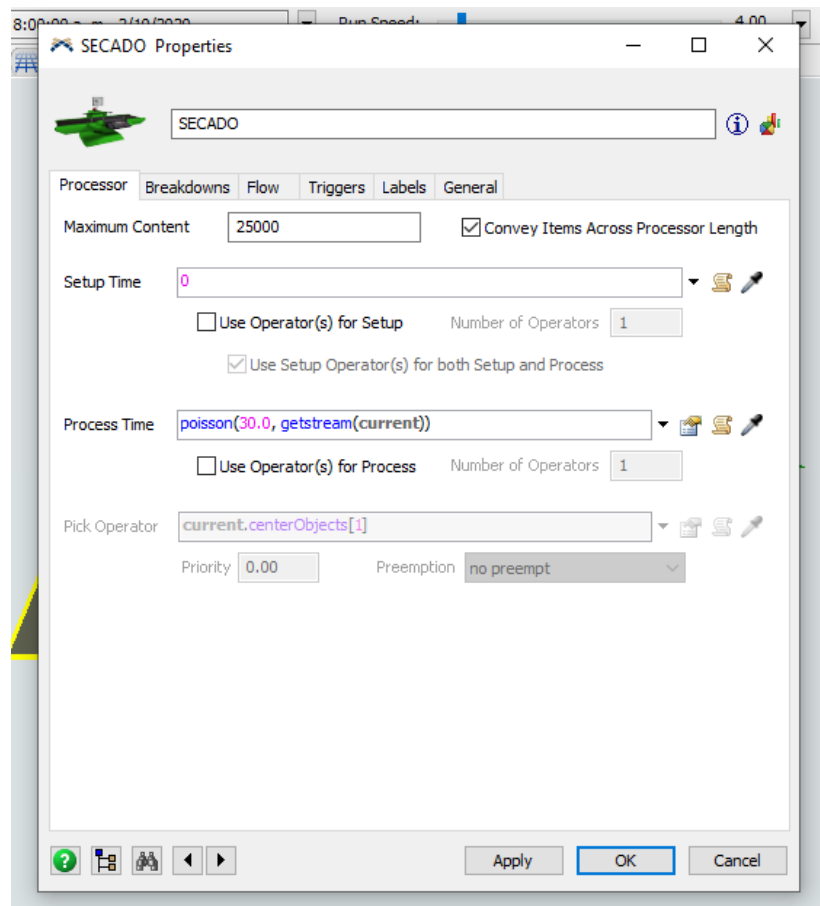


Fuente: Flexsim.

8.4.1.3.12 SECADO

El proceso de secado de café de esta zona es muy tradicional y así mismo particular, pues es muy normal llegar a alguno de los municipios de la provincia de Lengupá en los primeros meses del año y encontrar en las calles, terrazas de casas e incluso frente a locales de comercio común lonas tendidas con granos de café secándose a la luz del sol, este proceso no tiene una duración fija pues de la intensidad del sol depende el tiempo que se tarden los granos en estar listos. Se tiene un tiempo de secado ajustado a una distribución estadística de poisson de 30 horas, y un máximo por día de 25000 kilogramos.

Gráfico 44. Configuración proceso de Secado.

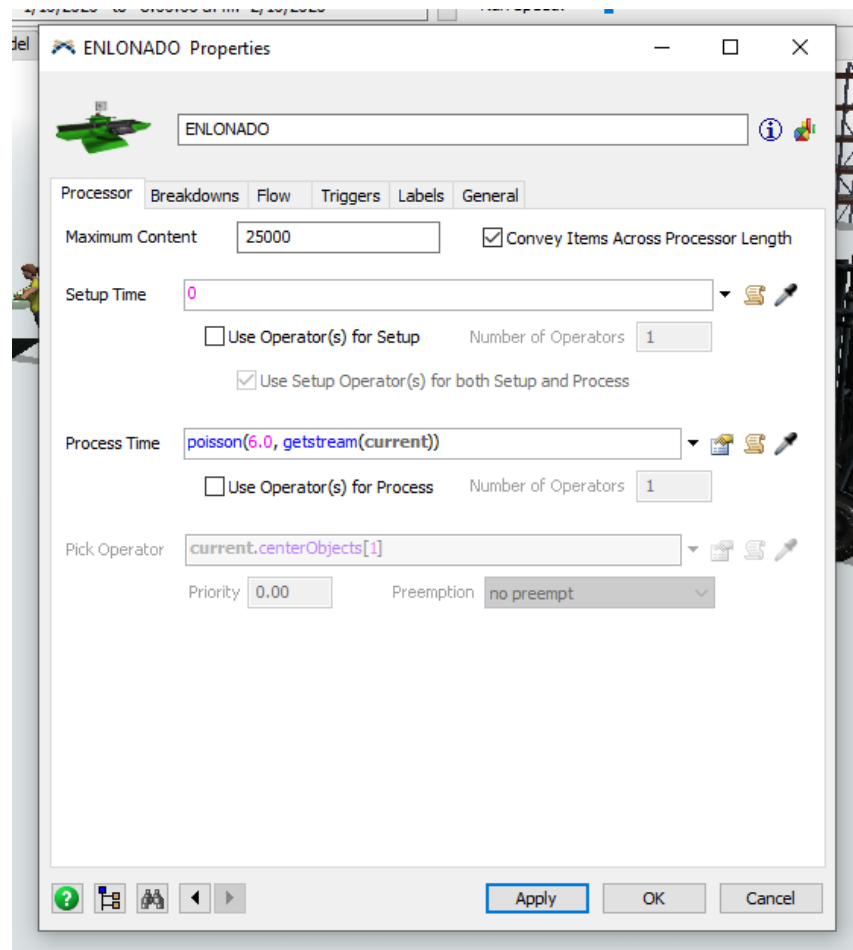


Fuente: Flexsim.

8.4.1.3.13 ENLONADO

El proceso de enlonado es la parte final del proceso de producción de café de los pequeños productores del Lengupá, el café fermentado, seco y listo es depositado en lonas que manejan una carga establecida de 60 kilogramos, este temporalmente es almacenado en garajes o pasillos de las fincas mientras el caficultor completa más bultos o decide desplazarse a vender la carga. Se tiene un tiempo estimado de enlonado de las cargas de secado ajustado a una distribución estadística de poisson de 6 horas, y un máximo por día de 25000 kilogramos.

Gráfico 45. Configuración de proceso de Enlonado.



Fuente: Flexsim.

8.5 CAPTURAS DEL MODELAMIENTO DEL SISTEMA

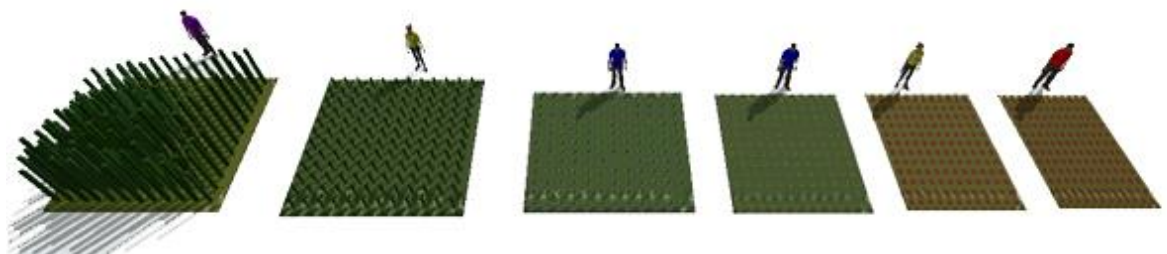
Para una mejor comodidad de comprensión del Lector, a continuación, se procede a presentar una serie de imágenes que muestran detalladamente el modelo simulado a través del Software Flexsim Manufacturing:

Gráfico 46. Vista general del sistema modelado.



Fuente: Flexsim.

Gráfico 47. Vista de fase 1 en el modelo final.



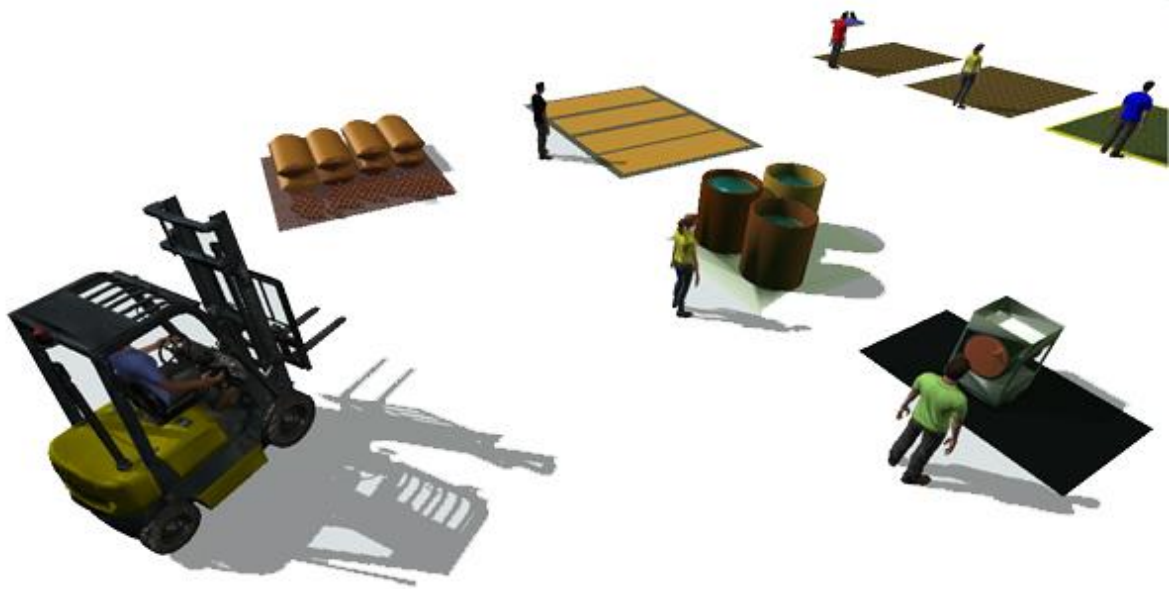
Fuente: Flexsim.

Gráfico 48. Vista de fase 2, primeros procesos en el modelo final.



Fuente: Flexsim.

Gráfico 49. Vista fase 2, últimos procesos en el modelo final.



Fuente: Flexsim.

8.6 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN DEL MODELO

8.6.1 VERIFICACIÓN

Lo importante luego de realizar una simulación que busca optimizar un proceso productivo es verificar y corroborar que el modelo es adaptado a la realidad y así mismo se adapta a los parámetros de esta, ya que sus salidas u outputs nos brindarán unos resultados que serán llevados a una interpretación.

Lo acertado es que las simulaciones mediante softwares coincidan con una lógica operacional del modelo físico, ya que este sector y su sistema de producción jamás han sido investigados, nuestra simulación resalta cada uno de los aspectos tradicionales que lo integran y la forma como estos se interrelacionan.

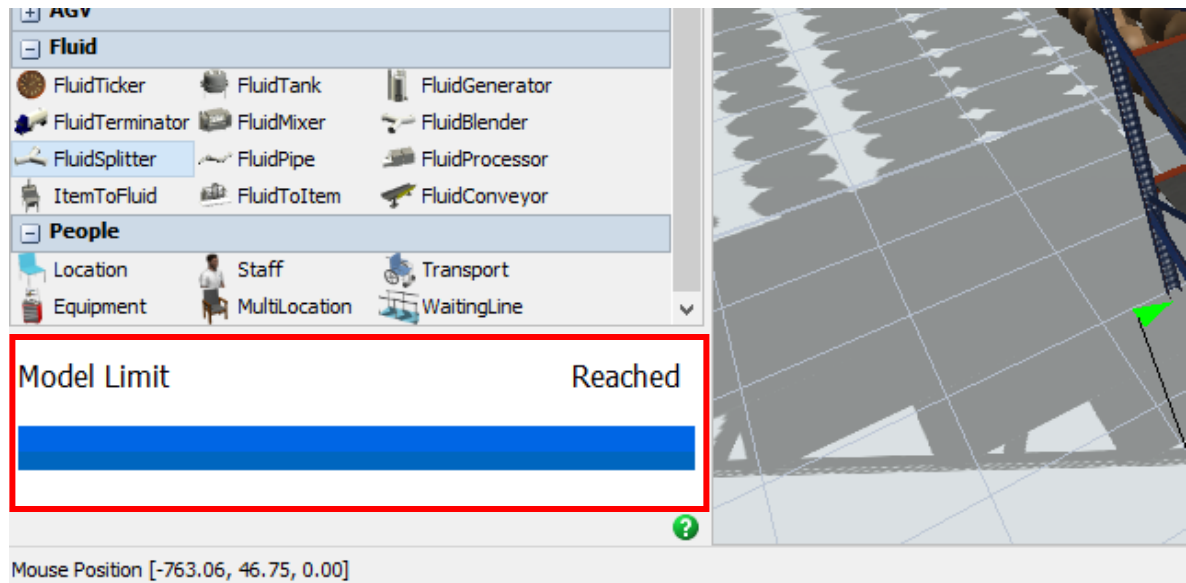
8.6.2 VALIDACIÓN

Al validar un modelo que tiene como fin brindar una optimización es necesario aclarar que no existen métodos de validación que den un 100% de exactitud en los resultados de la simulación, no obstante, aunque no se mantenga una precisión definitiva se realizó una verificación del modelo lo cual nos muestra que este se asemeja mucho a la realidad.

Recalcando lo anterior se resalta que un modelo de producción tradicional no estandarizado de café tendrá un escenario de probabilidades diferentes respecto a sus estándares de producción año tras año debido a la misma falta de sistemas de control de inventarios y procesos, pero independiente de esto siempre se presenta una rentabilidad, de lo contrario este nicho de mercado no existiría.

Para validar el modelo simulado se corrió el programa con las variables estipuladas esperando encontrar un output que mostrará una concordancia de los datos ajustados exponencialmente (Tabla 31. Ajuste de todas las variables del modelo de optimización.), y los resultantes de la simulación.

Gráfico 50. Limitante de recursos del sistema de simulación.

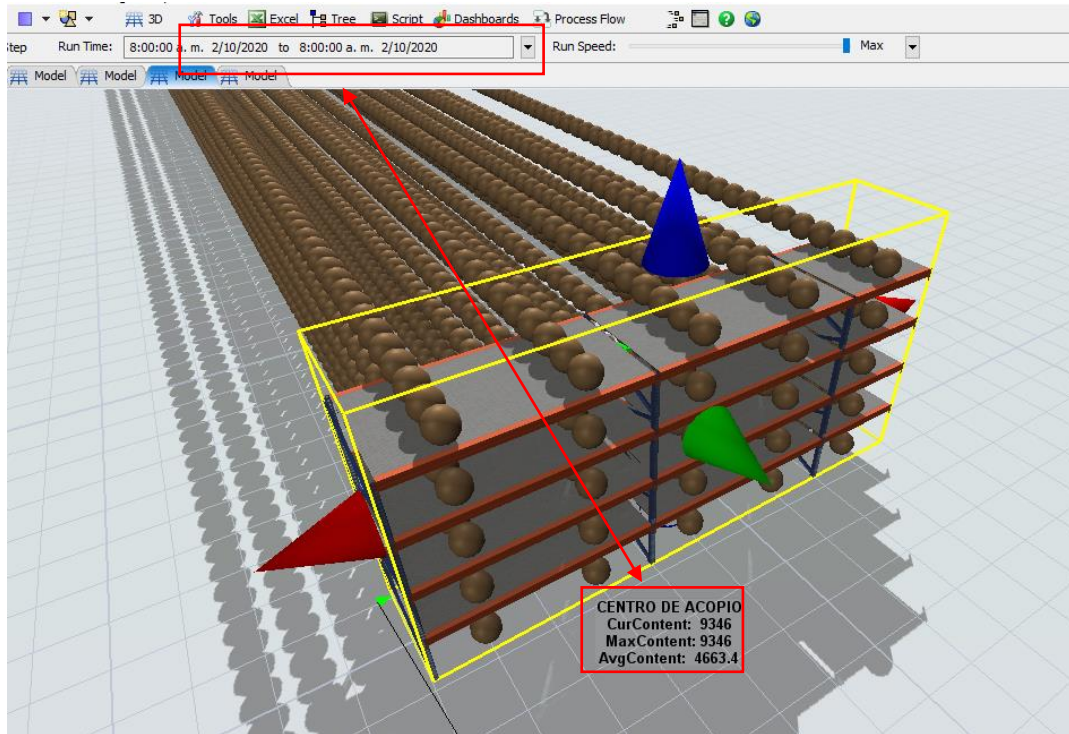


Fuente: Flexsim.

Dado que nuestro sistema de simulación estaba completamente lleno como se muestra en el Gráfico 50. y el cursar un año completo de producción era bastante complejo por el exceso de recursos que exige el software para una simulación de este tamaño, se limitó a simular un día de producción de los pequeños caficultores de la provincia de Lengupá bajo unas condiciones ya identificadas y establecidas, en cuanto a modos de trabajo, cantidades de producción, uso de mano de obra, entre otras, todas ellas que los hacen ser considerados pequeños productores. De igual forma como se especificó en el análisis de las variables, la producción se limitó a una hectárea y los procesos de la cadena de producción del grano se ajustaron a estas limitantes.

Como se indica en el Gráfico 51. en un día de producción de café al rack (output) que simboliza al centro de acopio está llegando una media exponencial de 9.346 kilogramos que café, es decir un ingreso aproximado de 9.3 toneladas/día, lo cual representa un valor muy cercano al real.

Gráfico 51. Total de café registrado en el output.



Fuente: Reporte generado por Flexsim.

8.7 ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

Usando el módulo “Dashboards” ubicado en la barra de herramientas del software de Flexsim tenemos una selección de estadísticas las cuales nos permiten ver en tiempo real el funcionamiento y resultados de nuestra simulación y de cada uno de sus componentes, facilitando el análisis de los datos para buscar una optimización dentro de cada uno de los procesos involucrados en el sistema.

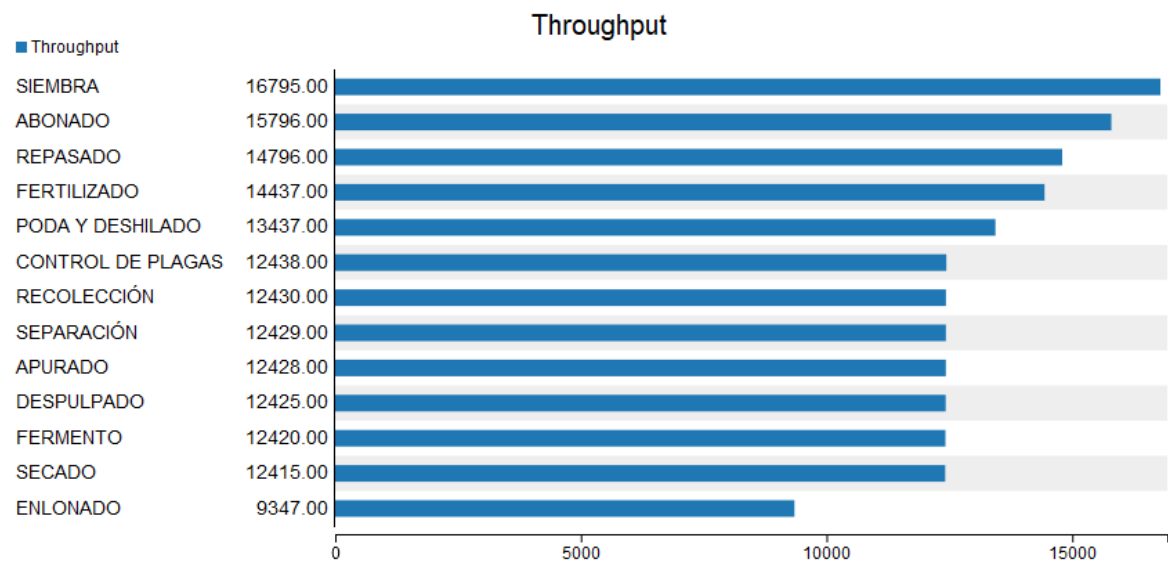
Uno de los servicios a los que tenemos acceso y son de gran provecho para nuestra optimización del nodo de producción son los histogramas, diagramas circulares, diagramas de barras y graficas porcentuales que nos referencian metrológicamente cada uno de los tiempos, cantidades, porcentajes, etc.

Como se mencionó anteriormente los datos reportados por el programa son exactos, pero estos tienen un ajuste estadístico que buscó asemejarlos a la realidad y a la forma de funcionamiento del sistema.

8.7.1 RESULTADOS ENTIDAD

En el gráfico 52, podemos observar el rendimiento de nuestra entidad (café), durante cada uno de los procesos. Ya que se reconoce que el trabajo del café en este sector de estudio es bastante tradicionalista y regido por costumbres, se indica a la simulación que en cada proceso habrá una pérdida de café, lo que al momento de los resultados finales se observa, es así cómo, aunque se inició con una cantidad significativa de café sembrado al momento de enlonarlo y dirigirlo al lugar de venta, están llegando con un promedio de 9.347 kilogramos del grano.

Gráfico 52. Rendimiento del café dentro de cada proceso simulado.

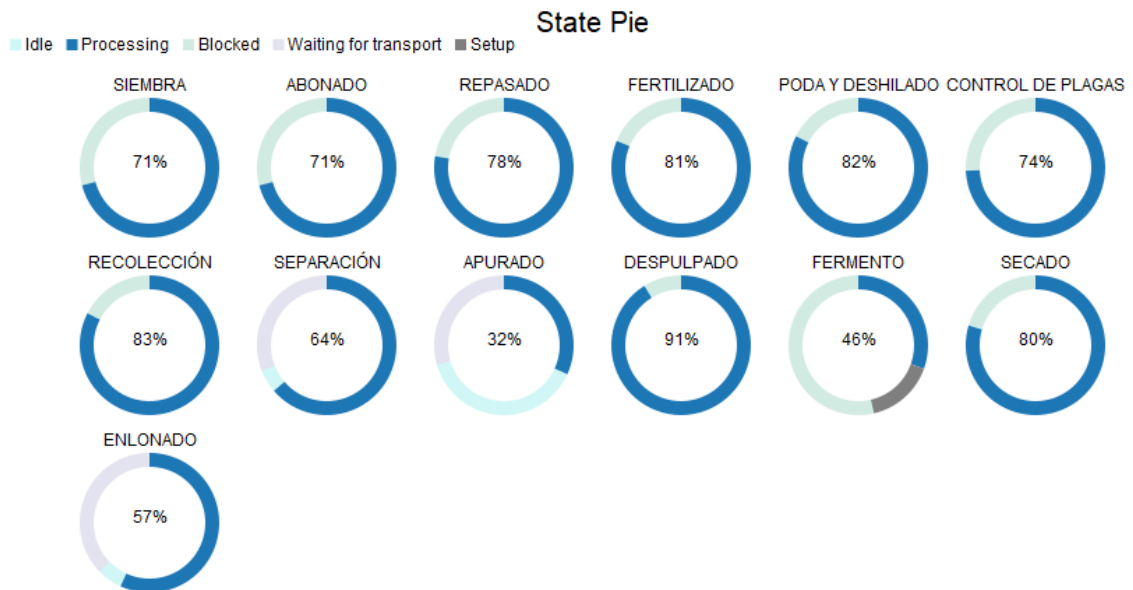


Fuente: Reporte generado por Flexsim.

8.7.2 RESULTADOS PROCESOS

Como se observa en el gráfico 53. nuestro informe entrega un resultado porcentual individual por cada proceso involucrado en la transformación del café. Los procesos involucrados en la fase de plantación (Siembra, Abonado, Repasado, Fertilizado, Poda y Deshilado y Control de Plagas) y 2 de los procesos de la fase de cosecha (Recolección y Separación) presentan una gran productividad debido a que estos dependen directamente del crecimiento y desarrollo del grano y son realizados cuando las mismas condiciones naturales los requieren. Los procesos finales tienen una correlación el uno con el otro y por las duraciones y demoras estos tienen una variabilidad de productividad; el “fermento” se presenta listo para su funcionamiento pero con una espera o preparación muy prologada para su ejecución, esto debido a que el despulpado presenta la falencia de que el café ocasionalmente debe ser repocorado, sin embargo se están cumpliendo con las cantidades de café simuladas requeridas.

Gráfico 53. Balance porcentual de los procesos simulados.

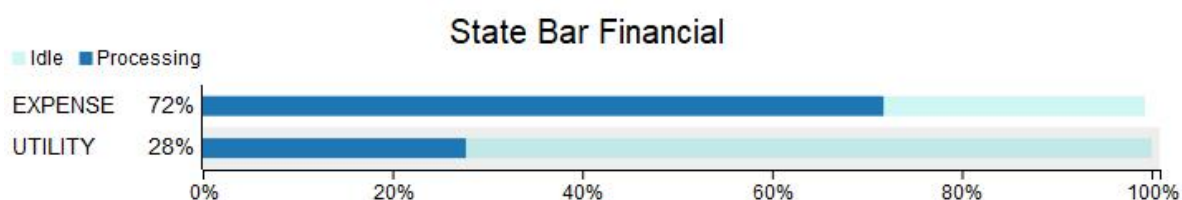


Fuente: Reporte generado por Flexsim.

8.7.3 RESULTADOS ECONÓMICOS

Como muestra el gráfico 54. en un día promedio, los gastos e inversiones llegan a un 72%, así mismo de la inversión total diaria hay aproximadamente un 28% de ganancia o rentabilidad para el caficultor. Como se especificó en Anexo I. para el 2020 se tenía una aproximación exponencial de inversión de \$2'891.374, que trasladado a los resultados de la simulación nos enseña que por día de trabajo del café es de \$8.031, de los cuales se invierten \$5.783 y \$2248 son utilidad para el cafetero.

Gráfico 54. Reporte financiero de simulación.



Fuente: Reporte generado por Flexsim.

Dado que esta zona ya tiene un auge de producción en las grandes fincas, y esto les representa grandes utilidades a un pequeño porcentaje de caficultores, el aprovechamiento de cada peso disponible para la plantación y cosecha de los pequeños productores es realmente vital, pues de este negocio depende su estabilidad económica y su bienestar. Las utilidades que actualmente se obtienen por el modelo son estimaciones matemáticas que pueden diferir de la realidad pero que nos muestran que este mercado se ha mantenido gracias a las pocas pérdidas que representa pero que así mismo podría tener una rentabilidad mayor impulsando más a la provincia y beneficiando en el crecimiento cafetero más estandarizado dentro de este nuevo valle cafetero Boyacense.

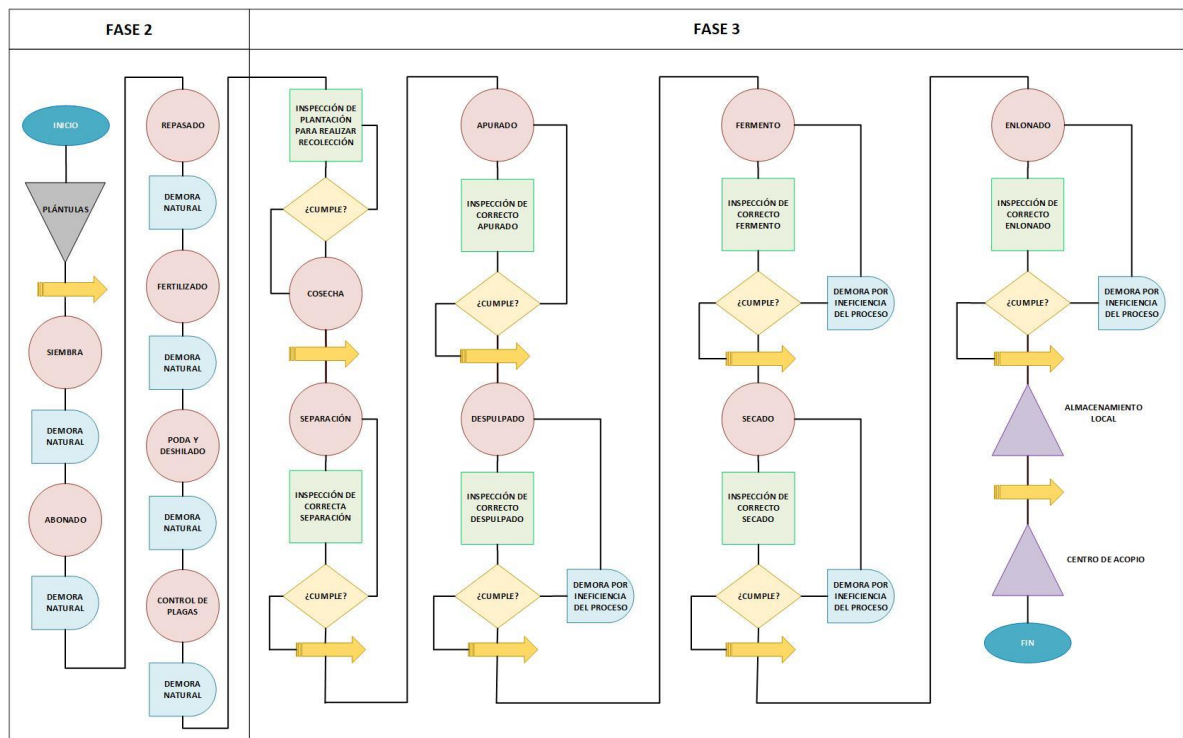
8.7.4 CONTEXTUALIZACIÓN DE RESULTADOS DEL MODELO

En la contextualización del modelo mencionamos una síntesis del funcionamiento, pues en la verificación corroboramos que se adaptara a la realidad y en este numeral lo que haremos es presentar unos factores encontrados en el sistema que coinciden con la producción tradicional de café de la zona de estudio.

8.7.4.1 DIAGRAMA DE FLUJO SIMULACIÓN – REALIDAD

Luego de realizar las respectivas corridas donde evaluamos los resultados que nos entregó el sistema simulado y asemejándolo con la realidad, se identifica y reconoce que el sistema de producción de café de esta zona presenta unas falencias dentro de la misma instalación, en este caso la finca, que representan tiempo perdido significativo, como se muestra en el gráfico 55.

Gráfico 55. Diagrama de flujo, simulación-realidad.



Fuente: Autores.

Una de las principales razones de las demoras encontradas es la falta de maquinaria, mecanismos o sistemas de proceso del grano una vez recolectado que hagan que se tenga una paridad en cuanto al rendimiento homogéneo de cada instancia donde este recibe tratamiento. Sin embargo, aunque este tiene una verificación una vez terminada la actividad, el que se necesite un reproceso significa cuellos de botella y así mismo una cantidad menor de café procesado por día.

Además de presentarse un desplazamiento de materia prima y personal cada vez que se realiza un determinado proceso, conllevando que esto involucra más tiempo dentro del sistema de producción de los pequeños caficultores.

Tabla 38. Cantidad de actividades del diagrama de flujo.

N°	Descripción	Operación	Transporte	Inspección	Espera	Almacenaje	Decisión
1	Siembra	■	■		■		
2	Abonado	■			■		
3	Repasado	■			■		
4	Fertilizado	■			■		
5	Poda y Deshilado	■			■		
6	Control de Plagas	■			■		
7	Recolección	■	■	■			■
8	Separación	■	■	■			■
9	Apurado	■	■	■			■
10	Despulpado	■	■	■	■		■
11	Fermento	■	■	■	■		■
12	Secado	■	■	■	■		■
13	Enlonado	■	■	■	■	■	■
14	Acopio		■			■	
TOTAL		13	9	7	10	2	7

Fuente: Autores.

9. MODELO DE OPTIMIZACIÓN SUGERIDO

Una vez simulado el proceso de producción del café de los pequeños caficultores y comprendidas algunas de las falencias y fallas que se están presentando se procede a sugerir una optimización la cual beneficiara no solo a los directamente involucrados que son los caficultores y sus familias, sino que al sector le brindará un mayor ingreso económico derivado de estas mejoras.

Debido al proceso actual usado por los productores de café de esta zona, se presenta una variabilidad en cuanto a mejoras que brinden una optimización del proceso, es así como decidimos clasificar el modelo de optimización en 3 posibles escenarios los cuales, independiente del que se aplique lo que buscará en implementar mejores estrategias que conduzcan al crecimiento de sector estudiado. Es así como tenemos:

- Escenario 1: Modelo de optimización de la producción del grano *convencional* aplicada a los pequeños productores de nodo de Lengupá.
- Escenario 2: Modelo de optimización de la producción del grano *automatizado* aplicado a los pequeños productores de nodo de Lengupá.
- Escenario 3: Modelo de optimización de la producción y *tratamiento postcosecha* del grano automatizado aplicado a los pequeños productores de nodo de Lengupá

9.1 ESCENARIO (1): MODELO DE OPTIMIZACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DEL GRANO CONVENCIONAL APLICADA A LOS PEQUEÑOS PRODUCTORES DE NODO DE LENGUPÁ.

Para el desarrollo de este primer escenario mantendremos las mismas condiciones físicas de la simulación-realidad en cuanto a la disponibilidad limitada de máquinas y el trabajo manual como base de todo el proceso de la cadena de valor de la producción de café de los pequeños caficultores del nodo de Lengupá.

9.1.1 OPTIMIZACIÓN SUGERIDA

La primera fase denominada “Germinación” es una fase directamente relacionada al comité y su disposición a la entrega de las chapolas o plántulas a los caficultores, por ello la optimización partirá desde el momento de la siembra.

La fase 2 a la que se llamó “Plantación” se le sugieren los siguientes cambios para fomentar una optimización:

SIEMBRA - ABONADO: En el proceso actual le identificó que los caficultores por costumbre cuando preparan la tierra para la plantación hacen un primer abonado con insumo naturales básicos (Cal, Gallinaza y Pasilla), luego de que se hace la siembra esperan aproximadamente un segundo proceso que conlleva otro abonado con algunos insumos químicos identificados en la tabla 11.

Se sugiere juntar los procesos de siembra y abonado, aunque se tiene un promedio de personal para ambos de 5 personas por hectárea, se podría implementar el trabajo en 7 involucrados, donde mientras las 5 iniciales se encargan de hacer la correcta plantación de la chapola, los 2 restantes están procediendo a hacer el abonado posterior a la siembra, pero de manera inmediata. Lo que disminuye el tiempo de espera al proceso de abono y facilita a que las plántulas desde que son llevadas al terreno de desarrollo puedan tener un sustento directo. Como se muestra en la cartilla de producción de café zonal del Quindío: “Las plántulas deben recibir apoyos nutricionales externos al terreno una vez son fijadas al terreno fijo de estabilización del crecimiento, esto eleva la capacidad de maduración y desarrollo de la misma generando mayores defensas a las plagas y cambios de clima inesperados. (Cartilla de producción del café. Ed. 6, 2016).

REPASADO - FERTILIZADO: Como se menciona en la caracterización el fertilizado de las plántulas semanas después de que están comenzando su crecimiento en el

cultivo es vital para evitar que estén expuestas a plagas, enfermedades y cambios de clima no deseados, no obstante el repasado permite la oxigenación del terreno y evita que plantas invasoras o maleza se desarrolle alrededor de nuestros cafetos, es por ello que se identifica la posibilidad de realizar estos procesos de manera conjunta, donde a medida que hace el repasado por los surcos de café, se pueda dar inmediata fertilización al terreno y las plántulas, sin embargo se tendrá que mantener un constante control o inspección del terreno buscando que esté presente tierra libre de plantas invasoras.

PODA, DESHILADO Y CONTROL DE PLAGAS: Como se identificó en los procesos anteriores, algunas etapas del desarrollo de la planta pueden ser realizadas de manera simultánea y están avaladas por organismos administrativos vinculados a la producción del café en el país. Podar y deshilar los cafetos puede que parecer un proceso sencillamente estético donde se retiran las hojas, ramas y frutos que presentan irregularidades, pero el fin de esto es evitar que a raíz de una resequedad minúscula en alguna parte de la planta esta se pueda extender a otras y terminar dañando todo el árbol, es por ello que una vez se realiza este proceso se podría aplicar un determinado plaguicida evitando que pasen días mientras se decide aplicar estos insumos químicos.

Nota: Se resalta que la fase 2: "Plantación". está vinculada a la relación de las plántulas con condiciones naturales, como lo son la tierra del terreno, las lluvias, el sol, la temporada de plagas, etc. y a los avances científicos hechos por Cenicafé. La optimización propuesta es directamente operacional en cuanto a juntar procesos que podrían llegar a representar una demora por su tiempo al que se tienen ajustados actualmente en la zona. Así mismo se busca que con una adecuación de los recursos humanos en algunos procesos se junten actividades pero que así mismo dadas las condiciones naturales se pueda llegar a tener una mejor cosecha en el sector, como sucede en las grandes fincas de la zona.

Para la fase 3 que denominamos “Cosecha” visto en la simulación adaptada a la realidad y en el gráfico 53. donde se presentan los rendimientos de los procesos encontramos que la mayor pérdida se está encontrando en el despulpado y por consiguiente el proceso de fermento presenta un desuso y con ello una demora.

DESPULPADO: El cuello de botella generado por las falencias en el proceso de despulpado nos hace pensar que la maquina despulpadora con la que actualmente cuentan los pequeños productores no es la más eficiente, aunque esta sustituye el proceso de retiro de la cereza del grano manualmente, si está ocasionando que se tengan que reprocesar cerezas y esto deje en espera el fermento.

Despulsar a mano es una labor demorada y con cierto grado de dificultad, la automatización básica que se presenta tanto con despulpadoras manuales como mecánicas de baja calidad ha facilitado a los caficultores realizar esta labor, pero él no acceder a una maquina con la efectividad deseada siempre llevará a perdidas y se refleja en los índices de rendimiento del proceso

Se sugiere la adquisición de maquinaria gama media, Tabla 39. con una alta capacidad de eficiencia del proceso, destacando que esta presentará mejor rendimiento comparado con las obsoletas que se tienen, así mismo se resalta que el uso de tecnificación en este proceso brindará una reducción de tiempo en el proceso y evitando cuellos de botella innecesarios en el desarrollo de procesos de suma importancia en la etapa final de proceso del grano de café. La forma de uso de esta despulpadora es sencilla por lo que no requiere de una capacitación extenuante, y para los caficultores mayores será muy cómoda de trabajar. Cabe resaltar que para un mejor rendimiento de la misma es necesario asociar métodos de remojo previos al despulpado que hagan que la corteza de la cereza presente más facilidad al momento de ser retirada, y se pueda obtener un café integro sin reprocesos en un lapso de tiempo corto.

Tabla 39. Ficha técnica Despulpadora PENAGOS DH2.

DESPULPADORA PENAGOS DH2	
 <p>Tomado de: Catálogo de productos Penagos.</p>	Peso: 30 kg
	Dimensiones: 90 x 60 x 90 cm
	Capacidad: 50 Kg/Hora
	Costo: \$ 1.200.000
	Eficiencia de trabajo: 90%
	Garantía: 3 años.

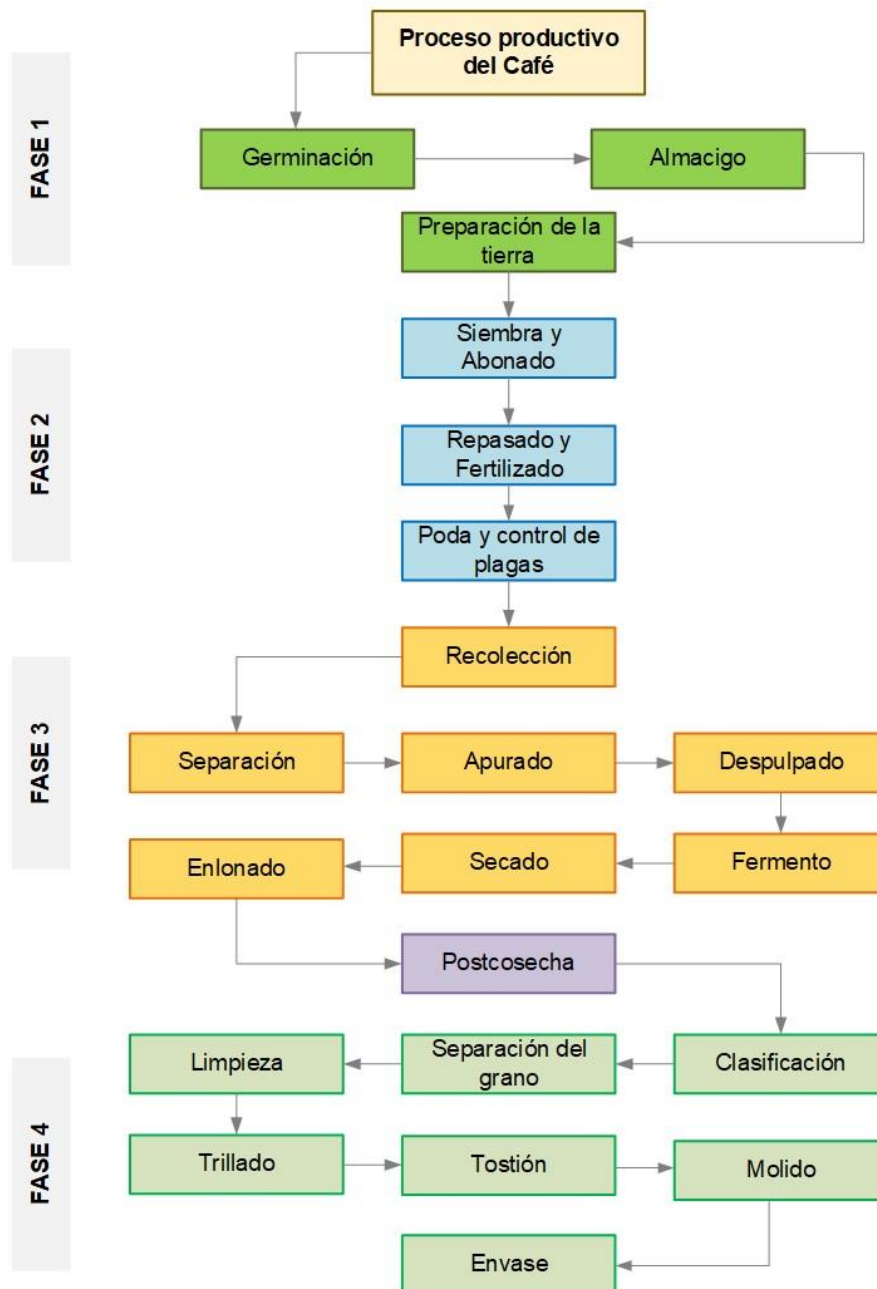
Fuente: Catálogo de productos Penagos.

No obstante se sugiere la implementación de un sistema de despulpado húmedo tradicional usado y registrado en países que identifican pequeños grupos de productores de café, donde el proceso mantiene una lubricación constante y el agua usada para esto es reusada en el proceso por un tiempo determinado, Es decir que “al momento en que ingresen los frutos a la tolva de la despulpadora estos sean constantemente humedecidos permitiendo que el líquido no solo ablande la corteza sino que genere más fricción con las cuchillas que extraen el grano de café” (Métodos de cultivo tradicional de café hondureño, 2014). Esta forma de despulpado mantiene la tradicionalidad del proceso, pero brinda una mayor efectividad y evita demoras prolongadas.

En ocasiones es difícil dejar las costumbres y replantear las ideas con las que se ha manejado un proceso que genera un ingreso económico, sin embargo, el adaptarse al cambio y a las nuevas ideas que tienen un margen alto de funcionabilidad son una de las formas más viables de mantenerse en el competitivo mercado actual.

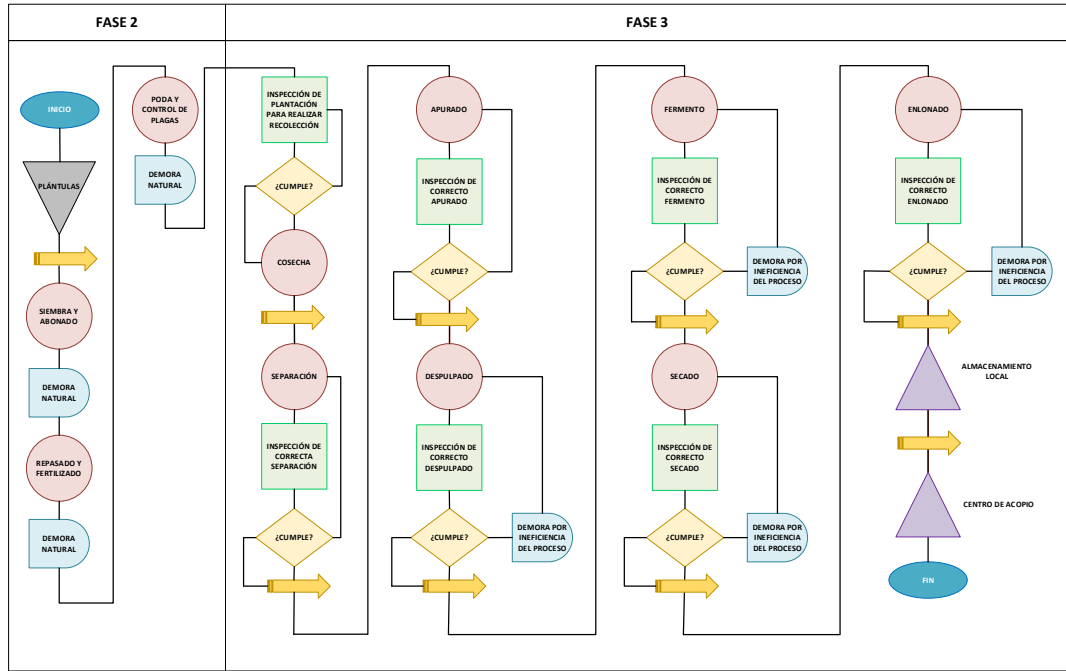
9.1.2 DIAGRAMACIÓN

Gráfico 56. Diagrama de procesos de escenario de optimización 1.



Fuente: Autores.

Gráfico 57. Diagrama de flujo de escenario de optimización 1.



Fuente: Autores.

Tabla 40. Cantidad de actividades diagrama de flujo, escenario 1 de optimización.

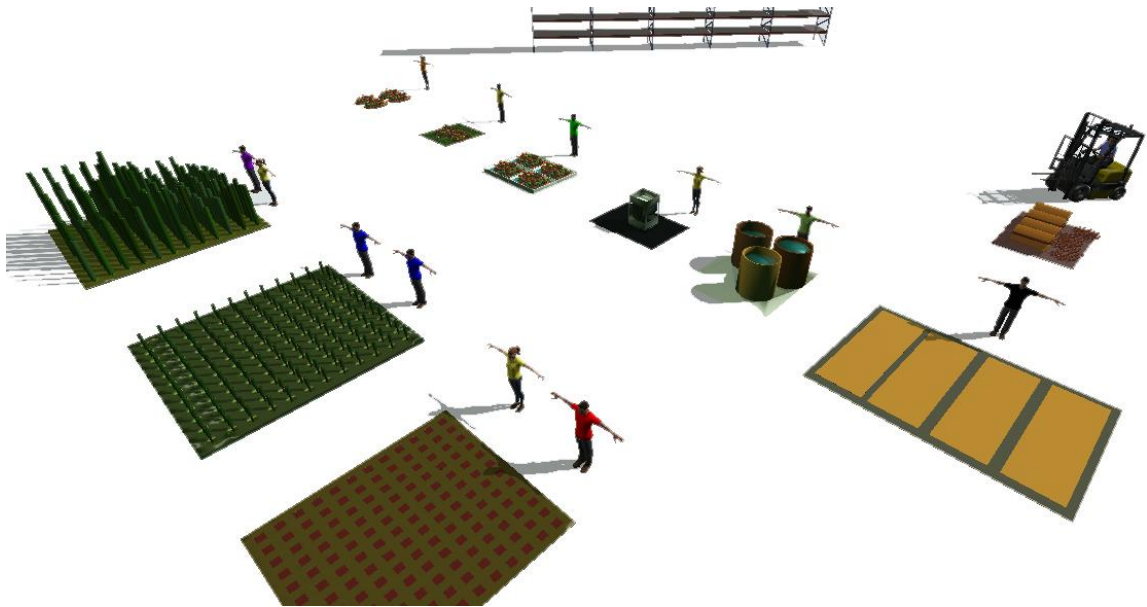
N°	Descripción	Operación	Transporte	Inspección	Espera	Almacenaje	Decisión
1	Siembra y abonado	■	■		■		
2	Repasado y fertilizado	■		■	■		
3	Poda y control de plagas	■			■		
4	Recolección	■	■	■			■
5	Separación	■	■	■			■
6	Apurado	■	■	■			■
7	Despulpado	■	■	■	■		■
8	Fermento	■	■	■	■		■
9	Secado	■	■	■	■		■
10	Enlonado	■	■	■	■	■	■
11	Acopio		■			■	
TOTAL		10	9	8	10	2	7

Fuente: Autores.

9.1.3 SIMULACIÓN DE OPTIMIZACIÓN (ESCENARIO 1)

9.1.3.1 MODELADO GENERAL DEL SISTEMA

Gráfico 58. Vista general de modelo de optimización, escenario 1.



Fuente: Flexsim.

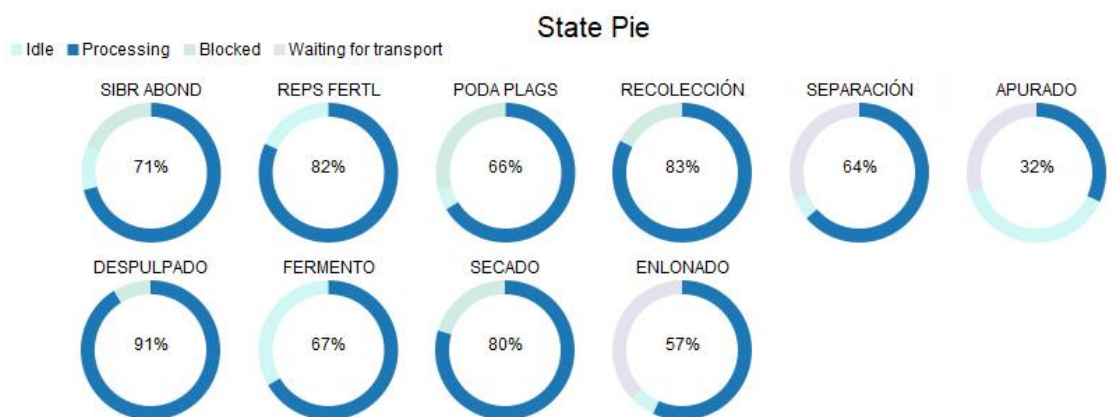
En la modelación de este escenario se trabajó sobre el modelo realidad, pero en este se combinaron los procesos de siembra y abonado, repasado y fertilizado y poda con control de plagas, así mismo se le brindó más porcentaje de efectividad al proceso de despulpado. Así mismo se asumió que debido a la optimización las demoras por reprocesos serían menores buscando tener un output mayor y la maximización la entrada de café al centro de acopio.

9.1.3.2 RESULTADOS DE PROCESOS OPTIMIZADOS

Como se observa en el gráfico 59. el informe presenta un resultado porcentual individual por cada proceso involucrado en la transformación del café. Los procesos nuevos al ser combinados presentan un rendimiento algo que demuestra mayor

efectividad en su ejecución y una mejor productividad en su desarrollo, como se mencionó antes al despulpado presentaba problemas de reprocesos y ocasionaba que el proceso siguiente tuviera que esperar el cuello de botella, por lo que en este resultado de la simulación encontramos que al hacer más efectivo este proceso, el fermento entra a manejar una capacidad de proceso mayor.

Gráfico 59. Balance porcentual de los procesos simulados, Escenario de optimización 1.

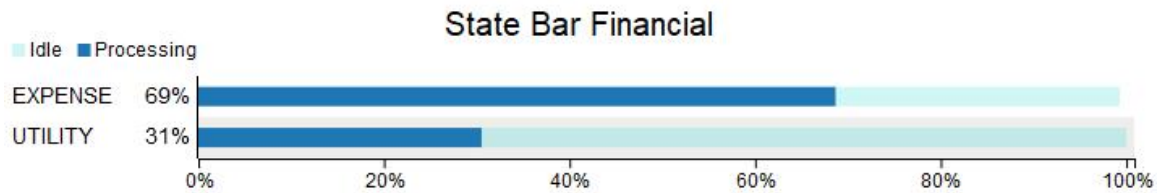


Fuente: Reporte generado por Flexsim.

9.1.3.3 RESULTADOS ECONÓMICOS

El gráfico 60. nos muestra que un día promedio aplicada la optimización sugerida hay una variación del 2% con el modelo de simulación de la realidad, los gastos e inversiones llegan a un 69%, es decir una minimización de este factor, así mismo la inversión total diaria presenta una maximización aproximada del 31% de rentabilidad para el caficultor. Como se especificó en el Anexo I. para el 2020 se tenía una aproximación exponencial de inversión de \$2'891.374, que trasladado a los resultados de la optimización nos enseña que por día de trabajo del café es de \$ 8.031, de los cuales se invierten \$ 5.541 y \$ 2.489 son utilidad para el cafetero.

Gráfico 60. Reporte financiero, escenario de optimización 1.



Fuente: Reporte generado por Flexsim.

Tabla 41. Inversión y tiempo de recuperación.

	0	1	2	3	4	5
FF	-\$ 1.200.000	\$ 300.000	\$ 300.000	\$ 300.000	\$ 300.000	\$ 300.000
Saldo Actualizado	-\$ 1.200.000	\$ 288.517	\$ 277.474	\$ 266.853	\$ 256.639	\$ 246.815
Saldo Actualizado Acumulado	-\$ 1.200.000	-\$ 911.483	-\$ 634.009	-\$ 367.157	-\$ 110.518	\$ 136.297
TASA		3,98%				
VNA		\$ 1.336.297,41				
VAN		\$ 136.297				
TIR		7,93%				
PR		4,45				

Fuente: Excel.

En la Tabla 41. podemos observar el análisis de inversión y tiempo de recuperación al adquirir la despulpadora “Penagos DH2”. Para esto consideramos que nuestro caficultor opto realizar una inversión anual de \$300.000 por 5 años para lograr saldar el pago total de la máquina, la tasa de interés hipotéticamente será la misma como si hubiera sacado este dinero prestado de una entidad bancaria. Considerando las inversiones anuales y el plazo de pago establecido podemos encontrar que el

pequeño productor al realizar una inversión de \$1.200.000, podrá recuperar su dinero en un plazo de 4,45 años, lo que quiere decir que está por debajo del tiempo límite estipulado para saldar totalmente el valor; el tecnificar no solo como lo muestra el gráfico 60. Aumento sus porcentajes ganancias, sino que la tasa porcentual de rendimiento del dinero que se usó para esto adquirió mayor porcentaje, logrando maximizar más el ingreso de efectivo.

9.2 ESCENARIO (2): MODELO DE OPTIMIZACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DEL GRANO AUTOMATIZADO APLICADO A LOS PEQUEÑOS PRODUCTORES DE NODO DE LENGUPÁ.

En el desarrollo de este segundo escenario se mejoran las condiciones físicas de la fase 3 “Cosecha” comparado con la simulación real del entorno, en cuanto a la disponibilidad de máquinas aptas para los procesos y la reducción del trabajo manual de los pequeños caficultores del nodo de Lengupá.

9.2.1 OPTIMIZACIÓN SUGERIDA

En esta optimización se continuará con las mejoras hechas en el “escenario 1. Optimización de la producción del grano convencional”. En la fase 2 “plantación” donde se realizó una unificación de procesos que podían llegar a mejorar un poco el rendimiento de la siembra, es decir quedando 3 procesos definitivos para esa etapa, Siembra - Abonado, Repasado - Fertilizado y Poda – Control de plagas.

En la fase 3 “Cosecha” se mantiene el funcionamiento de los procesos (Recolección, Separación, Apurado, Fermento y Enlonado) de forma manual, estableciendo que se tiene al personal capacitado y el margen de fallas será del 4%, donde las demoras y esperas serán minúsculas.

En cuanto a los procesos de despulpado y secado que son vitales en la cadena de valor del café se optó por automatizarlas, ya que los mismos por su forma tradicional de realizarlos presentaban fallas en cuanto a demoras, reprocesos y una baja efectividad. La maquinaria que se sugiere es ajustada a los reducidos espacios de muchas de las fincas. Igualmente, los parámetros de selección de los equipos se basaron en su disponibilidad en el país y así mismo en la producción cafetera departamental, en este caso de Moniquirá, Boyacá; donde se tiene una producción automatizada de café que actualmente presenta márgenes de rentabilidad muy altos y una reducción considerable en pérdidas debidas a procesos tradicionales, como fue mencionado por un caficultor allegado de esta zona.

DESPULPADO: Dado que se identificó que este proceso es realizado manualmente o con máquinas de baja efectividad en su mayoría manuales, los cuellos de botellas generados por el reproceso de las cerezas hasta conseguir que su separación óptima del grano involucran pérdidas económicas por el daño mismo a la materia prima y el tiempo perdido en esto. Se decide optimizar el proceso mediante la instalación y adecuación de una máquina despulpadora que garantice un 99% de efectividad y sobre todo que reduzca el tiempo de este proceso aproximadamente un 50%. Por consiguiente, se recomienda invertir en la siguiente máquina:

Una Despulpadora marca JAVAR, una máquina idónea en la separación de la cereza de café del grano, elaborada en acero inoxidable AISI 304, con una capacidad de despulpado de 300 kilos por hora; Su motor de 1.5 hp, 2 fases. Cuenta con un sistema de aspas que hace que el desecho salga totalmente seco (libre de pulpa), asegurando una disminución en las mermas y en los tiempos de producción.

Debido a los espacios tan reducidos de algunas fincas para la adecuación de maquinaria, se optó por un equipo de longitudes mínimas pero con una gran capacidad de producción.

Tabla 42. Ficha técnica Despulpadora JAVAR DF300.

DESPULPADORA JAVAR DF300	
 <p>Tomado de: Catálogo de productos JAVAR.</p>	Peso: 67 kg
	Dimensiones: 90 x 60 x 117 cm
	Capacidad: 300 Kg/Hora
	Costo: \$ 3.900.000
	Eficiencia de trabajo: 99%
	Garantía: 3 años.

Fuente: Catálogo de productos JAVAR.

SECADO: El secado de café identificado en los procesos de producción de los pequeños caficultores de Lengupá, se basa sencillamente en tender lonas sobre alguna superficie plana y poner el café allí por horas hasta que la luz solar seque los granos por completo, es bastante tradicional este método y conlleva una supervisión constante de los granos, actualmente se cuentan con máquinas secadoras de café, las cuales realizan un secado total de una gran cantidad de café en pocas horas y sin la necesidad de una supervisión constante. Los grandes productores de café de Zetaquirá cuentan con máquinas secadoras industriales que brindan un rendimiento alto de secado y reducción de tiempo y mano de obra en cuanto a hacerlo manualmente apoyados solo de la luz solar.

Tabla 43. Ficha Técnica Secadora de café SC – 5.

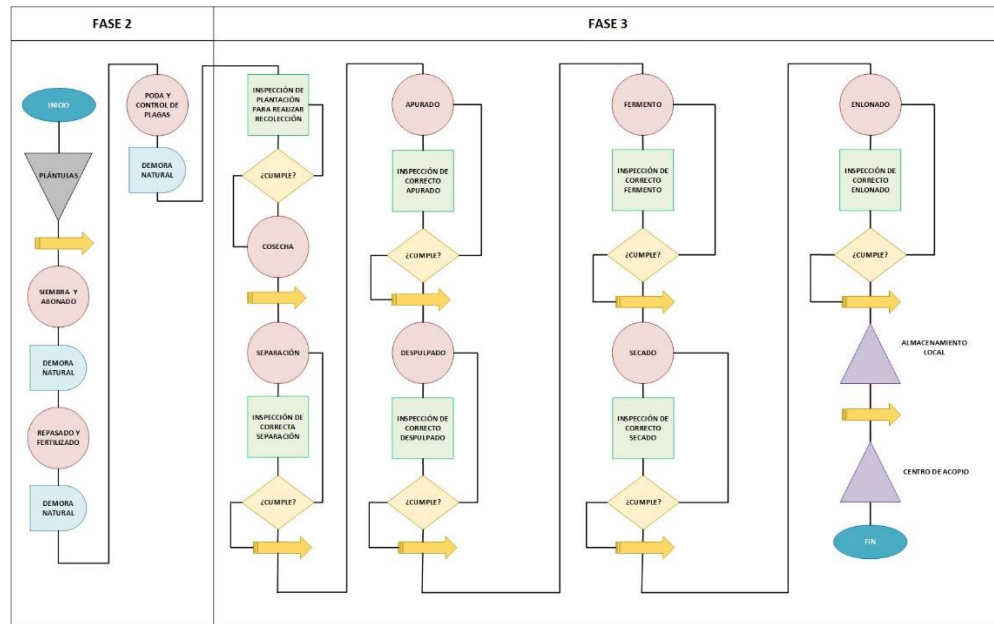
SECADORA TIPO SILO PARA CAFÉ SC – 5	
	Peso: 52 kg
	Dimensiones: 105 x 80 x 165 cm
	Capacidad: 62.5 Kg de Café
	Costo: \$ 3.250.000
	Modo de trabajo: Gas
	Garantía: 2 años.
Tomado de: Catálogo de productos PGPENAGOS.	

Fuente: Catálogo de productos PGPENAGOS.

“La automatización genera bastante ahorro, en la medida en que permite la eliminación de errores, reducción del tiempo para efectuar una determinada tarea y reduce la necesidad de un elevado número de colaboradores para desempeñar la misma función. Una automatización correcta permite identificar fácilmente puntos de ineficiencia y retrasos, pudiendo ser corregidos de inmediato” (It peers, 2019).

9.2.2 DIAGRAMACIÓN

Grafico 61. Diagrama de flujo de escenario de optimización 2.



Fuente: Autores.

Tabla 44. Cantidad de actividades diagrama de flujo, escenario 2 de optimización.

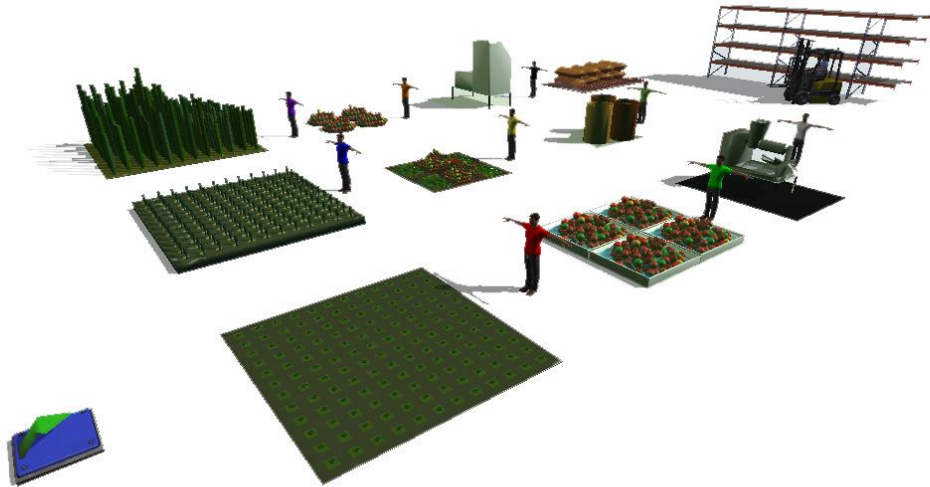
N°	Descripción	Operación	Transporte	Inspección	Espera	Almacenaje	Decisión
1	Siembra y Abonado	■	■		■		
2	Repasado y Fertilizado	■		■	■		
3	Poda y Control de plagas	■			■		
4	Recolección	■	■				■
5	Separación	■	■	■			■
6	Apurado	■	■	■			■
7	Despulpado	■	■	■			■
8	Fermento	■	■	■			■
9	Secado	■	■	■			■
10	Enlonado	■	■	■		■	■
11	Acopio		■			■	
TOTAL		10	9	7	3	2	7

Fuente: Autores.

9.2.3 SIMULACIÓN DE OPTIMIZACIÓN (ESCENARIO 2)

9.2.3.1 MODELADO GENERAL DEL SISTEMA

Gráfico 62. Vista general de modelo de optimización, escenario 2.



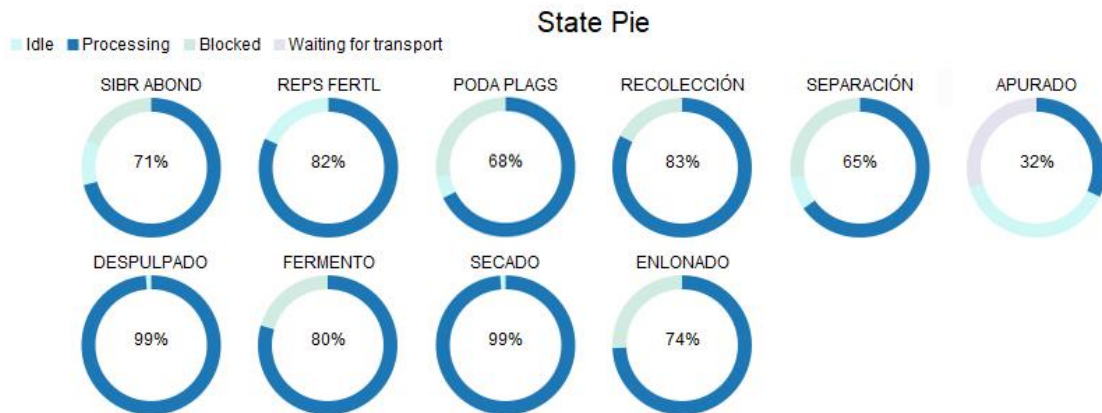
Fuente: Flexsim.

En la modelación de este segundo escenario se trabajó sobre el modelo del primer sistema de optimización, donde se presentó una unión de los procesos de siembra y abonado, repasado y fertilizado y poda con control de plagas, así mismo se le brindo más porcentaje a los procesos de la fase 3, pues se asume que el personal se capacito y las ineficiencias dentro de los mismos serán bajas. Igualmente, en los procesos de despulpado y secado se automatizo con maquinaria certificada por caficultores la cual puede llegar a generar un rendimiento del 99%, y puede llevarnos a subir los índices de producción.

9.2.3.2 RESULTADOS DE PROCESOS OPTIMIZADOS

Como se observa en el gráfico 63. el informe nuevamente nos presenta un resultado porcentual individual por cada proceso involucrado en la transformación del café. Los procesos que se unieron en el escenario 1 presentan un buen rendimiento algo que demuestra mayor efectividad en su ejecución y una mejor productividad en su desarrollo, como se mencionó para este segundo escenario de optimización se incluyen 2 máquinas las cuales tienen la capacidad de procesar los granos en cantidades de tiempo menores, y con pérdidas casi nulas, lo que se refleja al ver que los procesos automatizados tienen un procesado o rendimiento del 99% y los procesos siguientes una mayor efectividad de los mismos comparado tanto con el escenario de optimización 1, como con el modelo realidad.

Gráfico 63. Balance porcentual de los procesos simulados, Escenario de optimización 2.



Fuente: Reporte generado por Flexsim.

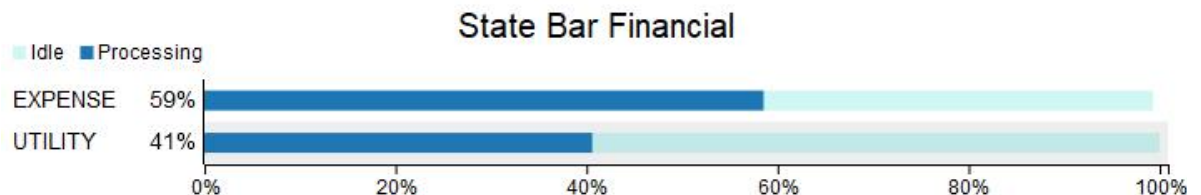
9.2.3.3 RESULTADOS ECONÓMICOS

El gráfico 64. nos muestra que un día promedio aplicada la optimización del modelo mediante una automatización hay una variación del 9% con el modelo de simulación de la realidad.

Es necesario aclarar que se asume que las maquinas fueron compradas de contado con ahorros o ingresos de pasadas cosechas y no se tiene una deuda por esas compras.

Es así como tenemos que gastos e inversiones llegan a un 59%, es decir una minimización de este factor y la inversión total diaria presenta una maximización, aproximadamente un 41% de rentabilidad para el caficultor. Como se especificó en el Anexo I. para el 2020 se tenía una aproximación exponencial de inversión de \$2'891.374, que trasladado a los resultados de la optimización nos enseña que por día de trabajo del café es de \$ 8.031 de los cuales se invierten \$ 4.738 y \$ 3.293 son utilidad para el cafetero.

Gráfico 64. Reporte financiero, escenario de optimización 2.



Fuente: Reporte generado por Flexsim.

Dado que el caficultor realiza una inversión se opta por hacer un análisis de la inversión y del tiempo de recuperación de la misma con el fin de determinar el tiempo real que la deuda podría estar enlazada con las utilidades generadas por las cosechas, y con las que se asume se harán los pagos a la deuda si esta fuera realizada por cuotas anuales.

Tabla 45. Inversión y tiempo de recuperación.

	0	1	2	3	4	5	6	7
FF	-\$ 7.200.000	\$ 1.300.000	\$ 1.300.000	\$ 1.300.000	\$ 1.300.000	\$ 1.300.000	\$ 1.300.000	\$ 1.300.000
Saldo Actualizado	-\$ 7.200.000	\$ 1.226.647	\$ 1.157.432	\$ 1.092.123	\$ 1.030.499	\$ 972.353	\$ 917.487	\$ 865.717
Saldo Actualizado Acumulado	-\$ 7.200.000	-\$ 5.973.353	-\$ 4.815.921	-\$ 3.723.798	-\$ 2.693.299	-\$ 1.720.946	-\$ 803.459	\$ 62.258
TASA		5,98%						
VNA		\$ 7.262.257,52						
VAN		\$ 62.258						
TIR		6,22%						
PR		6,93						

Fuente: Excel

En la Tabla 45. podemos observar el análisis de inversión y tiempo de recuperación al adquirir la despulpadora y la secadora industrial Para esto consideramos que nuestro caficultor opto realizar una inversión anual de \$1'300.000 del producido por 7 años con el fin de tener un margen propio de utilidad para sus gastos diarios y esto con el fin de tener un plazo mayor para saldar el pago total de la máquina, la tasa de interés hipotéticamente será la misma como si hubiera sacado este dinero prestado de una entidad bancaria adscrito como un mediano productor, debido a la tecnificación que va a implementar. Considerando las inversiones anuales y el plazo de pago establecido podemos encontrar que el pequeño productor al realizar una inversión de \$7.200.000, podrá recuperar su dinero en un plazo de 6,93 años, lo que quiere decir que está justo en el tiempo límite estipulado para saldar totalmente el valor; el tecnificar no solo como lo muestra el gráfico 64. Aumenta sus utilidades, sino que el poseer maquinaria con estas capacidades representa la posibilidad a mediano plazo de buscar realizar mayores siembras y por ende pasar a ser un mediano productor lo que fomentaría el crecimiento económico y la estabilidad de producción cafetera.

9.3 ESCENARIO (3): MODELO DE OPTIMIZACIÓN DE LA PRODUCCIÓN Y TRATAMIENTO POSTCOSECHA DEL GRANO AUTOMATIZADO APLICADO A LOS PEQUEÑOS PRODUCTORES DE NODO DE LENGUPÁ

Para el desarrollo de este tercer escenario mantendremos las condiciones de simulación del segundo escenario, así como sus resultados, e integraremos la fase 4, denominada “Post Cosecha” la cual no hace parte de las actividades productivas vinculadas al nodo de producción de los pequeños caficultores de Lengupá, pero representaría vincular el proceso total, desde la siembra hasta la exportación del grano.

9.3.1 OPTIMIZACIÓN SUGERIDA

Esta optimización la podemos considerar como un proyecto a mediano o largo plazo, pero brindará al pequeño caficultor una forma no solo de seguir cultivando su producto sino de generar empresa, podemos tomarlo como la fusión mejorada del segundo escenario propuesto de optimización y una automatización en la fase 4, el tratamiento de los granos post cosecha.

Lo podríamos manejar como un proyecto ambicioso pero que luego de estudiar el campo de acción podría ser muy beneficioso. No obstante, es un reto para los caficultores que decidieran aplicarlo pero que proyectaría más sus cultivos, cosechas y procesos de producción.

FASE 2, PLANTACIÓN: Reconociendo que las siembras de grano allí son tradicionales y guiadas por costumbres, manejaríamos la implementación de capacitaciones guiadas por un ente nacional (Cenicafé), el cual pueda poner a tono a los caficultores en las nuevas tecnologías y formas de cosecha, sin embargo, se usaría la implicación de procesos ya formulada, donde procesos con tiempo de ejecución muy cortos pueden realizarse al tiempo, Siembra y segundo abonado,

Repasado y fertilizado y la poda con su previo deshilado vinculada con el control de plagas. Esto representaría la reducción de costos de mano de obra y tendrá como fin tener el terreno y las plántulas preparadas para cualquier cambio climático o enfermedad. Dado que se reconoce que muchas de las personas que se dedican a los cultivos de producción de alimentos son familias enteras, la puesta en marcha de estos cambios generará que puedan ser aplicados a otros plantíos y puedan llegar a generar cultivos más rentables. Esta primera optimización tendrá como base el respeto a sus formas de trabajo y vinculará el seguir con parte de la tradicionalidad cafetera.

FASE 3, COSECHA: La automatización y tecnificación de procesos es una tendencia que en los últimos 20 años ha llevado a compañías a tener mejor eficiencia en sus procesos (García, 2019), por ello se opta por hacer una inversión en máquinas industriales que permitan procesar tonelajes grandes de café en tiempo bastante cortos, como aplicamos esto a pequeños productores se invitaría a la búsqueda de una asociación entre fincas y en apoyo con la gobernación de Boyacá, donde todos puedan tener un acceso programado a trabajar su café en máquinas certificadas y avaladas por los grandes caficultores colombianos.

Debido a los volúmenes de café producidos por esta región y la calidad de los mismos, no es complejo establecer metas de producción de café que busquen elevar los porcentajes totales regionales y departamentales. Un valle cafetero con gran potencial respecto a sus cafetos y sus semillas injertadas podría con ayuda de tecnificación lograr generar marca propia y llegar a mercados y países con altas tasas de consumo de café.

A continuación, se presentan las máquinas sugeridas para la automatización en los diferentes procesos a tecnificar.

PROCESO DE SEPARACIÓN

Tabla 46. Ficha técnica de despedregadora para café.

DESPEDREGADORA IMSA NA – 3			
		<p>Es usada para separar piedras y otros objetos ajenos al café, manejo simple, consumo mínimo de energía, control de distribución de fluido de aire, mínimo ruido.</p>	
Marca	IMSA	Productividad	3000 kg/Hora
Modelo	NA – 3	Vida Útil	10 años
Potencia	7 HP	Garantía	2 años

Fuente: Productos Imsa.

PROCESO DE APURADO Y DESPULPADO

Tabla 47. Ficha técnica Módulo de despulpado para café.

MÓDULO DE DESPÚLPADO HÚMEDO			
		<p>Usada para despulpar y lavar cerezas de café, con la funcionalidad de tener un elevador de separación el cual clasifica en compartimentos diferentes, el café despulpado, los desechos de la cereza y desechos secundarios del proceso.</p>	
Marca	PINHALENSE	Productividad	2500 kg/Hora
Modelo	ECOFLEX - 2	Vida Útil	12 años
Potencia	13.5 HP	Garantía	2 años

Fuente: Productos Pinhalense.

PROCESO DE SECADO

Tabla 48. Ficha técnica secadora rotativa para café.

SECADORA ROTATIVA PARA CAFÉ SG 1			
		<p>Esta secadora cuenta con una distribución uniforme del aire en el tambor de secado mejorando la calidad del grano al homogenizar la humedad, y permitiendo resultados de calidad.</p>	
Marca	PENAGOS	Productividad	3600 kg
Modelo	SG 1	Vida Útil	10 años
Potencia	1.5 HP	Garantía	3 años

Fuente: Catálogo de productos PENAGOS.

FASE 4, POST COSECHA: Los procesos de post cosecha son realizados por un grupo selecto de caficultores de la provincia de Lengupá, estos presentan en sus fincas maquinas certificadas para el tratamiento del grano y con la oportunidad misma de manejar una marca propia o tener una venta constante de su producto en los distintos mercados.

El vincular a los pequeños caficultores a este último proceso brindaría una apertura a un campo no explorado para ellos que representaría la oportunidad integral de crecer, como fue mencionado antes, este punto de optimización busca generar alianzas entre fincas de pequeños productores que busquen la adquisición de maquinaria que les permita crecer como caficultores y crecer económicamente, la tecnificación vendrá de asociaciones con la Gobernación de Boyacá o en caso particular de recursos propios.

A continuación, se presentan maquinas sugeridas para los procesos de post cosecha, avaladas y certificadas por los grandes caficultores.

PROCESO DE CLASIFICACIÓN

Tabla 49. Ficha Técnica clasificadora para café.

CLASIFICADORA PORTO PI- 2X			
		<p>Esta clasificadora cuenta con 7 cribas de proceso, permitiendo obtener una selección automática de granos en 4 tamaños.</p>	
Marca	PINHALENSE	Productividad	2800 kg/ hora
Modelo	PORTO PI-2X	Vida Útil	10 años
Potencia	2 HP	Garantía	2 años

Fuente: Productos Pinhalense.

PROCESO DE TRILLADO


Tabla 50. Ficha técnica Trilladora de Café.

TRILLADORA CR-2000			
		<p>Facilita y hace el trabajo más eficiente, pues una vez calibrado el paso de café al compartimento de trilla y la compuerta de expulsión no requerirá intervención constante de operarios; perfecta para una mediana inversión de gran rentabilidad.</p>	
Marca	MAGRA	Productividad	150 kg/ hora
Modelo	CR - 2000	Vida Útil	15 años
Potencia	1.5 HP	Garantía	1 año

Fuente: Catálogo de productos Magra.

PROCESO DE TOSTADO


Tabla 51. Ficha Técnica Tostadora para café.

TOSTADORA T1T-0A0			
		<p>Mantiene un tostado de forma natural una muy amplia gama de cafés y siempre con la máxima precisión y calidad, ya que incorporan los últimos avances tecnológicos.</p>	
Marca	INOXTRON	Productividad	1500 kg/ hora
Modelo	T1T – 0A0	Vida Útil	10 años
Potencia	1.5 HP	Garantía	5 años

Fuente: Productos Inoxtron.

PROCESO DE MOLIDO


Tabla 52. Ficha técnica Molino para café.

MOLINO INDUSTRIAL DE CAFÉ MRI - 1000			
		<p>Es un molino de disco con un selector manual, fácil de operar para el cambio rápido de la granulometría del café y motor de velocidades ajustable para cada sección de molienda de alto coeficiente de precisión.</p>	
Marca	INNOENVAS	Productividad	1000 kg/ hora
Modelo	MRI - 1000	Vida Útil	10 años
Potencia	1.5 HP	Garantía	2 años

Fuente: Productos Innoenvas.

PROCESO DE ENVASADO

Tabla 53. Ficha técnica Unidad de envasado de café.

UNIDAD DE ENVASADO DE CAFÉ ENFA K 300			
		Máquina que envasa café en grano y café molido, tiene una tolva para la carga de producto y un sistema de sellado hermético; construido en acero inoxidable.	
Marca	ENFA	Productividad	30 bolsas/ hora
Modelo	K 300	Vida Útil	10 años
Potencia	1.3 KW	Garantía	1 años

Fuente: Productos Enfa.

9.3.2 RESULTADOS ECONÓMICOS, ESCENARIO DE OPTIMIZACIÓN 3.

Los resultados económicos de la implementación de esta optimización pueden ser variables desde el punto de vista del cultivador que no crea en implementar tecnologías hasta el pequeño productor que decida entrar en un mercado de café más participativo y competitivo.

Un ejemplo real de la rentabilidad de esta optimización, es de la región vecina Boyacense de la Provincia de Ricaurte, donde hace poco menos de 10 años los caficultores de esta zona se asociaron para buscar crear una marca de café sembrada, producida y tratada por ellos. Actualmente los municipios de Santana, Moniquirá y Toguí manejan un mercado colectivo respecto a la venta de su café como marca logrando que la calidad y las mismas utilidades sean comparables a un café tradicional del Quindío o Huila. Con el paso de los años esto fue un aval para que algunas fincas fomentaran microempresas y lograran una sostenibilidad económica más estable.

Tabla 54. Inversión y tiempo de recuperación.

	0	1	2	3	4	
FF	-\$ 90.000.000	\$ 15.000.000	\$ 15.000.000	\$ 15.000.000	\$ 15.000.000	
Saldo Actualizado	-\$ 90.000.000	\$ 14.021.312	\$ 13.106.480	\$ 12.251.337	\$ 11.451.988	
Saldo Actualizado Acumulado	-\$ 90.000.000	-\$ 75.978.688	-\$ 62.872.208	-\$ 50.620.871	-\$ 39.168.883	
	5	6	7	8	9	10
	\$ 15.000.000	\$ 15.000.000	\$ 15.000.000	\$ 15.000.000	\$ 15.000.000	\$ 15.000.000
	\$ 10.704.793	\$ 10.006.350	\$ 9.353.477	\$ 8.743.202	\$ 8.172.744	\$ 7.639.507
	-\$ 28.464.089	-\$ 18.457.739	-\$ 9.104.262	-\$ 361.060	\$ 7.811.685	\$ 15.451.192
	TASA		6,98%			
	VNA		\$ 105.451.191,56			
	VAN		\$ 15.451.192			
	TIR		10,56%			
	PR		7,98			

Fuente: Excel.

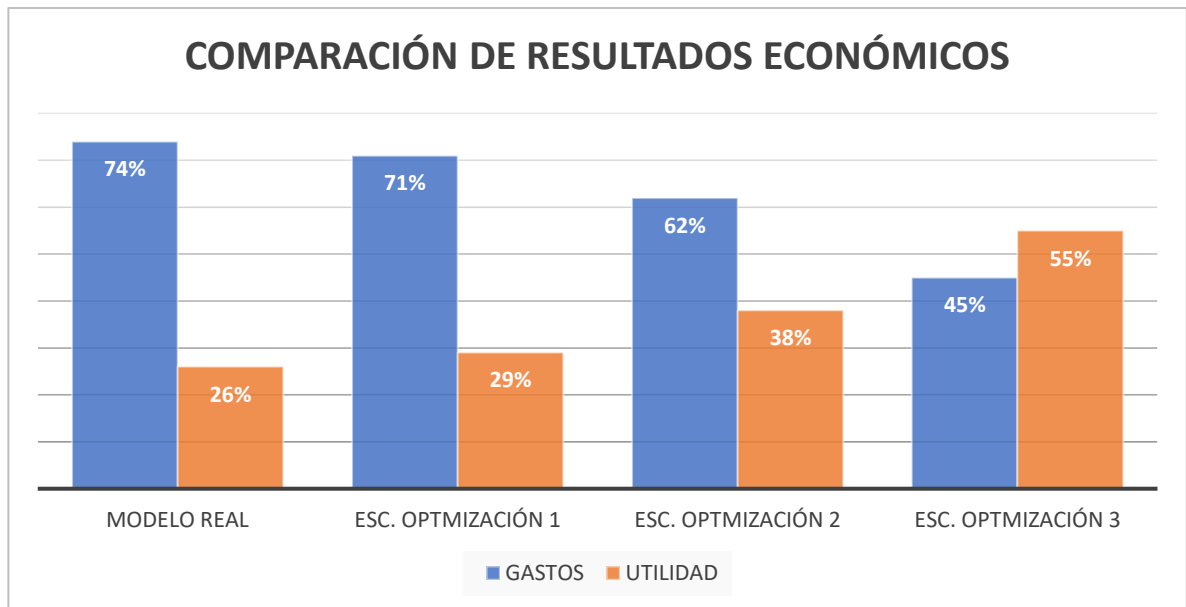
En la Tabla 54. podemos observar el análisis de inversión y tiempo de recuperación de los caficultores al acceder a tecnificar todo el proceso incluyendo la postcosecha. Es necesario resaltar que este proyecto requiere de una inversión de capital bastante grande, por lo que se asume hipotéticamente que el comité de cafeteros regional con la Gobernación de Boyacá decide apoyar financieramente la iniciativa y se llega a un acuerdo donde los entes administrativos tendrán la inversión del 40% del total del proyecto y los caficultores el 60% restante.

Al adquirir la maquinaria para los procesos de cosecha y postcosecha se busca fomentar la asociación entre caficultores y por ende la generación de empresa, debido a que nuestro proyecto requiere una cantidad de inversión aproximada de \$150.000.000 y ya contamos con \$60.000.000 otorgados por los entes gubernamentales y administrativos, buscaremos que 10 caficultores abarquen los \$ 90.000.000 faltantes con una inversión anual por finca de \$1.500.000, sin embargo dado que se asume que esta inversión tendrá un financiamiento de la mano con una entidad bancaria que apoye el crecimiento agropecuario se tendrá en cuenta la tasa actual de intereses de préstamos a agricultores que desean hacer inversión en crecimiento tecnológico y mejoras de producción, para este caso es 6.98% anual fija con un plazo de años de pago.

Una vez realizamos los cálculos pertinentes encontramos que estaríamos completando la inversión antes del tiempo previsto, es decir en 7.98 periodos de pago, no obstante, al noveno periodo ya tendríamos ingreso de ganancia y dinero que podría ser reinvertido en gastos adyacentes al proceso como lo son el marketing, el adecuamiento de fincas para mejoras de métodos de trabajo, etc.

Los resultados económicos de los escenarios de optimización propuestos con el escenario real son notablemente mejores debido a que en estos se impulsa al productor de café a innovar en métodos de proceso mediante tecnificación de mediana y alta gama, donde por medio de inversiones podrá generar más producto y así mismo disminuir los desequilibrios de tiempo originados por obsolescencia de trabajo en formas rústicas. Como ya se mencionó no solo se buscó mejorar los procesos sino incentivar en este tercer escenario a la creación de empresa que garantice al caficultor estar a la altura de otros productores con mayor capacidad de siembra y cosecha y con el incentivo de generar procesos de envasado, distribución y exportación de un producto propio tanto a nivel nacional como a nivel internacional. Sin embargo, los primeros escenarios de optimización también cumplen con la meta en común de la mejora continua y el direccionamiento de un grupo de fincas o caficultores a un mejor mercado con una estabilidad óptima.

Gráfico 65. Comparación de resultados económicos de modelos de optimización.



Fuente: Autores.

Al realizar una comparación de los escenarios de mejora con el escenario real notamos que la más simple inversión en una maquina poco costosa y el combinar procesos similares en la cosecha, el pequeño cafetero podrá notar al final de su ciclo de cosecha e inversión una suma un poco mayor de utilidad. En una segunda instancia se decide invertir ya no en una máquina sencilla sino en dos máquinas industriales de un costo promedio apto para un pequeño productor además de mantener la combinación de procesos de siembra, estas no solo mejoran el rendimiento y efectividad de los procesos sino que evitan reprocesos, perdidas y suman una utilidad al inversionista ; Finalmente el cafetero toma la decisión de asociarse con otras fincas para llevar a un siguiente nivel su producción cafetera mediante una inversión a largo plazo, lo que resulta en que las ganancias serán mayores que los mismos gastos e inversiones que se están realizando sobre el plantío. Aunque actualmente hay una utilidad y existe un mercado debido a esta forma de mercado con un producto autóctono de una zona, la eficiencia y la eficacia

actual no son las adecuadas para obtener un equilibrio entre los que se está generando y lo que está costando generarlo.

El lograr que esta estrategia de tecnificación sea accesible a los pequeños caficultores abre las puertas a que estos decidan ajustarse a sistemas más controlados de inventarios, a procesos más estandarizados, a regular gastos e invertir en tecnología que fomente el crecimiento del agro local. Actualmente Las proyecciones locales muestran que este sector será el próximo eje cafetero Boyacense, y actualmente sus alcances en cuanto a mercados internacionales podrían influenciar a que se mejore en cada factor inmersos en sus sistemas de producción como los sugeridos en esta investigación y la forma como operan los mismos caficultores entre ellos.

Gráfico 66. Café variedad Lengupá producido en Miraflores, en las calles de Francia.



Fuente: Café Santamaría de los Ocobos.

10. CONCLUSIONES

La optimización de procesos es indispensable para cualquier sistema de mercado, dado que actualmente se cuentan con herramientas tecnológicas capaces de guiar la toma de decisiones, no se debería dejar pasar esta oportunidad de buscar la mejora continua y la óptima satisfacción del cliente. Las simulaciones son una de las directrices más puntuales en cuanto a la generación de campos de acción de búsquedas de rentabilidad, mejora de sistemas productivos, identificación de cuellos de botella, entre otros. Juntar la optimización y los sistemas de simulación para direccionar una mejora es la forma más efectiva de ver en tiempo real el cambio que esta podría representar o las repercusiones que podría traer.

Conocer el alcance de nuestros propios recursos es indispensable cuando hacemos parte de un sistema de producción de un producto, bien o servicio, ya que debido a esto tendremos una visión clara de lo que estamos realizando y hasta donde podemos llegar, así mismo mantendremos una objetividad direccionada por la mejora continua y a los cambios del mercado que nos exigen buscar maneras que reinventarnos día a día.

El primer escenario de optimización nos enseña como mediante la adecuación de un instrumento mecánico podemos llegar a generar una mejora sutil sin la necesidad de tener que cambiar todo el proceso de cosecha. Esto en forma conjunta a una mejora de la simplificación de procesos buscando eficiencia en su desarrollo y estableciendo tiempos mayores con mayor capacidad de trabajo en dos secciones conjuntas de desarrollo de las actividades; un paso al camino de la tecnificación de la mano de pequeñas inversiones.

El segundo escenario de optimización referencia como la automatización de los procesos que incurrían en las pérdidas y demoras pueden llegar a convertirse en puntos de efectividad total, además de ser los procesos que reflejan la capacidad

que tiene el cafetero de generar un café de calidad con pérdidas mínimas. La capacitación es primordial a los productores, pues el simplificar procesos de la mano con las mejoras de los cultivos en la siembra, reduce costos innecesarios de mano de obra y demoras por esperas no programadas en la puesta en marcha de alguna tarea.

El tercer escenario de optimización brinda una perspectiva de como un pequeño esfuerzo económico por parte de un grupo de pequeños productores de café los puede conducir no solo a su crecimiento económico, sino a la vinculación al mercado empresarial del café. Dejar las diferencias y dar el paso a la asociación apoyados de entes gubernamentales y administrativos es un punto de redirección a la zona que yo no solo se enfocaría en los grandes productores de café que logran exportar, sino también en pequeños productores que formaron empresa y con el tiempo darán el paso al mercado exterior, siendo impulsiones no solo del grano regional sino del nombre de la provincia, del Departamento y el País.

Definir un modelo de optimización favorable para aplicarlo al campo real, se relaciona directamente con el alcance que quiere tener el pequeño caficultor con su cosecha, las opciones se encuentran desde el simple hecho de juntar procesos de siembra, hasta la inversión e implementación de máquinas efectivas para el desarrollo de algunos procesos en específico. Sin embargo, dadas las condiciones que cada cafetero tenga de ingresos en sus líneas de siembra y cosecha podemos indicar que quienes están comenzando y sus utilidades aún no son grandes, pueden comenzar con la implementación del primer escenario de optimización, los que ya manejan utilidades por encima de los 5 millones podrían optar por un escenario de mejora, y quienes sienten que después de tantos años dedicados a este cultivo quieren dar un paso al nivel de empresa, se enfocarán en el tercer escenario de optimización.

Por más tradicional que sea un proceso de fabricación o producción este siempre debe enfocarse a generar competitividad con las herramientas actuales, reconocer las falencias de trabajar con métodos de antaño puede brindar un punto de partida para practicar y poner en campo de acción estrategias aplicadas a la revolución 3.0 y 4.0. El Benchmarking es una de las formas más sencillas de comprender que así un sector se mueva de la misma forma que el sector estudiado, este pudo crecer fomentando y colocando en práctica ideas que buscan la satisfacción de todo un mercado y no solo de una parte.

El querer crecer como región y como mercado tiene que ser el punto de partida de cambio de todos los que quieren llegar más allá, reconocer que todos tienen las mismas capacidades de trabajo sin importar que su terreno sea de 2 metros o de 10.000 metros generaría una equidad y un principio de cooperación, la desigualdad solo está dejando envidia, rencor y un sin sabor a quienes quieren generar empresa y tienden a ser obstaculizados.

El implementar cambios sencillos pero sutiles en la forma de trabajo reflejó que se puede generar más utilidad sin necesidad de exceder los límites de trabajo normales, además el buen uso de las ganancias en un sector que pide tecnificación no solo hará más rápido los procesos, sino que generará más empleo y la idea de poder crear empresa. La asociación entre cafeteros puede motivar a que entes locales y gubernamentales pongan sus ojos en el sector y hagan inversiones en pro de la masificación de este café en toda Boyacá.

Incentivar a la investigación en terrenos poco explorados genera empatía por continuar con la búsqueda de entornos que requieren de la ingeniería industrial para crecer y darse a conocer, esto debe implementarse desde primeros semestres y ser direccionado por personal docente capacitado para estas tareas, que sean un apoyo y tengan la visión de llevar a la universidad a un nivel de investigación y experimentación más alto.

11. RECOMENDACIONES

Limitarse a estar en zona de confort no genera crecimiento, y mantenerse en la costumbre de producir mediante procesos tradicionales obstaculiza a que se pueda llegar a un mercado más rentable y estable, se recomienda aplicar un replanteo en cuanto a la forma en que se están llevando a cabo la cadena de valor del café por parte de los pequeños productores.

El comité departamental y regional de cafeteros tiene que empezar a buscar estrategias para poder vincular a todos los sectores a un crecimiento conjunto, evitando quedarse en las preferencias y conveniencias sectoriales que están generando disociaciones, y brechas entre un sector que tiene que estar junto para ir un paso más allá y llegar a la meta de ser uno de los ejes cafeteros más importantes del País.

Recomendamos a todos los stakeholders del nodo productivo de los pequeños productores de café del valle de Lengupá aplicar más controles y seguimientos a todos los factores que involucren inversiones económicas y cantidades de producción, pues llevar datos al día permite ejecutar de una forma más efectiva una mejora, un cambio o poner en práctica una estrategia que beneficie al caficultor, al terreno o toda la población del municipio.

Los pequeños caficultores tienen un potencial alto para llegar a ser grandes exportadores directos de café, dejar el pensamiento de conformismo con lo que se hace los puede poner en el camino directo a la automatización y a la búsqueda de nuevas formas de mercado, un claro ejemplo son las pocas micro empresas que dieron un paso al costado y empezaron de cero para lograr hoy en día ser reconocidas como pioneras del café variedad Lengupá en Colombia y el mundo.

Respecto al manejo de softwares de Optimización y Simulación, recomendamos a la universidad incluirlos en el desarrollo de temáticas de materias como Producción I, Producción II, Diseño de planta, Gestión Logística, Procesos Industriales, entre otras. y no solo en Investigación de Operaciones y Modelos matemáticos, puesto que muchos estudiantes no tuvimos la oportunidad de conocer antes estos sistemas de trabajo, comprendimos en el desarrollo de esta investigación que son indispensables para la formación de un Ingeniero Industrial; son pocos los alumnos que deciden indagar más sobre estas herramientas tecnológicas y sacar provecho pedagógico de estas.

Hacer seguimiento a grupos de investigación y a quienes los dirigen podría generar que muchos más alumnos se motiven a investigar e indagar en proyectos que buscan exaltar a la universidad y promueven la formación intelectual y profesional en campos aplicados de acción.

12. BIBLIOGRAFÍA

Acevedo, A. (2015). La importancia de la optimización en la industria. Revista VirtualPro. Segunda Entrega. Recuperado de: <https://www.virtualpro.co/editoriales/20150401-ed.pdf>

Ausenco (2018). Soluciones de simulación para mejorar la eficiencia del sistema, optimizar la inversión y maximizar el valor de los proyectos. Transporte y logística. Recuperado de: <https://www.ausenco.com/es/entrevista-sobre-simulaciones-con-joel-shirriff>

Ballesteros, M. (2013). Álbum fotográfico de Miraflores Boyacá. Recorrido Lengupense. Recuperado de: <http://albumfotograficodemirafloresboyaca.blogspot.com/2013/05/foto.html>

Bernal, E. (2020) Geografía Cultural de Boyacá. Provincia de Lengupá. Blog Cultural. Recuperado de: http://boyacacultural.com/index.php?option=com_content&view=article&id=100&Itemid=97

Boyacá Turismo. (2007). Provincia de Lengupá. 3Dup.net. Recuperado de: <http://www.boyacaturismo.3dup.net/lengupa.html>

Café Arte (2018). ¿Por qué consumir café excelso?. Recuperado de: <https://cafearte.com.co/por-que-consumir-cafe-excelso/>

Café de Colombia (2017). Un producto especial- Post-cosecha. Bogotá, Colombia. Recuperado de: http://www.cafedecolombia.com/particulares/es/sobre_el_cafe/el_cafe/post-cosecha/

Canet, G. Soto, C. Ocampo, T. Rivera, J. Navarro, A. Guatemala, G. & Villanueva, S. (2016). La situación y tendencias de la producción de café en América Latina y el Caribe. In IICA. Recuperado de: <http://www.iica.int/sites/default/files/publications/files/2017/BVE17048805e.pdf>

Cardenas, M., Lisste, R., Peña, A., & Sepúlveda, N. (2011). Modelos de optimización para la minimización de desperdicios industriales: Una aplicación. 4(2), 69–76. Recuperado de: http://revistas.upb.edu.co/index.php/investigacion_esaplicadas/article/view/718

Cenicafé (2019) Avances técnicos en las regiones cafeteras de Cundinamarca y Boyacá. Recuperado de: <https://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/12586/avt.pdf>

Cenicafé. (2018). Beneficio del café. Recuperado de: https://www.cenicafe.org/es/index.php/cultivemos_cafe/beneficio.

Cenicafé (2018). Manual del cafetero colombiano: Investigación y tecnología para la sostenibilidad de la caficultura. Tomo VI. p. 8. Recuperado de: https://www.cenicafe.org/es/index/nuestras_publicaciones/Manual_Cafetero/manualCafetero2

Comité Departamental de cafeteros de Boyacá (2019). Informe de Comités regionales. Recuperado de: <https://federaciondecafeteros.org/static/files/Boyac%C3%A26.pdf>

Congreso Nacional de Cafeteros (2018). Informe Gerente General. Editorial: Federación Nacional de cafeteros de Colombia, Bogotá Colombia. Recuperado de: https://federaciondecafeteros.org/static/files/Periodico_IGG2018.pdf

D Origen Caffee Roasters. (2019). Fermentación anaeróbica del café. Recuperado de: <https://www.dorigencoffee.es/2019/08/01/fermentacion-anaerobica-del-cafe/#:~:text=La%20combinaci%C3%B3n%20de%20levaduras%2C%20bacterias,caf%C3%A9%20poseen%20estas%20dos%20sustancias.>

Da Cunha, J., Nieto, L., Crespo, T. y López, R. (2019). La optimización del proceso de enseñanza-aprendizaje una tarea de la dirección de las universidades. Recuperado de: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1990-86442019000300308

Diario La Economía (2019). Café de Boyacá, lo mejor de un grano majestuoso para sumercé. Recuperado de: <https://diariolaeconomia.com/tomemos-cafe/item/4368-cafe-de-boyaca-lo-mejor-de-un-grano-majestuoso-para-sumerce.html>

Díaz, C. y Cabezas, A. (2017). Especialización En Gerencia De Producción Y Operaciones. Diseño de un sistema de producción y operaciones para la optimización de siembra de rosa, en función de la productividad y necesidades del

mercado. Recuperado de: <https://repository.usergioarboleda.edu.co/bitstream/handle/11232/1119>

El Diario Boyacá (2018). Un nuevo eje cafetero se gesta en Lengupá. Recuperado de: <https://periodicoeldiario.com/se-acerca-la-semana-de-la-reciclacion-tecnologica/>

eLogística (2020). Logística inteligente: Simulación de procesos. <http://web.itainnova.es/elogistica/lineas-de-trabajo/logistica-inteligente/simulacion-de-procesos/>

Federación Nacional de Cafeteros de Colombia (2019). Comportamiento de la industria Cafetera en Colombia 2019. Recuperado de: https://federaciondecafeteros.org/static/files/Informe_Comportamiento_de_la_Industria_cafetera_en_colombia_2019.pdf

Federación Nacional de Cafeteros de Colombia (2018). Conozca las variables que determinan el precio interno del café. Recuperado de: http://www.federaciondecafeteros.org/algrano-es/index.php/comments/conozca_las_variables_que_determinan_el_precio_interno_del_cafe/

Federación Nacional de Cafeteros de Colombia (2018). Descripción del proceso productivo y del beneficio del café, Cap. 6, Edi. 8. Recuperado de: <https://federaciondecafeteros.org/static/files/8Capitulo6.pdf>

Federación Nacional de Cafeteros de Colombia (2020) El café pergamino. Recuperado de: <https://federaciondecafeteros.org/wp/glosario/cafe-pergamino-seco/>

Federación Nacional de cafeteros de Colombia. (2019). Informe de Gestión 2019. Recuperado de: https://federaciondecafeteros.org/app/uploads/2019/10/Informe_Gestion_2018_compressed-1.

Fullana, C. y Urquía, E. (2009). Encuentros multidisciplinares, Los modelos de simulación: Una herramienta multidisciplinar de investigación. Universidad Pontificia de Comillas. Recuperado de: http://www.encuentros-multidisciplinares.org/Revistan%C2%BA32/Carmen_Fullana_Belda_y_Elena_Urqu%C3%ADa_Grande.pdf

inLab FIB Talent & Tech. (2020) Modelización, Simulación y Optimización. Barcelona, España. Recuperado de: <https://inlab.fib.upc.edu/es/modelizacion-simulacion-y-optimizacion>

Gobernación de Boyacá (2018). Nace a partir del Consejo de Turismo en este sector de Boyacá. Recuperado de: <https://www.boyaca.gov.co/lengupa-se-prepara-para-consolidar-iniciativa-region-museo/>

Gobernación de Boyacá (2018). Primera salida técnica cafetera a Caldas. Recuperado de: <https://www.boyaca.gov.co/gobierno-de-carlos-amaya-y-el-comite-de-cafeteros-del-departamento-realizan-primera-salida-tecnica-cafetera/>

López, A., González, A. y Alcaraz, S. (2019). Simulación para la optimización de la producción de ejes en la línea de ensamblaje de una empresa de manufactura. Recuperado de: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-77432019000100005&lang=pt

Maldonado, I. (2017). Optimización del almacenamiento de productos terminados basado en la clasificación ABC en la empresa de calzados valores industriales. (Tesis de Pregrado). Para optar por el título de Ingeniero Industrial. Universidad Peruana Los Andes, Arequipa, Perú. Recuperado de: <http://repositorio.upla.edu.pe/bitstream/handle/UPLA/291/Ivan%20Omar%20Maldonado%20Llacuachaqui.pdf?sequence1&isAllowed=y>

Mallor, F. (2019). Optimización basada en modelos de simulación: oportunidades en la era de la industria 4.0. Los modelos de simulación. Revista Negocios en Navarra n° 294, especial Industria 4.0. Recuperado de: <https://www.negociosennavarra.com/optimizacion-basada-modelos-simulacion-oportunidades-la-la-industria-4-0/>

Ministerio de Agricultura de Colombia. (2018). Censo Nacional Agropecuario. Dane. Recuperado de: <https://www.dane.gov.co/files/CensoAgropecuario/entrega-definitiva/Boletin-16-produccion/16-presentacion>

Muñoz, L. (2014). Ensayos sobre economía cafetera. Editorial Federación Nacional de cafeteros de Colombia. Año 27 N° 30. Recuperado de: <https://federaciondefcafeteros.org/static/files/EEC30.pdf>

Peña E. y Forero E. (2012) Modelo de simulación del proceso de almacenamiento y distribución en la bodega de la distribuidora de papel de la empresa mueble & accesorios s.a., para el mejoramiento de su sistema de inventarios. (Tesis de Pregrado). Para optar por el título de Ingeniero Industrial. Universidad Libre de Colombia. Bogotá, Colombia. Recuperado de: <https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/9271/PROYECTO.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Revista Portafolio (2018). Así cambió el mapa cafetero en lo corrido del siglo XXI. Recuperado de: <https://www.portafolio.co/economia/asi-cambio-el-mapa-cafetero-en-lo-corrido-del-siglo-xxi-523733>

Vanegas, F. (2019). Ranking de los principales departamentos productores de café en Colombia. Cofee Media Blog. Recuperado de: <https://www.yoamoelcafedecolombia.com/2019/12/19/ranking-de-los-principales-departamentos-productores-de-cafe-en-colombia/#:~:text=Ranking%20de%20los%20principales%20departamentos%20productores%20de%20caf%C3%A9%20en%20Colombia,-Por&text=El%20departamento%20del%20Huila%20sigue,%20C%20y%20Caldas%20con%207.97%25>.

World Coffee Research (2020). Catálogo de variedades café Arabigo. Recuperado de: <https://varieties.worldcoffeeresearch.org/es/varieties/>

13. ANEXOS

Anexo A. Formato de 1er encuesta dirigida a Caficultores.

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN UNIVERSITARIA: DISEÑO DE MODELO DE OPTIMIZACIÓN DEL NODO PRODUCTIVO DEL CAFÉ EN LA PROVINCIA DE LENGUPÁ.

ENCUESTA DIRIGIDA A CAFICULTORES

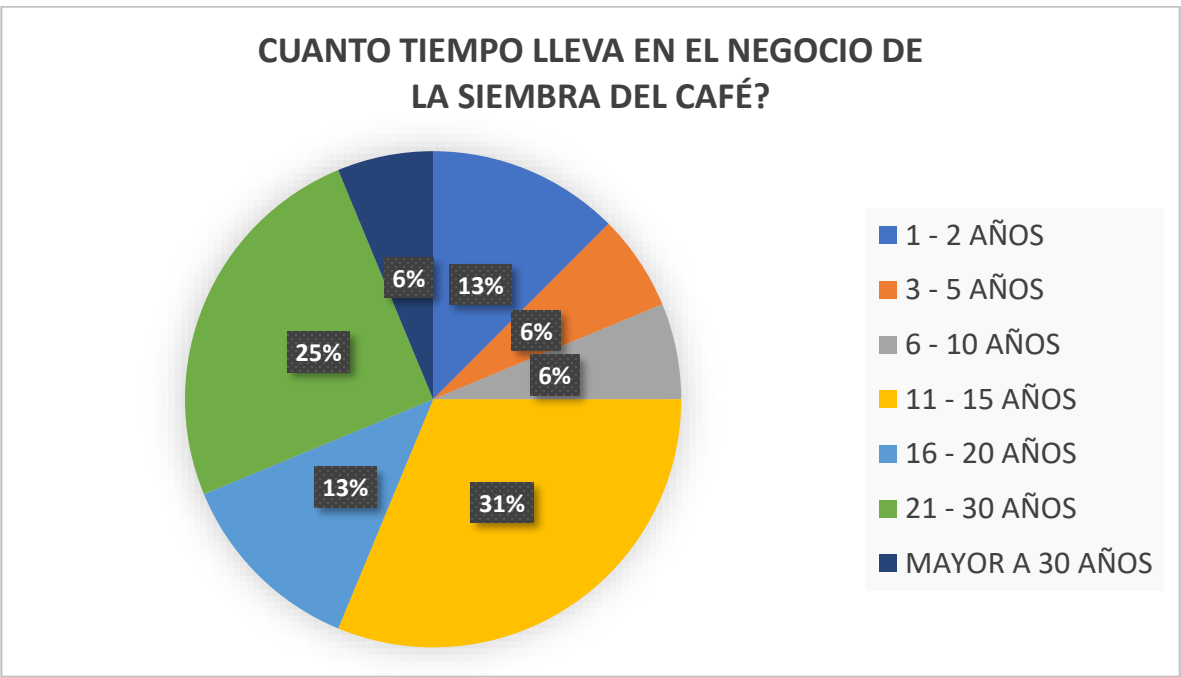
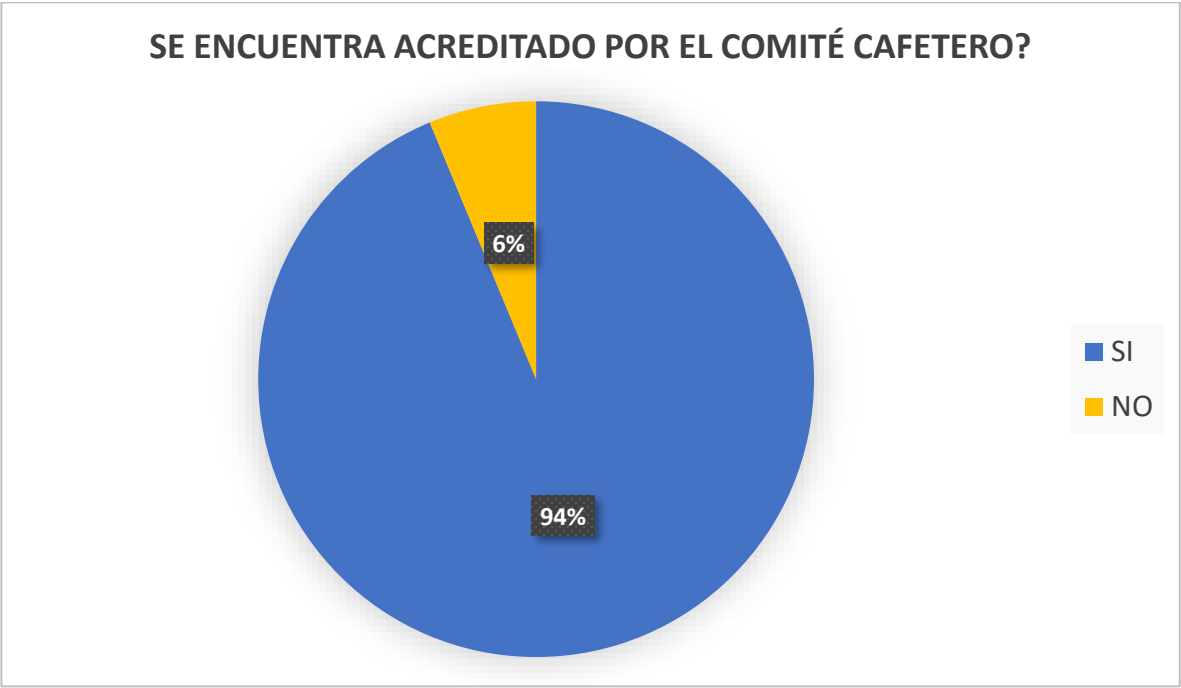
MUNICIPIO: _____ FECHA: _____
NOMBRE: _____ FINCA: _____

1. SE ENCUENTRA ACREDITADO POR EL COMITÉ CAFETERO:
SI ____ NO ____ ¿POR QUÉ NO? _____
2. CUANTO TIEMPO LLEVA EN EL NEGOCIO DE LA SIEMBRA DE CAFÉ:

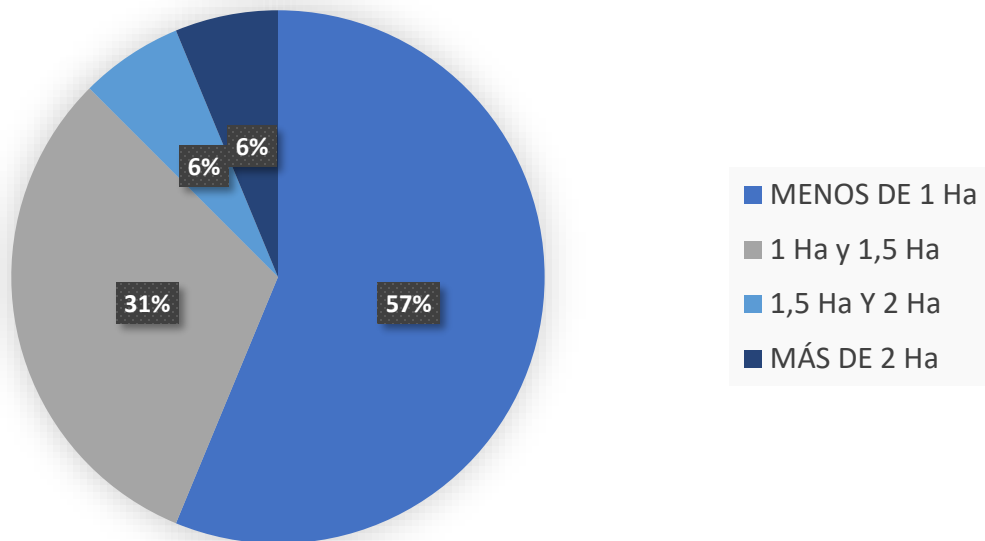
3. CUANTAS HECTÁREAS TIENE SEMBRADAS ACTUALMENTE DE CAFÉ: _____
4. CANTIDAD DE CAFÉ COSECHADO EN LA RECOLECTA DEL AÑO ANTERIOR: _____
5. CUANTO DINERO LE INVIERTE A LA COSECHA DE CAFÉ: _____
_____ ¿RECURSOS PROPIOS? SI ____ NO ____
6. ¿QUÉ CREE QUE LE HACE FALTA A SU COSECHA? _____

7. COMO HACE PARA LLEVAR LAS CARGAS AL CENTRO DE ACOPIO:
VEHÍCULO PROPIO _____ CARRO PARTICULAR _____
8. A QUIEN LE VENDE LAS CARGAS DE CAFÉ:
C. ACOPIO ____ INTERMEDIARIO ____ CAFICULTOR VECINO ____

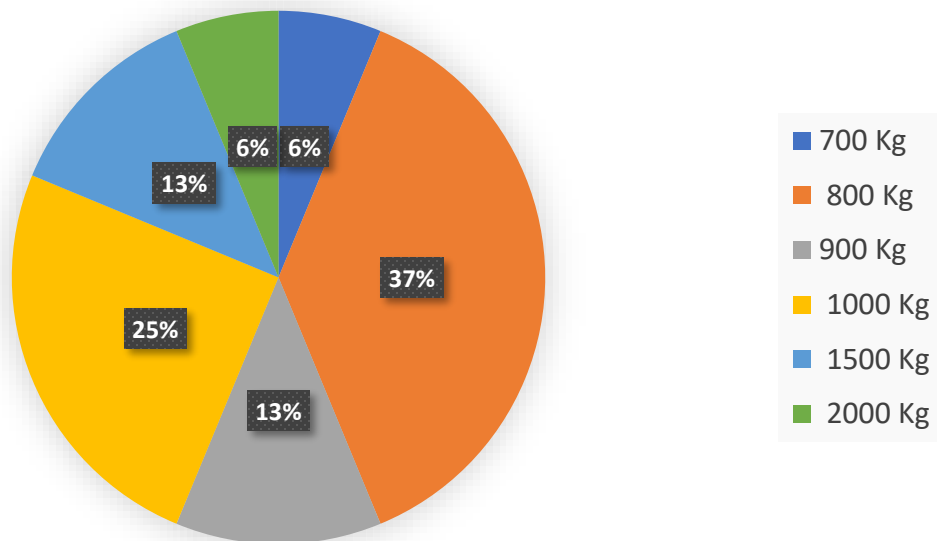
Anexo B. Tabulación y análisis de resultados de primera encuesta dirigida a Caficultores.



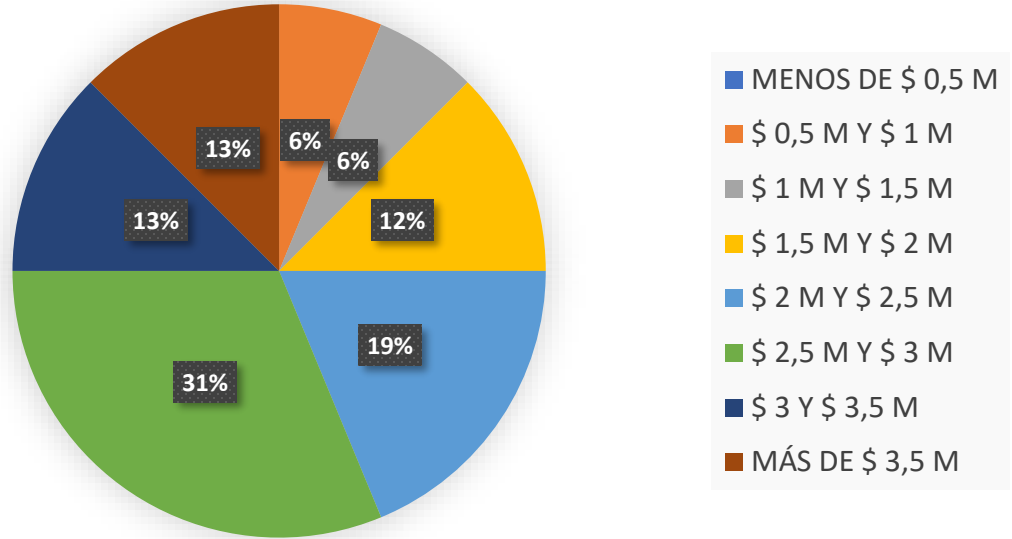
CUANTAS HECTÁREAS DE CAFÉ TIENE SEMBRADAS ACTUALMENTE DE CAFÉ



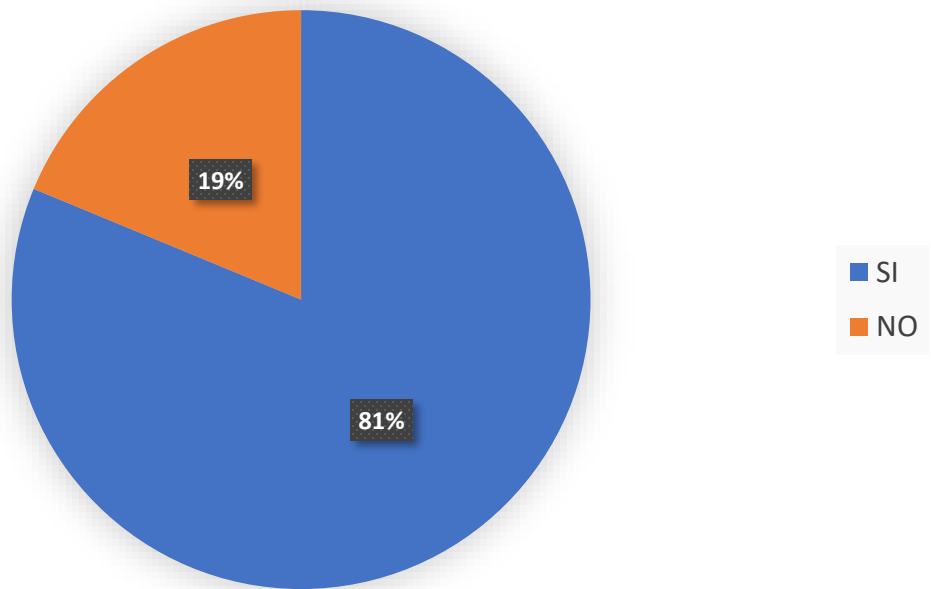
CANTIDAD DE CAFÉ COSECHADO EN LA RECOLECTA DEL AÑO ANTERIOR



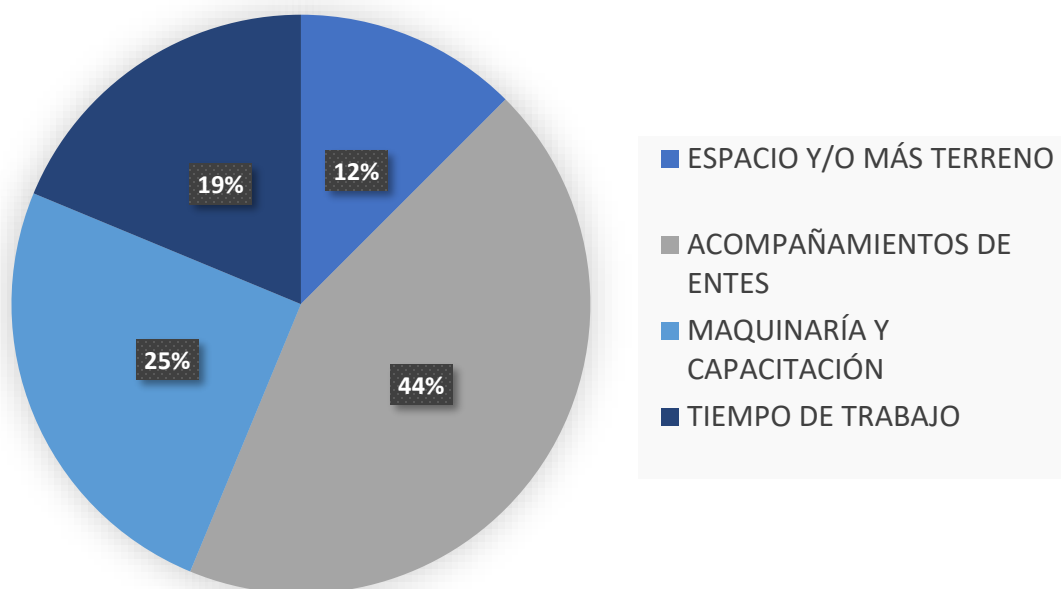
CUANTO DINERO LE INVIERTE A LA COSECHA DE CAFÉ



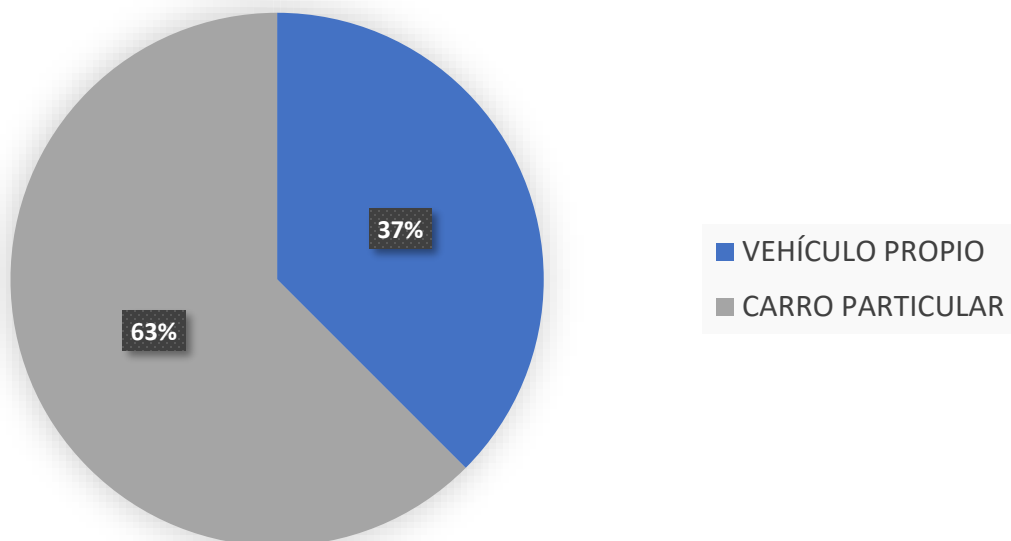
RECURSOS PROPIOS

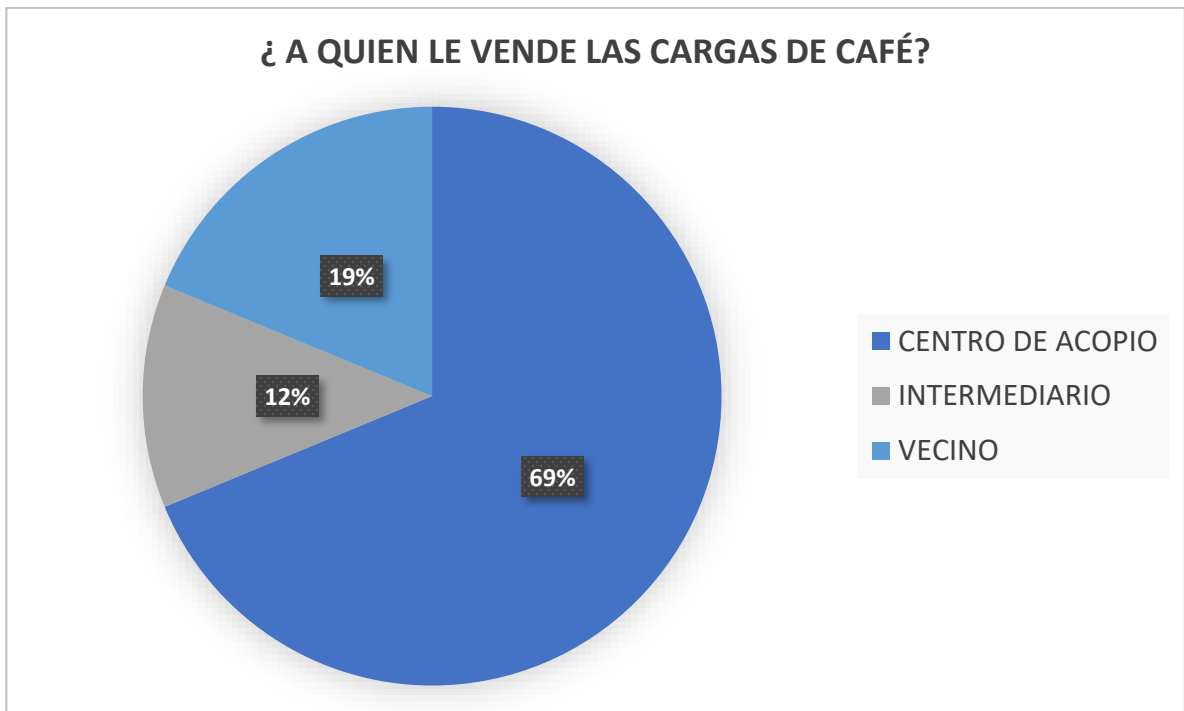


¿QUÉ CREE QUE LE FALTA A SU COSECHA?



¿CÓMO HACE PARA LLEVAR LAS CARGAS AL CENTRO DE ACOPIO?





ANALISIS Y CONTEXTUALIZACIÓN DE LA ENCUESTA

En esta primera encuesta se tuvo la oportunidad de aplicarla a 16 cafeteros, siendo parte esto del pre muestreo, los cuales respondieron las preguntas relacionadas a su nicho de trabajo.

El 96% de los caficultores se encuentra acreditado por el comité cafetero lo que puede darnos a entender que estos tienen un seguimiento a sus cultivos y así mismo tienen acceso a apoyos técnicos y asesorías ya que se encuentran afiliados y por ende los beneficiados con todos los auspicios que este ente municipal les puede brindan. Respecto al tiempo que llevan los caficultores en el negocio se resalta que la mayoría de ellos se encuentra entre los 11 y 30 años de labor con este grano, encontrando un porcentaje mayor en la población que lleva de 11 a 15 años, con un 31%, Otro gran porcentaje lo encontramos entre 1 a 6 años, destacando que el 13% de los encuestados lleva 2 años o menos en el negocio; muchos de ellos

manifestando que entraron a este negocio con una alta expectativa y por dificultades en sus trabajos habituales.

La siembra promedio de café por hectáreas nos presenta a un mayor número de pequeños cafeteros con un aproximado en la población encuestada del 57%, esto significa de muchos caficultores realizan siembras tradicionales en parcelas comunes de dimensiones menores o iguales a los 100 metros cuadrados, no obstante, el 31% siembran aproximadamente media hectárea más, visto en fincas con grandes terrenos que distribuyen para la siembra de otros cultivos, como el plátano, uchuva, chamba, etc. En los resultados de la cantidad de café recolectada o cosechada el año anterior se presenta una variación entre cantidades, esto dado a que algunos de los caficultores no llevan un control sobre estas cantidades, pero en lo encontrado podemos observar que el porcentaje mayor, 37%, oscila entre los 800Kg, un 25% entre los 1000 kilos, es decir una tonelada, y con un porcentaje del 13% los 1500 y los 900 kilogramos, el rendimiento del café no es el mismo en todos los terrenos, y suelos, ya que por la humedad, las semillas sembradas, y otros factores propios de cada finca o parcela este tendrá una mejor o peor acentuación en su desarrollo.

Sembrar y cosechar café conlleva unos gastos, y en los resultados observamos que el 81% de los caficultores hacen estas inversiones de su propio bolsillo, un 19% recurre a préstamos bancarios, lo cual les representaría la pérdida de un pequeño porcentaje de la utilidad por pagar los intereses, pero el estar acreditado por el comité de caficultores les representa tasas de intereses muy bajas.

Una de las falencias que los campesinos consideran dentro de su nodo de producción es la falta de acompañamiento de entes con un 44%, tanto de entes cafeteros como municipales y gubernamentales los cuales puedan brindar y hacer un mejor seguimiento a las cosechas y a los involucrados dentro de las mismas, así mismo encontramos un porcentaje del 25% referente a maquinaria y capacitación,

y en las conversaciones que se dieron en medio de la aplicación de estas encuestas, los caficultores mencionaban que son pocas las capacitaciones que reciben, estas generalmente lideradas por el comité regional y el SENA, pero siendo muy poca la población que logra asistir o completarlas, ya sea por los lugares donde se dan, la exigencia de papeleos, o la limitante por sus bajos niveles de producción; de estas capacitaciones muchas veces salen las oportunidades de adquisición de tecnología y nuevas formas de trabajo de los cultivos.

La venta y transporte de las cargas de café al centro de acopio es un gasto que también deben asumir los caficultores, este acarreo en un 63% es realizado por carros particulares contratados, y un 37% hecho por los cafeteros en vehículos propios; Sin embargo en algunos casos las cargas son vendidas a los mismos trasportadores quienes ofrecen un porcentaje extra de dinero, no siempre es mayor al precio que se mantiene en el acopio, como se identifica un 12% es vendido a intermediarios, un 19% a vecinos quienes asumen los costos de trasportar las cargas conjuntas, y en su gran mayoría con un 69% directamente al centro de acopio, donde el precio es variable, este dependiendo de la época, la afluencia de cargas, la demanda de café que se tenga en el momento, etc.

Anexo C. Formato de 2da encuesta dirigida a Caficultores.

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN UNIVERSITARIA: DISEÑO DE MODELO DE OPTIMIZACIÓN DEL NODO PRODUCTIVO DEL CAFÉ EN LA PROVINCIA DE LENGUPÁ.

ENCUESTA #2 DIRIGIDA A CAFICULTORES

MUNICIPIO: _____ FECHA: _____
NOMBRE: _____ FINCA: _____

1. TIPO DE CAFÉ QUE SIEMBRA: _____

2. TIENE ALGUNA VARIEDAD DE PREFERENCIA: SI _____ NO _____

3. ASUMIENDO QUE SEMBRO 1 HECTÁREA, Y EN CASO HIPOTETICO LA COSECHA FUE DE APROXIMADAMENTE 1 TONELADA, CUANTO SE TARDARÍA EN LOS SIGUIENTES PROCESOS:

PROCESO	DURACIÓN	RECOLECCIÓN	
SIEMBRA		SEPARACIÓN	
ABONADO		APURADO	
REPASO		DESPULPADO	
FERTILIZADORES		FERMENTO	
PODA		SECADO	
PLAGAS		ENLONADO	

4. QUÉ PROCESO A SU JUICIO PRESENTA MÁS DIFICULTAD: _____

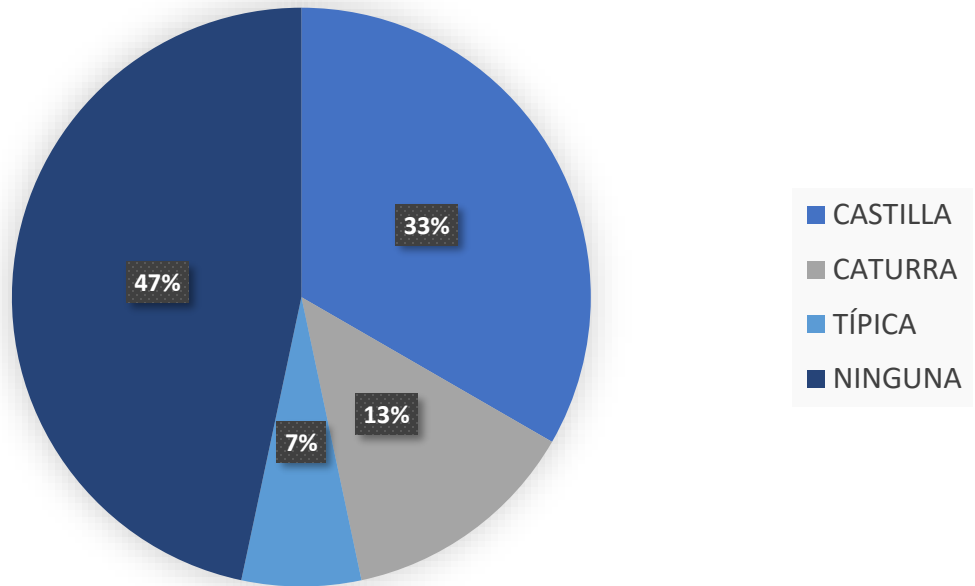
5. QUÉ PROCESO A SU JUICIO SIENTE QUE LE GENERA MÁS PERDIDAS:

6. REALIZA PROCESOS DE POST COSECHA: SI _____ NO _____
¿POR QUÉ? _____

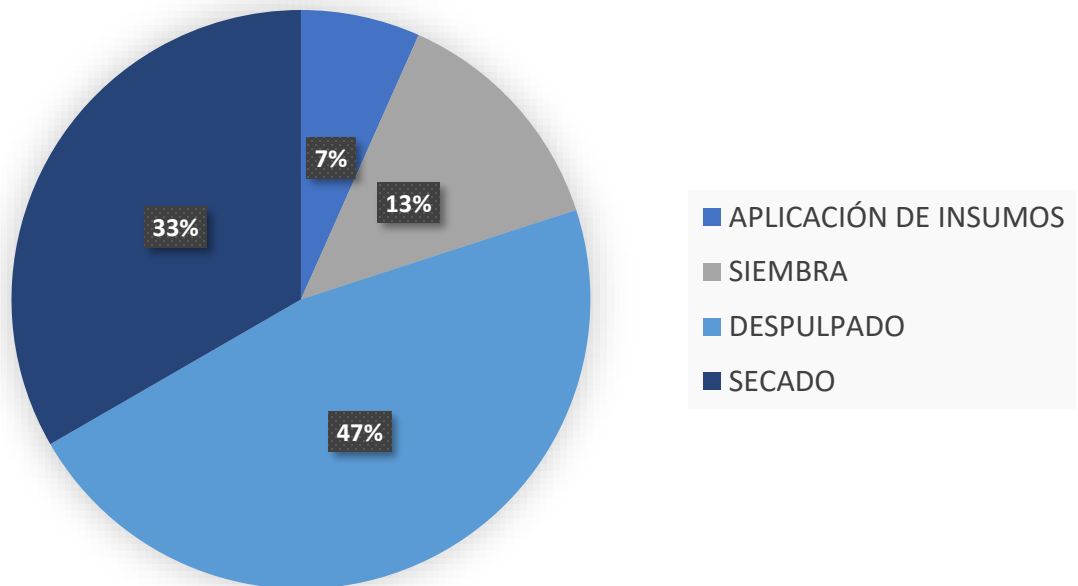
Anexo D. Tabulación y análisis de resultados de segunda encuesta dirigida a Caficultores.



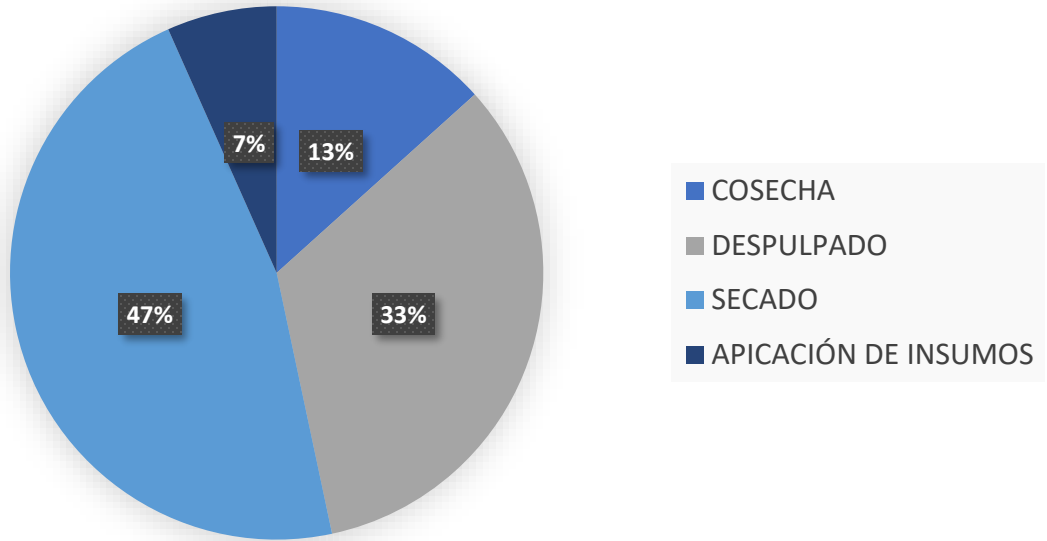
CUAL ES LA VARIEDAD DE PREFERENCIA EN LA SIEMBRA



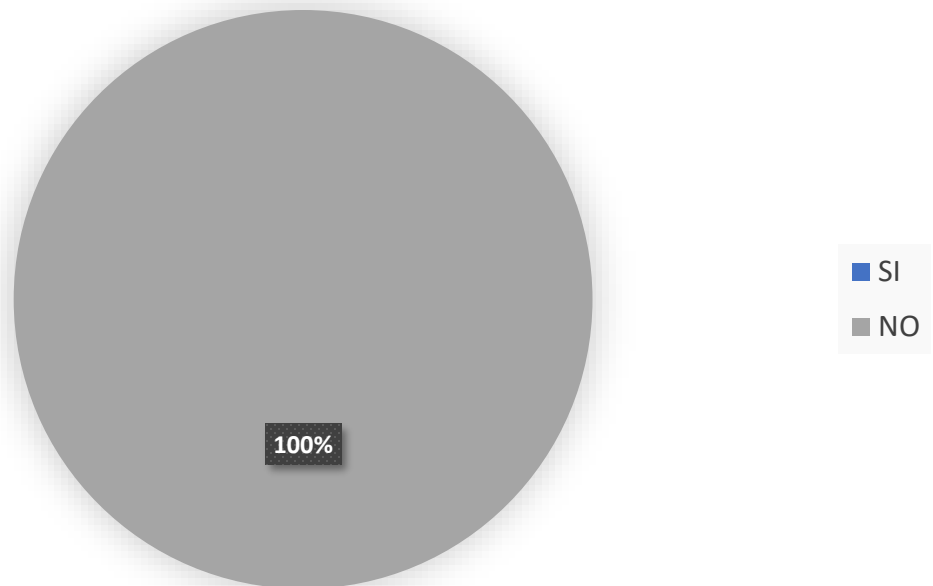
¿ QUÉ PROCESO A SU JUICIO PRESENTA MÁS DIFICULTAD?



¿QUÉ PROCESO A SU JUICIO SIENTE QUE LE GENERA MÁS PERDIDAS?



REALIZA PROCESOS DE POST COSECHA?



ANALISIS Y CONTEXTUALIZACIÓN DE LA ENCUESTA

En esta segunda encuesta se tuvo la oportunidad de aplicarla a 15 cafeteros los cuales respondieron unas preguntas relacionadas a su nicho de producción.

Dado que a una investigación previa se encontró que en Colombia y más exactamente en Boyacá se cultivaban una gran variedad de cafés, se opto por preguntar qué tipo de café se estaba sembrando, de lo que se obtuvo una respuesta similar en todos los caficultores, de la variedad tipo Lengupá. La variedad Lengupá es una mezcla de diferentes semillas arábicas las cuales han sido cruzadas entre ellas y de las familias resultantes se han seguido haciendo cruces para obtener una variedad idónea para las condiciones la provincia, sin embargo en los predios encontramos sembradas algunas de esas variedades, es por ello que encontramos que hay una similitud porcentual entre los cafeteros que tienen una semilla de preferencia con un 53% y los que no con un 47%; La variedad de más preferencia es la variedad castilla, esta fue desarrollada por Cenicafé hace unos años buscando distribuirla en climas donde el café no presentaba una facilidad de crecimiento.

Para determinar la duración de los procesos decidimos establecer un promedio entre los tiempos que nos arrojaron las encuestas.

		CAFICULTORES ENTREVISTADOS															
	PROCESO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	PROMEDIO (Hrs)
1	Siembra	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16
2	Abonado	14	16	16	12	24	8	18	18	24	16	12	14	16	16	16	16
3	Repasado	12	24	12	18	14	16	16	18	16	16	16	16	16	14	16	16
4	Fertilizado	4	6	8	8	8	6	4	6	6	8	4	4	4	8	6	6
5	Poda y Deshilado	6	6	8	4	8	8	8	4	6	8	4	4	8	6	2	6
6	Control de plagas	4	4	5	6	2	6	6	6	6	4	4	5	5	6	6	5
7	Recolección	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48
8	Separación	3	2	4	6	3	4	5	8	8	3	2	2	5	3	2	4
9	Apurado	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
10	Despulpado	8	16	16	16	12	10	12	8	16	8	10	10	10	16	12	12
11	Fermento	24	30	24	30	30	30	30	24	30	24	21	30	24	24	30	27
12	Secado	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
13	Enlonado	8	4	6	8	8	4	6	4	6	6	6	6	6	6	6	6

Tiempo dado en Horas

Encontrando similitudes de duración en muchos dado que esta segunda encuesta se enfatizó en los pequeños caficultores identificados en la primera encuesta hecha en el sector. Los procesos en su mayoría realizados de forma tradicional y en su gran mayoría por los mismos caficultores, como se identificó en conversaciones, para la siembra y cosecha se hacía uso de personal contratado, para los demás procesos era en casos especiales cuando se decidía contratar para su realización, no obstante, las mismas familias de los cafeteros eran apoyo en las labores de proceso del café, lo que representaba un ahorro significativo de gastos en mano de obra. Al indagar sobre qué proceso les presentaba más dificultad con el 47% encontramos al despulpado, dado que el realizarlo a tambor o con máquinas manuales representa grandes esfuerzos físicos, y no siempre se logra el efectivo retiro de la cereza del grano de café, por lo que se deben reprocesar algunos frutos y esto representa más tiempo en esto, al ser una acción repetitiva el desgaste de quien lo hace es significativo. Con un 33% encontramos el proceso de secado, este presenta la dificultad de estar relacionado directamente con las condiciones climáticas al momento en que se decida hacer, ya que el café es tendido en lonas para que los rayos del sol eliminen toda la humedad; Días nublados o con lluvia representan más tiempo con el café húmedo, y este luego de unos días sin ser secado puede empezar a descomponerse o a perder sus propiedades organolépticas.

Al observar los procesos que más presentan pérdidas, encontramos con el porcentaje mayor de 47% al secado, este como se mencionó anteriormente depende del clima y tiende a generar más pérdidas debido a la complejidad que representa que este no se seque bien en el menos tiempo posible, la humedad produce hongos y genera que empiecen a descomponerse los granos, esto representa menor cantidad de café enlonado y por ende menores ingresos.

Los pequeños caficultores no están certificados para realizar procesos de postcosecha, es por ello que tenemos un porcentaje del 100% en esta pregunta.

Anexo E. Formato de encuesta dirigida a Comité Regional de Cafeteros.

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN UNIVERSITARIA: DISEÑO DE MODELO DE OPTIMIZACIÓN DEL NODO PRODUCTIVO DEL CAFÉ EN LA PROVINCIA DE LENGUPÁ

ENCUESTA DIRIGIDA A COMITÉ REGIONAL DE CAFETEROS

MUNICIPIO: _____ FECHA: _____
NOMBRE: _____ CARGO: _____

1. SE RELACIONA DIRECTAMENTE CON LOS CAFICULTORES DE LA ZONA: SI _____ NO _____ ¿POR QUÉ NO? _____

2. CÓMO EL CÓMITE HACE SEGUIMIENTO A LOS CULTIVOS DE CAFÉ:

3. TIPO DE CAFÉ QUE SE SIEMBRA EN LA REGIÓN: _____

4. QUE TIPO DE ASESORÍA BRINDA EL CÓMITE A LOS CAFICULTORES:

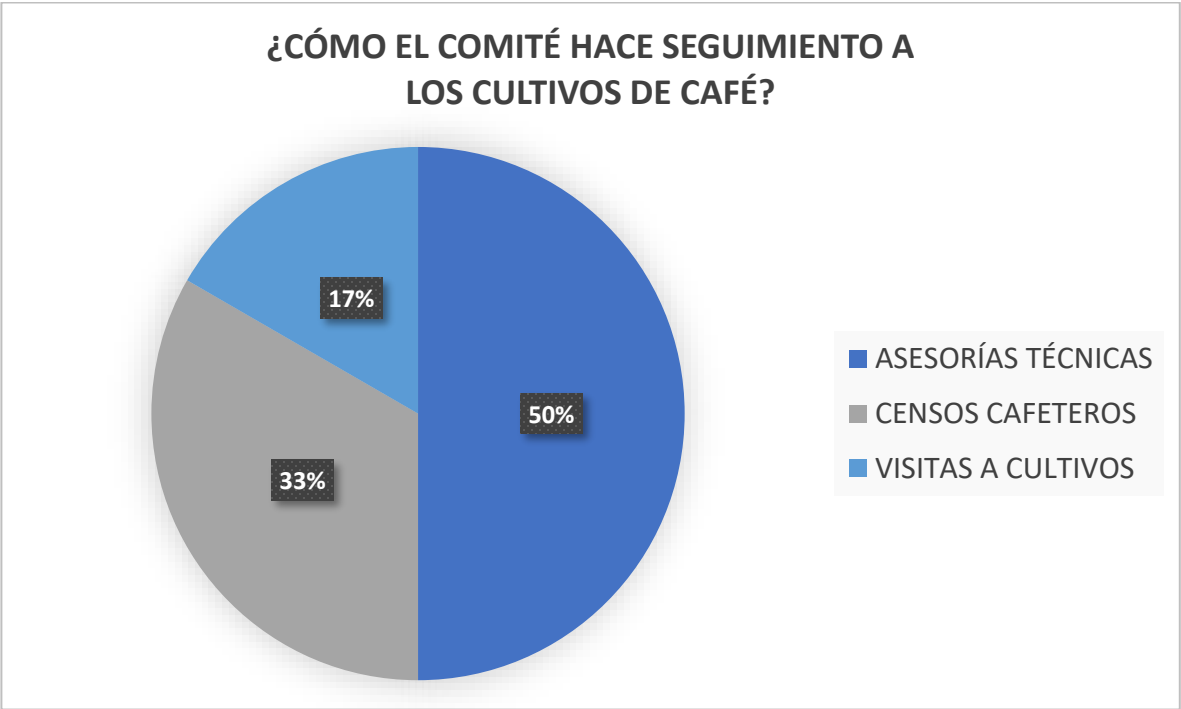
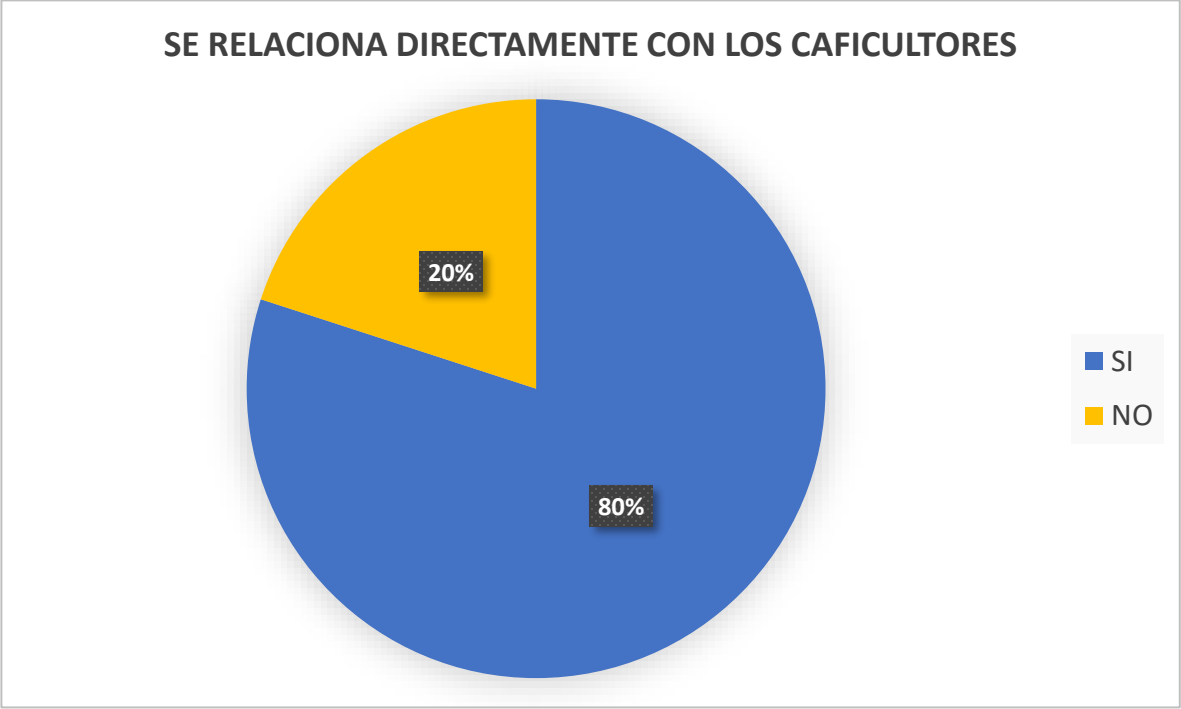
5. SE LLEVA UN REGISTRO DE LA PRODUCCIÓN:
A) POR MUNICIPIO: SI _____ NO _____
B) POR PROVINCIA: SI _____ NO _____
C) POR TIPO DE FINCA: SI _____ NO _____

6. QUE CREE QUE LE FALTA AL SECTOR CAFETERO DE LENGUPÁ:

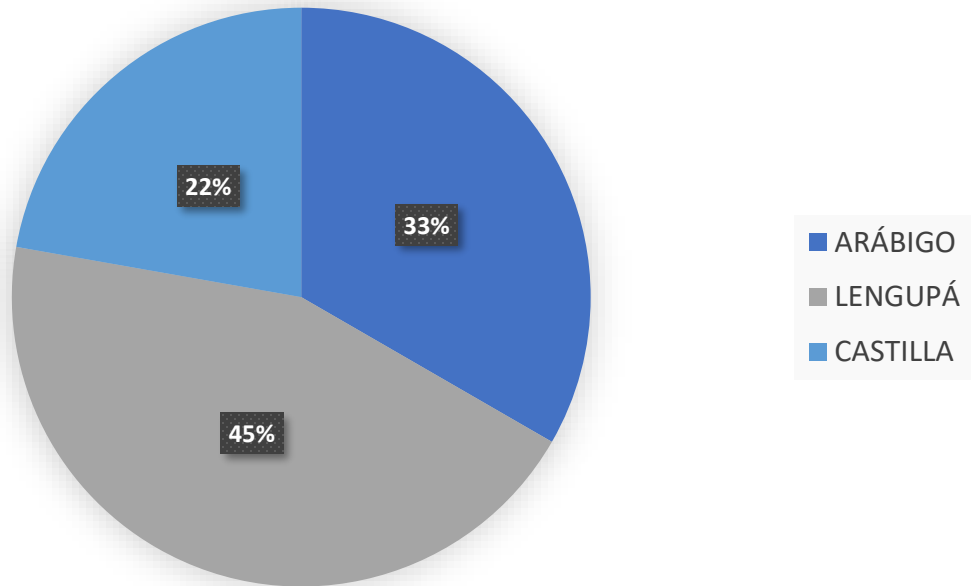
7. TIENE CONOCIMIENTO DE LA CANTIDAD DE CAFÉ QUE ENTRA DIARIAMENTE AL CENTRO DE ACOPIO PRINCIPAL: _____

8. QUE PRECIO TIENE LA CARGA DE CAFÉ HOY: _____

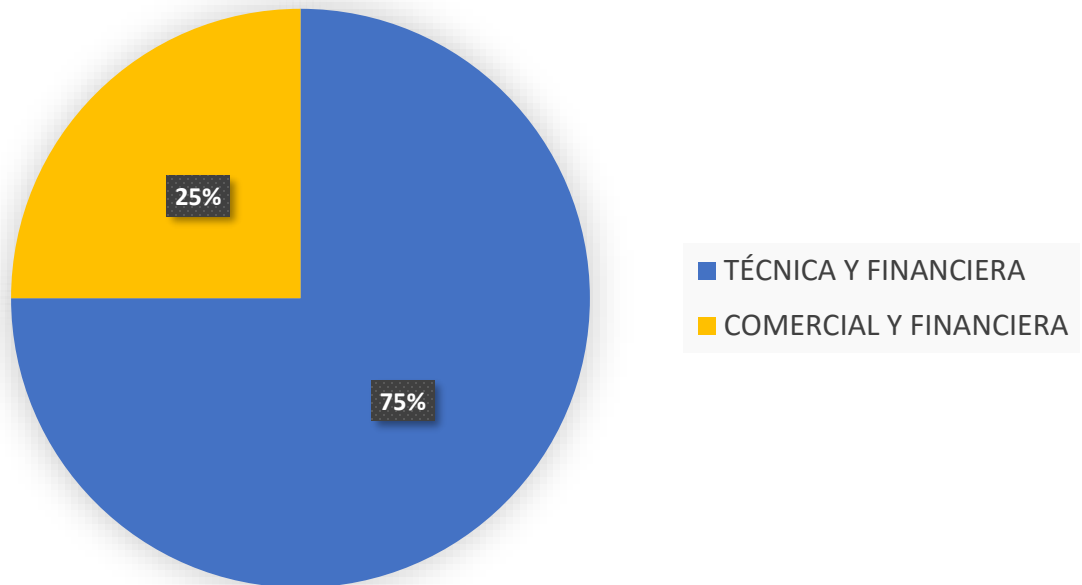
Anexo F. Tabulación y análisis de resultados de encuesta dirigida a Comité Regional de Cafeteros.



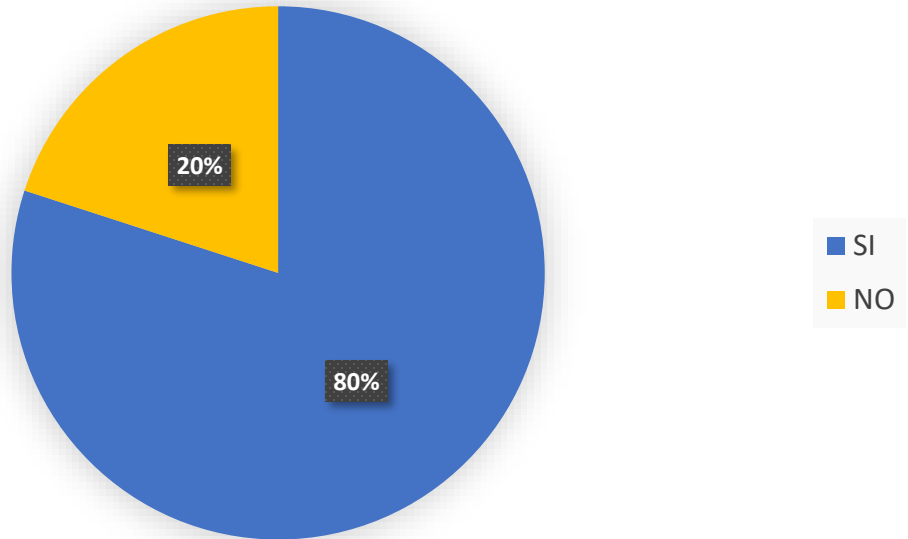
TIPO DE CAFÉ SEMBRADO EN LA REGIÓN



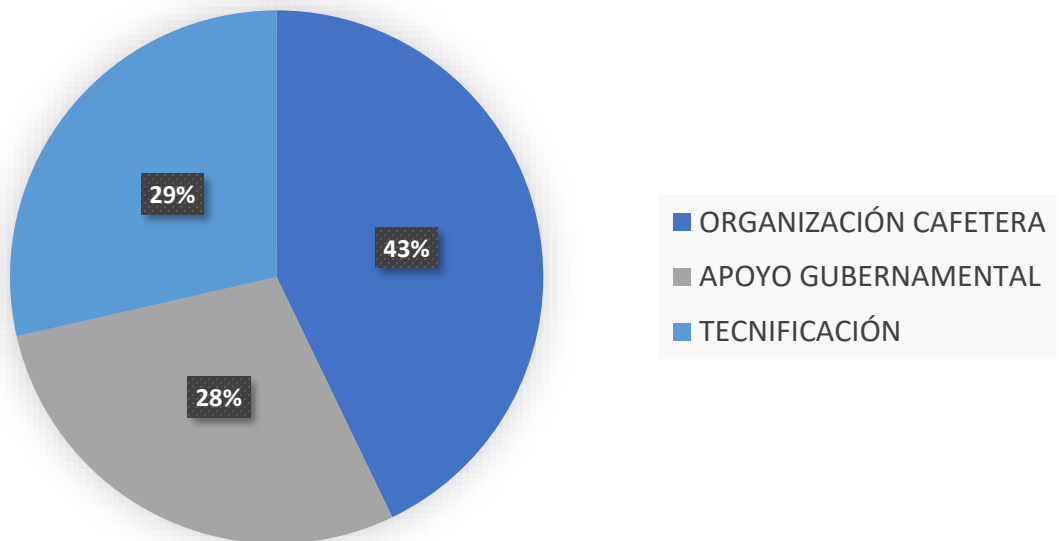
¿QUÉ TIPO DE ASESORIA BRINDA EL COMITÉ?



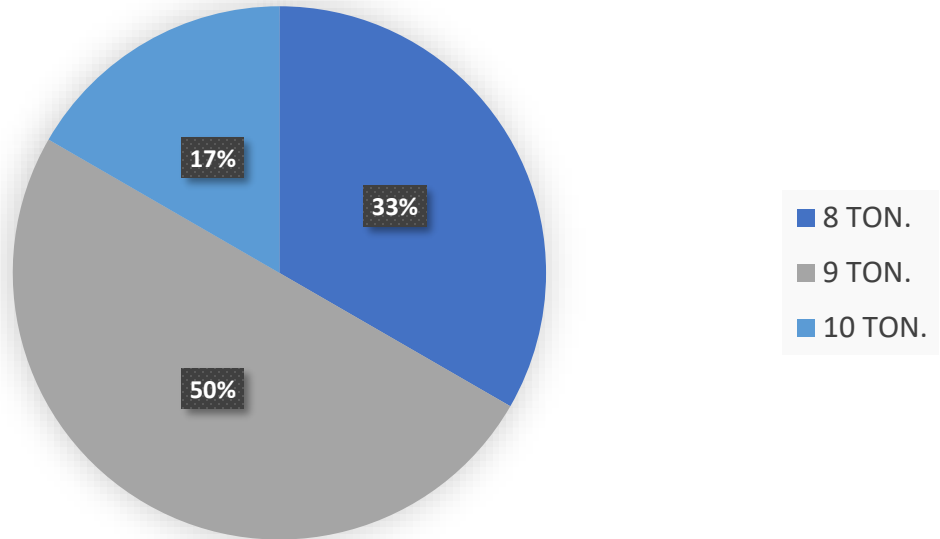
**SE LLEVA UN REGISTRO DE LA PRODUCCIÓN
(MUNICIPIO, PROVINCIA, FINCA, ETC)**



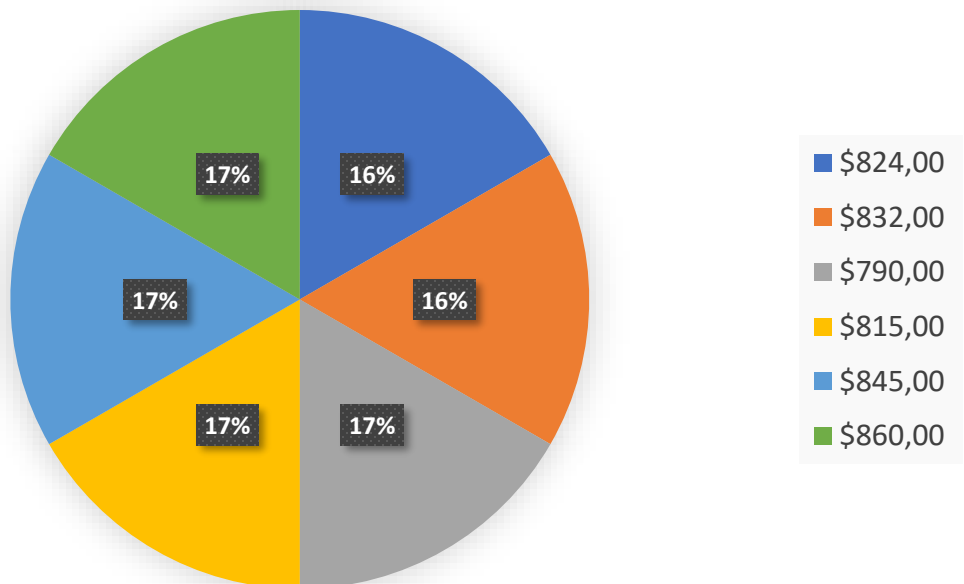
**¿QUÉ CREE QUE LE FALTA AL SECTOR
CAFETERO DE LENGUPÁ?**



CANTIDAD DE CAFÉ APROX. QUE DIARIAMENTE ENTRA AL CENTRO DE ACOPIO



QUÉ PRECIO TIENE EL DÍA DE HOY LA CARGA DE CAFÉ



ANALISIS Y CONTEXTUALIZACIÓN DE LA ENCUESTA

En esta encuesta se tuvo la oportunidad de aplicarla a 7 personas que trabajan con y para el Comité Regional de Cafeteros los cuales respondieron unas preguntas relacionadas al entorno regional del café.

Dado que este grupo de personas es el más cercano al direccionamiento y seguimiento del entorno cafetero de Lengupá se pudo conocer que muchos de ellos se relacionan directamente con los cafeteros, un 80% de los encuestados por los cargos y funciones que desempeñan tienen una correlación con los productores, mientras que solo el 20% por su trabajo de oficina no tienen directamente un encuentro con los caficultores. El comité es el principal ente de apoyo a los municipios que son asesorados por él y así podemos encontrar que la mitad de la población encuestada realiza asesorías técnicas del grano, un 33% se vincula a censos cafeteros y el 17% a visitas fijas a cultivos en lugares de una producción estable; no obstante es necesario resaltar que encontramos un 75% de los encuestados que manifiesta que el comité regional brinda asesoría técnica y financiera a los cultivos, tanto en cantidades de inversión como en métodos y procesos de producción, relacionado directamente a los grandes productores o quienes manejan una constante de grandes cosechas anuales; el 25% nos enseña que en un porcentaje menor se asesora comercialmente, esto vinculado a las marcas de café que buscan generar más promoción de su café.

Saber cuánto se produce y tener registros de los movimientos del grano en la región es de vital importancia, debido a que en las rendiciones de cuentas a la Gobernación y a la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia se deben entregar estados de resultados y objetivos propuestos, un alto porcentaje de los encuestados mencionan los controles y registros cuantificables de la producción, un pequeño porcentaje de aproximadamente el 20% menciona una escasez o la falta de la elaboración de los registros que permitan hacer una evaluación correcta de la zona.

La mejora continua siempre se vincula a como un determinado sector, empresa o producto crece, desarrolla y afronta las distintas variables del mercado, la organización cafetera con un 43% está en primer lugar en los objetivos a conseguir en estos próximos años, debido a problemáticas sociales y sectoriales no ha sido fácil organizar grupos cafeteros los cuales puedan entenderse de la mejor forma. La tecnificación es otra problemática que ya vienen estudiándose para el sector dado que los créditos y auspicios económicos son limitados se está buscando que las directivas cafeteras nacionales de la mano con los mandatarios departamentales y municipales fomenten más sistemas de accesibilidad económica a caficultores que deseen adquirir maquinaria para sus cultivos, y muy relacionada a la anterior falencia encontramos con un 28% la falta de apoyo gubernamental, siendo mencionado el apoyo más constante a otras provincias que se destacan en el mercado cafetero sin pensar en las provincias que están generando cafés de la misma calidad pero en cantidades un poco menores.

Dado que el centro de acopio es un punto importante de referencia en cuanto a la producción regional se encontró que un 50% de los encuestados manifiesta un ingreso diario de aproximadamente 9 toneladas, un 33% de 8 toneladas y un 17% de 10 toneladas, estos valores serán corroborados al momento de revisar los estados de resultados de producción que se brindan a la Federación Nacional de Cafeteros.

Finalmente encontramos un porcentaje igual para cada precio dado por los encuestados, esto se relaciona con que las encuestas fueron hechas en diferentes días y el café no mantiene una constante en precio por carga, sino que este está relacionado con temporadas de auge, demanda nacional, demanda local, etc.

Anexo G. Formato de encuesta dirigida a Habitantes de municipios cafeteros.

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN UNIVERSITARIA: DISEÑO DE MODELO
DE OPTIMIZACIÓN DEL NODO PRODUCTIVO DEL CAFÉ EN LA
PROVINCIA DE LENGUPÁ**

ENCUESTA DIRIGIDA A PÚBLICO EN GENERAL

MUNICIPIO: _____ FECHA: _____
OCUPACIÓN: _____ LUGAR DE RESIDENCIA: _____

1. QUE SABE DEL CAFÉ QUE SE CULTIVA EN ESTA ZONA DE BOYACÁ:

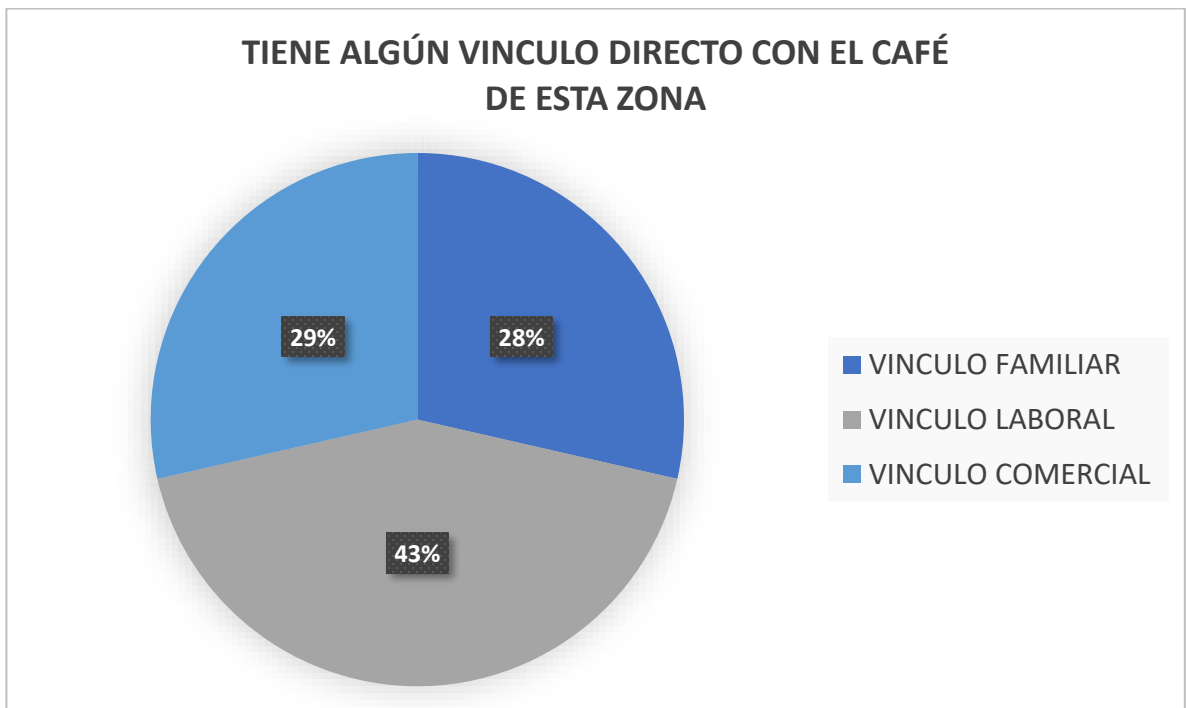
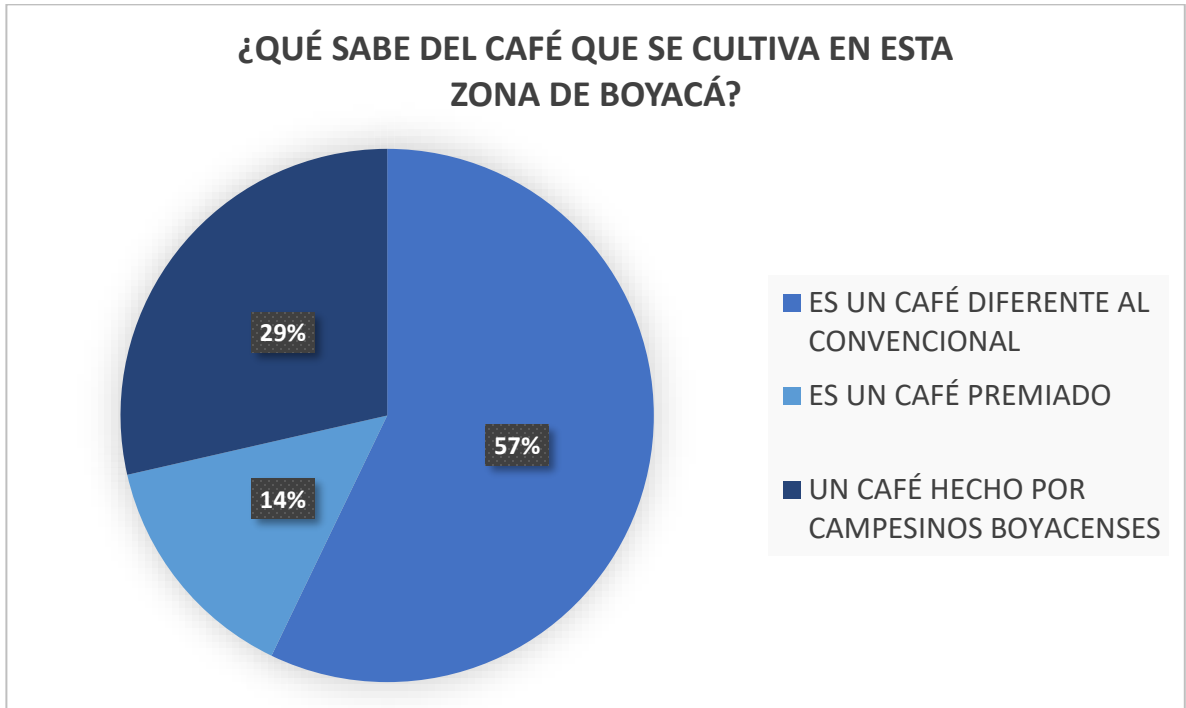
2. TIENE ALGÚN VINCULO DIRECTO CON EL CAFÉ DE ESTA ZONA:

**3. QUE CREE QUE TIENE ESTE CAFÉ QUE LO HACE DIFERENTE A LOS
DEMÁS:**

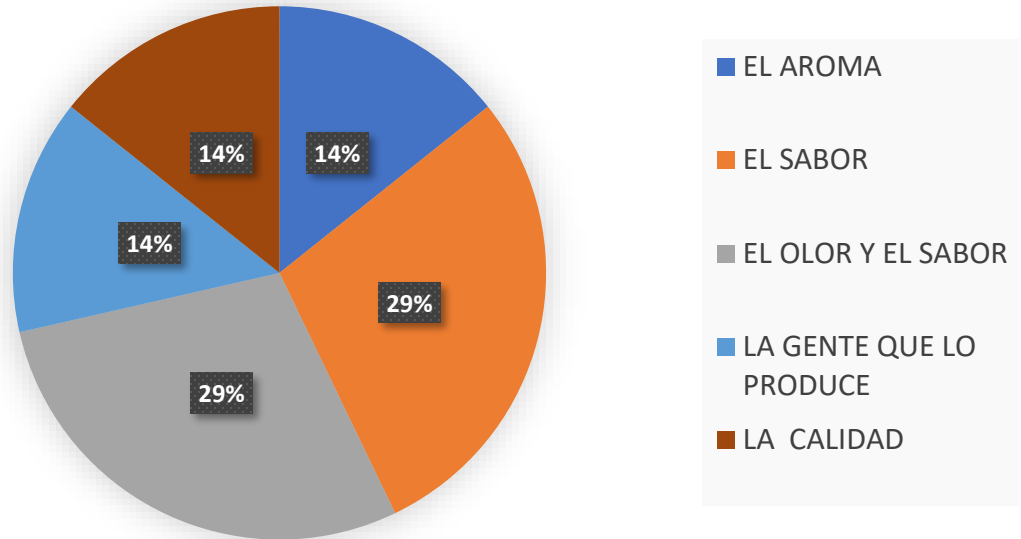
**4. SABÍA QUE ESTE CAFÉ SE VENDE EN EUROPA Y EL MEDIO ORIENTE
SI ___ NO ___ ¿POR QUÉ CREE QUE LLEGÓ HASTA ESE LADO DEL
MUNDO: _____**

5. QUE APORTE LE HARÍA AL SECTOR CAFETERO DE ESTA ZONA:

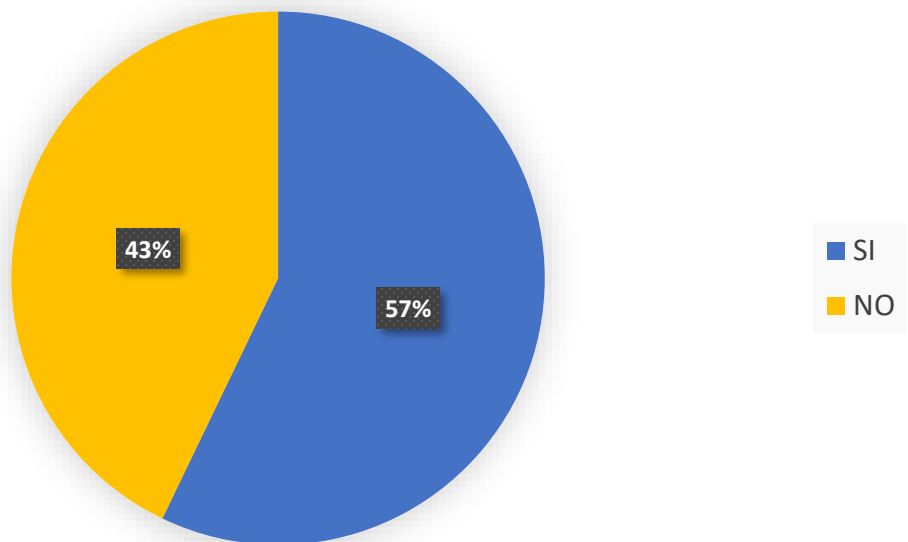
Anexo H. Tabulación y análisis de resultados de encuesta dirigida a Habitantes de municipios cafeteros.



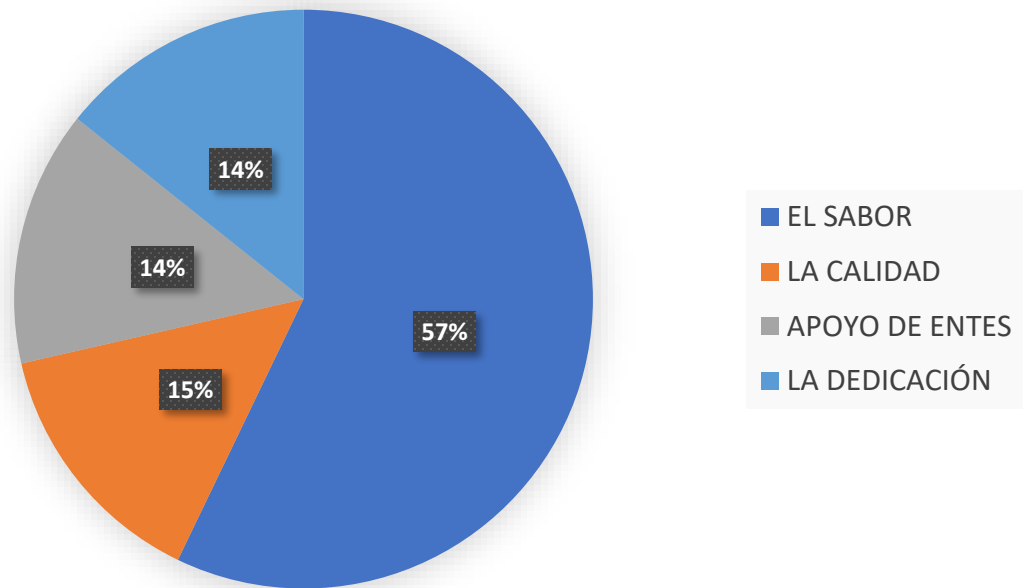
¿QUÉ CREE QUE TIENE ESTE CAFÉ QUE LO HACE DIFERENTE A LOS DEMÁS?



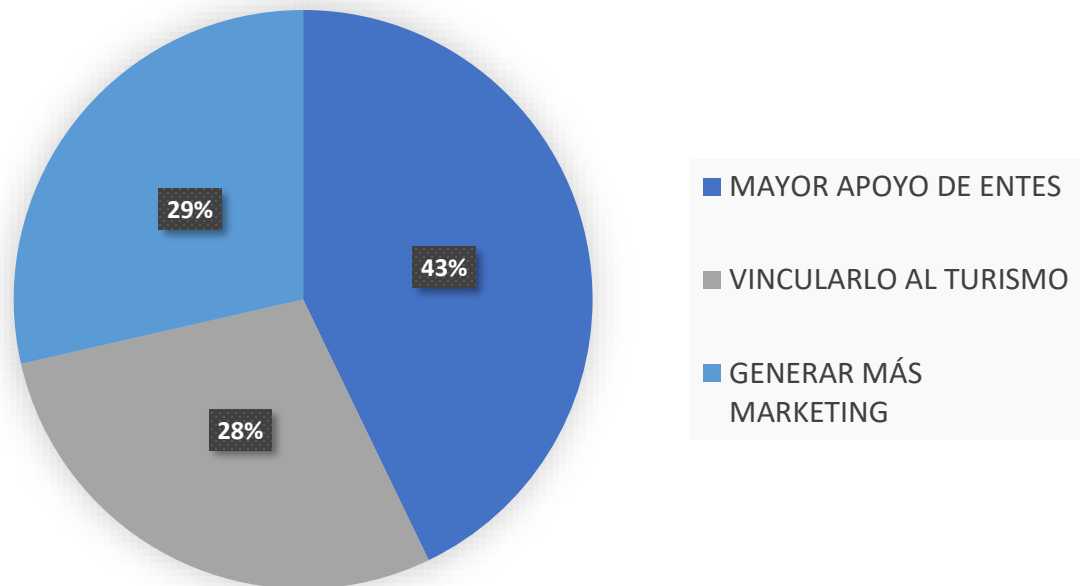
SABÍA QUE ESTE CAFÉ SE VENDE EN EUROPA Y EL MEDIO ORIENTE



¿POR QUÉ CREE QUE LLEGÓ HASTA ESE LADO DEL MUNDO?



QUÉ APOORTE LE HARÍA AL SECTOR CAFETERO DE ESTA ZONA



ANALISIS Y CONTEXTUALIZACIÓN DE LA ENCUESTA

En esta encuesta se tuvo la oportunidad de aplicarla a 7 habitantes de los municipios líderes de producción, tanto de Zetaquirá como de Miraflores los cuales respondieron a unas preguntas relacionadas a generalidades del café de esta zona.

Cuando se preguntó sobre que sabía del café que se cultivaba en ese sector de Boyacá, un 57% de la población respondió que este es un café diferente al convencional dado sus propiedades organolépticas relacionadas al sabor, olor y textura. Un 29% manifestó que los campesinos que lo cultivan lo hacen de una forma muy tradicional y por ello la diferencia a los cafés hechos por cafeteros del sector común, y finalmente un 14% comentaron los reconocimientos nacionales e internacionales que han recibido algunas marcas de café locales por parte de expertos en cafés. Luego encontramos que así no se este presente en una finca algunos habitantes tienen vínculos con este café, como lo son transportadores de cargas, financiadoras de bancos o recolectores lo cuales tienen una gran demanda en épocas de cosecha, estos con un 43%, el vinculo comercial que identificamos con un 29% es relacionado con tenderos de tiendas de mercado y cafeterías, finalmente con un 28% encontramos parentescos familiares directos.

El olor y el sabor representan el mayor porcentaje de respuesta con un 29%, mientras que la perspectiva de la calidad y la gente que lo producen representan un 14% en lo que la gente piensa que hace diferente este café a los demás. Un 57% de los encuestados tiene conocimiento del alcance que ha tenido este café en los mercados internacionales indagando que como se ha mencionado en reiteradas ocasiones en esta encuesta, el sabor tan particular lo ha llevado hasta estas instancias. Finalmente, los habitantes de los municipios con un 43% responden que este sector necesita más apoyo de los entes cafeteros y municipales para llegar a más mercados, y con un porcentaje casi parejo del 28% piden vincular más el grano al turismo e incentivar a más marketing dentro del país para darlo a conocer.

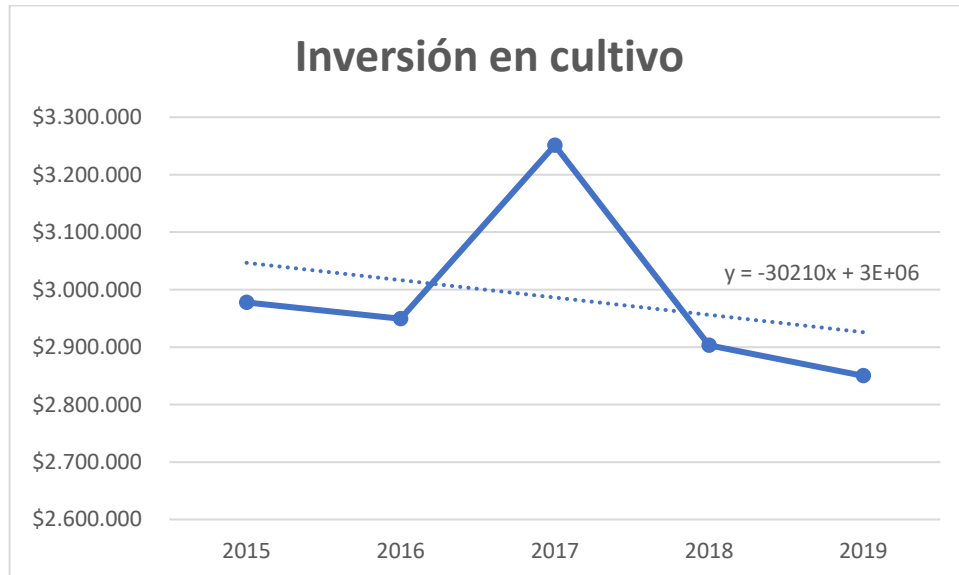
Anexo I. Cálculo de pronóstico y Ajuste Exponencial “Inversión en cultivo”.

Históricos Inversión en cultivo.

Inversión en cultivo.	
AÑO	VALOR MIXTA
2015	\$ 2.977.800
2016	\$ 2.949.500
2017	\$ 3.251.300
2018	\$ 2.903.000
2019	\$ 2.850.000

Fuente: Comité regional de cafeteros (2019).

Gráfico general de tendencia de valores



Fuente: Autores.

Cálculo de Pronostico.

Inversión en aditivos, suplementos, herbicidas, agua, etc.						
Período	Valor	A_t	T_t	$A_t T_t$	Error	Error ²
1	\$ 2.977.800					
2	\$ 2.949.500	\$ 2.977.800	2,82E+06	\$ 5.796.540	\$ 2.847.040	\$ 8.105.636.761.600
3	\$ 3.251.300	\$ 2.966.480	\$ 554.692	\$ 3.521.172	\$ 269.872	\$ 72.830.896.384
4	\$ 2.903.000	\$ 3.080.408	\$ 202.081	\$ 3.282.489	\$ 379.489	\$ 144.011.749.325
5	\$ 2.850.000	\$ 3.009.445	-\$ 16.354	\$ 2.993.090	\$ 143.090	\$ 20.474.862.572
6		\$ 2.945.667	-\$ 54.293	\$ 2.891.374	\$ 2.891.374	\$ 8.360.041.664.873

α	0,4
β	0,8

Fuente: Reporte de Excel.

Prueba de Kolmogorov Smirnov a distribución exponencial.

Propiedades		Funciones	
Dominio	Continuo	x	0
Min	-INF	Densidad	2,0424E-74
Max	+INF	Densidad acum.	1,7919E-70
Moda	2,7601E+6	Supervivencia	1
Media	2,7601E+6	Riesgo	2,0424E-74
Varianza	2,4292E+10	Riesgo acum.	0
Desv. est.	1,5586E+5	Función de distribución inversa	
Coef. de var.	0,05647	P	0.8
Asimetría	0	x(P)	2,8913E+6
Curtois	0		

Fuente: EasyFit.

Observamos datos estadísticos referentes a la media, la moda, la desviación estándar, la varianza de nuestros históricos y tenemos que para el año 2020 se estima un aproximado de inversión de \$ 2'891.374 en el cultivo.

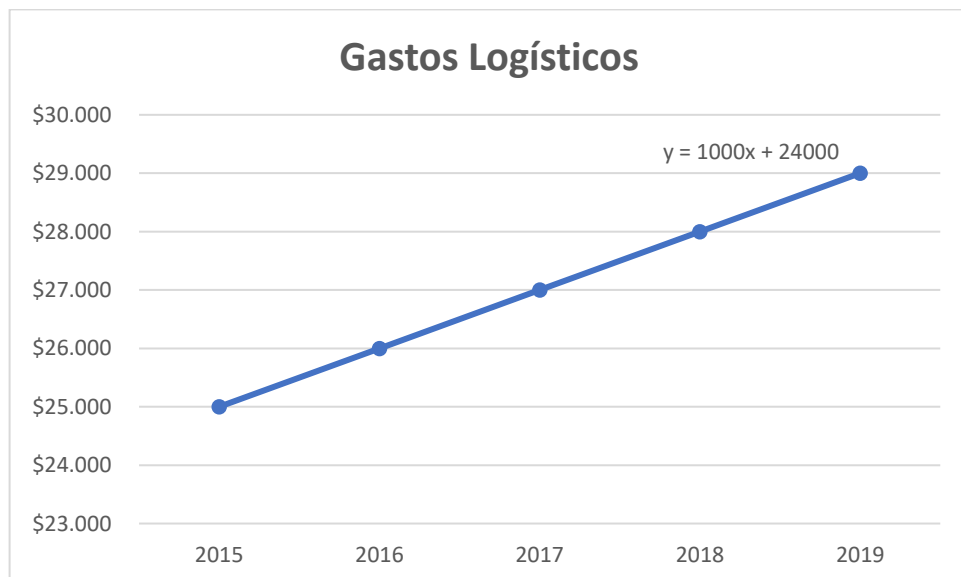
Anexo J. Cálculo de pronóstico y Ajuste Exponencial “Gastos Logísticos”.

Históricos Gastos Logísticos.

Gastos logísticos	
AÑO	VALOR
2015	\$ 40,000
2016	\$ 42.000
2017	\$ 45,000
2018	\$ 47.000
2019	\$ 48,000

Fuente: Comité regional de cafeteros (2019).

Gráfico general de tendencia de valores.



Fuente: Autores.

Cálculo de Pronóstico.

Gastos Logísticos						
Período	Valor	A_t	T_t	$A_t T_t$	Error	Error ²
1	\$ 40.000					
2	\$ 42.000	\$ 40.000	\$ 50.700	\$ 90.700	\$ 48.700	2.371.690.000
3	\$ 45.000	\$ 41.600	\$ 16.330	\$ 57.930	\$ 12.930	167.184.900
4	\$ 47.000	\$ 44.320	\$ 6.803	\$ 51.123	\$ 4.123	16.999.129
5	\$ 48.000	\$ 46.464	\$ 3.542	\$ 50.006	\$ 2.006	4.022.832
6		\$ 47.693	\$ 1.923	\$ 49.638	\$ 49.638	2.463.931.044

α	0,8
β	0,7

Fuente: Reporte de Excel.

Prueba de Kolmogorov Smirnov a distribución exponencial.

Propiedades

Dominio: Continuo

Min: -INF

Max: +INF

Moda: 46809

Media: 46809

Varianza: 1,1300E+7

Desv. est.: 3361,5

Coef. de var.: 0,07181

Asimetría: 0

Curtosis: 0

Funciones

x: 0

Densidad: 9,2919E-47

Densidad acum.: 2,2317E-44

Supervivencia: 1

Riesgo: 9,2919E-47

Riesgo acum.: 0

Función de distribución inversa

P: 0.8

x(P): 49638,0

Fuente: EasyFit.

Observamos datos estadísticos referentes a la media, la moda, la desviación estándar, la varianza de nuestros históricos y tenemos que para el año 2020 se estima un aproximado de gastos logísticos \$ 49.638.

Anexo K. Cálculo de pronóstico y Ajuste Exponencial “Salario promedio a personal involucrado en la siembra y cosecha”.

Históricos Salario promedio a personal involucrado en la siembra y cosecha.

Salario a personal involucrado en la siembra y cosecha	
AÑO	VALOR
2015	\$ 25.000
2016	\$ 26.000
2017	\$ 27.000
2018	\$ 28.000
2019	\$ 29.000

Fuente: Comité Regional de cafeteros (2019).

Gráfico general de tendencia de valores



Fuente: Autores.

Cálculo de pronóstico

Salario a personal involucrado en siembra y cosecha

Período	Valor	A_t	T_t	$A_t T_t$	Error	Error ²
1	\$ 25.000					
2	\$ 26.000	\$ 25.000	\$ 30.000	\$ 55.000	\$ 29.000	\$ 841.000.000
3	\$ 27.000	\$ 25.200	\$ 3.180	\$ 28.380	\$ 1.380	\$ 1.904.400
4	\$ 28.000	\$ 25.560	\$ 642	\$ 26.202	-\$ 1.798	\$ 3.232.804
5	\$ 29.000	\$ 26.048	\$ 503	\$ 26.551	-\$ 2.449	\$ 5.995.642
6		\$ 29.416	\$ 584	\$ 30.000	\$ 30.000	\$ 900.000.000

α	0,2
β	0,9

Fuente: Reporte de Excel.

Prueba de Kolmogorov Smirnov a distribución exponencial.

Propiedades

Dominio: Continuo

Min: -INF

Max: +INF

Moda: 28669

Media: 28669

Varianza: 2,4999E+6

Desv. est.: 1581,1

Coef. de var.: 0,05515

Asimetría: 0

Curtosis: 0

Funciones

x: 0

Densidad: 1,0189E-75

Densidad acum.: 8,8574E-74

Supervivencia: 1

Riesgo: 1,0189E-75

Riesgo acum.: 0

Función de distribución inversa

P: 0.8

x(P): 30000,0

Fuente: EasyFit

Observamos datos estadísticos referentes a la media, la moda, la desviación estándar, la varianza de nuestros históricos y tenemos que para el año 2020 se estima un aproximado de salario para sembradores y recolectores de \$30.000 por persona.

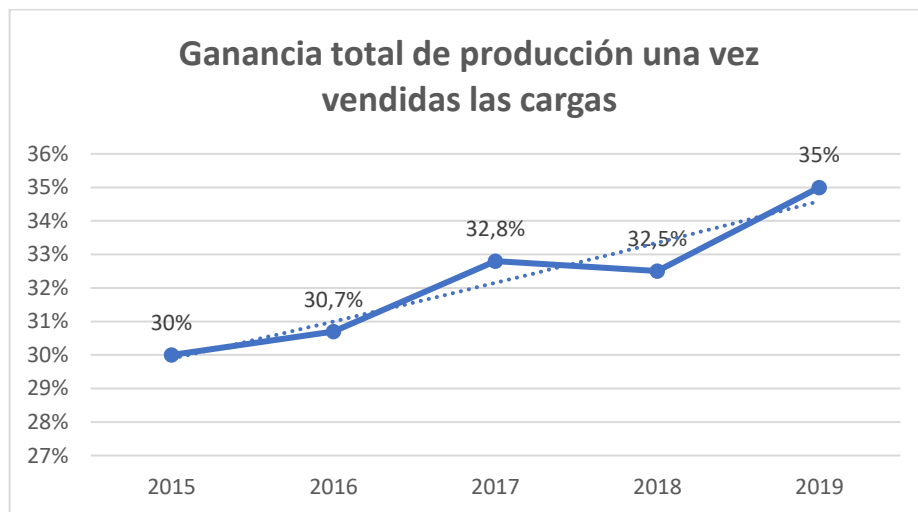
Anexo L. Cálculo de pronóstico y Ajuste Exponencial “Ganancia total de producción una vez vendidas las cargas”.

Históricos ganancia total de producción una vez vendidas las cargas.

Ganancia total de producción una vez vendidas las cargas	
AÑO	GANANCIA
2015	30%
2016	30,7%
2017	32,8%
2018	32,5%
2019	35%

Fuente: Comité regional de cafeteros (2019).

Gráfico general de tendencia de valores



Fuente: Autores.

Cálculo de pronóstico.

Ganacia de venta de cargas a centro de Acopio						
Período	Valor	A_t	T_t	$A_t T_t$	Error	Error ²
1	30,00%					
2	30,70%	30,00%	35,74%	65,74%	35,04%	12%
3	32,80%	30,35%	7,43%	37,78%	4,98%	0,25%
4	32,50%	31,58%	2,47%	34,04%	1,54%	0,02%
5	35,00%	32,04%	0,86%	32,90%	-2,10%	0,04%
6		34%	2,12%	36,12%	39%	15,57%

α	0,5
β	0,8

Fuente: Reporte de Excel.

Prueba de Kolmogorov Smirnov a distribución exponencial.

Propiedades

Dominio: Continuo

Min: -INF

Max: +INF

Moda: 34,47

Media: 34,47

Varianza: 3,8451

Desv. est.: 1,9609

Coef. de var.: 0,05689

Asimetría: 0

Curtosis: 0

Funciones

x: 0

Densidad: 1,6141E-68

Densidad acum.: 1,7947E-69

Supervivencia: 1

Riesgo: 1,6141E-68

Riesgo acum.: 0

Función de distribución inversa

P: 0.8

x(P): 36,12

Fuente: EasyFit.

Observamos datos estadísticos referentes a la media, la moda, la desviación estándar, la varianza de nuestros históricos y tenemos que para el año 2020 se estima una probabilidad de ganancia por cosecha para nuestro caficultor del 36.12%.

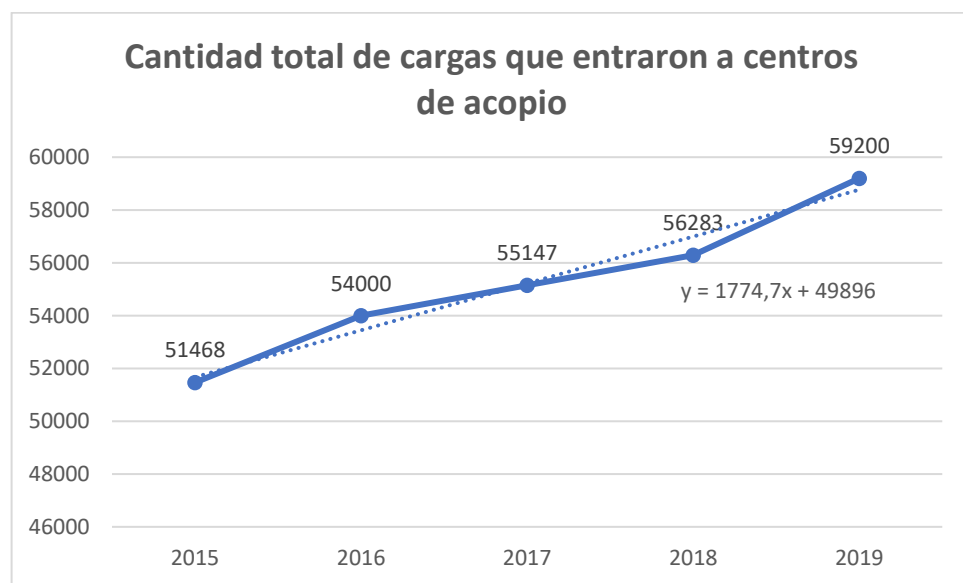
Anexo M. Cálculo de pronóstico y Ajuste Exponencial “Cantidad total de cargas que entraron a centros de acopio”.

Históricos Cantidad total de cargas que entraron a centros de acopio.

Cantidad de cargas de 60 Kg que ingresaron a centro de acopio	
AÑO	# CARGAS
2015	51468
2016	54000
2017	55147
2018	56283
2019	59200

Fuente: Comité regional de cafeteros (2019).

Gráfico general de tendencia de valores



Fuente: Autores.

Cálculo de Pronóstico

Cantidad de cargas que entran al centro de Acopio

Período	Valor	A_t	T_t	$A_t T_t$	Error	Error ²
1	51468					
2	54000	51468	60544	112012	58012	3365415349
3	55147	53240	42913	96153	41006	1681496957
4	56283	54575	30439	85014	28731	825485761
5	59200	55771	21666	77437	18237	332579248
6		45945	13876	59821	145986	21311994941

α	0,7
β	0,3

Fuente: Reporte de Excel.

Prueba de Kolmogorov Smirnov a distribución exponencial.

Propiedades

Dominio: Continuo

Min: -INF

Max: +INF

Moda: 57420

Media: 57420

Varianza: 8,1356E+6

Desv. est.: 2852,3

Coef. de var.: 0,04967

Asimetría: 0

Curtosis: 0

Funciones

x: 0

Densidad: 1,3937E-92

Densidad acum.: 0

Supervivencia: 1

Riesgo: 1,3937E-92

Riesgo acum.: 0

Función de distribución inversa

P: 0.8

x(P): 59821,0

Fuente: EasyFit.

Observamos datos estadísticos referentes a la media, la moda, la desviación estándar, la varianza de nuestros históricos y tenemos que para el año 2020 se estima un aproximado 59.821 cargas.

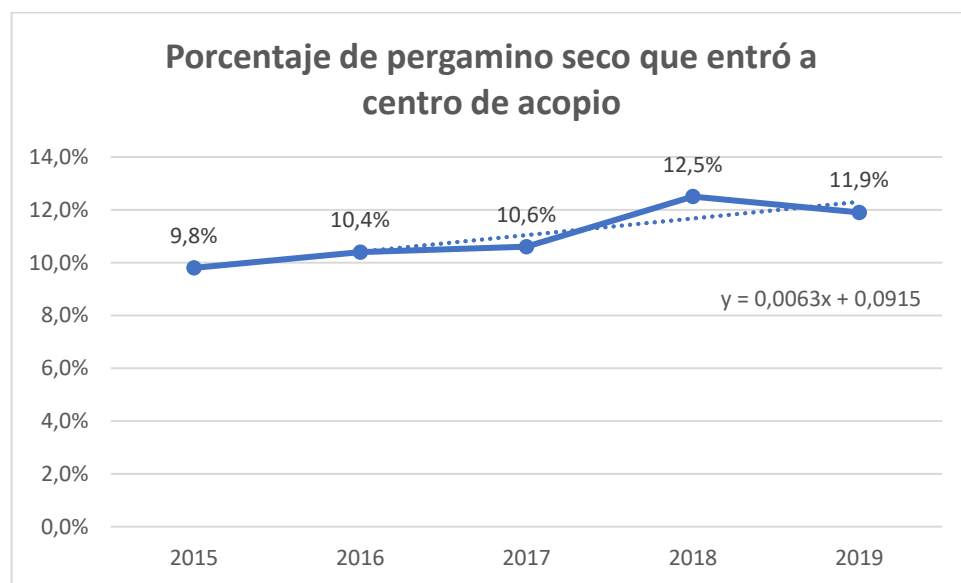
Anexo N. Cálculo de pronóstico y Ajuste Exponencial “Porcentaje de pergamino seco que entró a centro de acopio”.

Históricos cantidad de pergamino seco que entró a centro de acopio

Porcentaje de pergamino seco que entró a centro de acopio	
AÑO	PORCENTAJE
2015	9,8%
2016	10,4%
2017	10,6%
2018	12,5%
2019	11,9%

Fuente: Comité regional de cafeteros (2019).

Gráfico general de tendencia de valores



Fuente: Autores.

Cálculo de Pronóstico

Porcentaje de Pergamino Seco que llega a Centro de Acopio						
Período	Valor	A_t	T_t	$A_t T_t$	Error	Error ²
1	9,80%					
2	10,40%	9,80%	9,81%	19,61%	9,21%	0,85%
3	10,60%	10,16%	8,87%	19,03%	8,43%	0,71%
4	12,50%	10,42%	8,00%	18,43%	5,93%	0,35%
5	11,90%	11,67%	7,33%	19,00%	7,10%	0,50%
6		5,51%	7,11%	12,62%	30,66%	9,40%

α	0,6
β	0,1

Fuente: Reporte de Excel.

Prueba de Kolmogorov Smirnov a distribución exponencial.

Propiedades

Dominio: Continuo

Min: -INF

Max: +INF

Moda: 11,68

Media: 11,68

Varianza: 1,2531

Desv. est.: 1,1194

Coef. de var.: 0,09584

Asimetría: 0

Curtosis: 0

Funciones

x: 0

Densidad: 8,1420E-25

Densidad acum.: 8,6568E-26

Supervivencia: 1

Riesgo: 8,1420E-25

Riesgo acum.: 0

Función de distribución inversa

P: 0.8

x(P): 12,622

Fuente: EasyFit.

Observamos datos estadísticos referentes a la media, la moda, la desviación estándar, la varianza de nuestros históricos y tenemos que para el año 2020 se estima un aproximado de café pergamino de 12.62%.