

**DISEÑO CONCEPTUAL DE UNA PLANTA PROCESADORA DE CAFÉ TOSTADO Y
MOLIDO**

Autor

ROSA ANGELICA NIETO ORTIZ

Director

ERIK GERMÁN YANZA H.

Msc.

**PROGRAMA DE INGENIERIA QUIMICA
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA AMBIENTAL, QUIMICA Y CIVIL
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA**



UNIVERSIDAD DE PAMPLONA

PAMPLONA, MARZO 18 de 2019

Contenido

INDICE DE TABLAS.....	6
INDICE DE FIGURAS.....	7
CAPITULO 1: ANTECEDENTES	11
1.1 Reseña histórica del municipio La Jagua de Ibirico	11
1.2 Economía de la región.....	11
1.3 Historia del café en Colombia.....	12
1.4 El café en la economía.....	14
1.5 Generalidades del café.....	15
1.5.1 Especies y variedades	15
1.5.1.1 Café canephora.....	15
1.5.1.2 Café arábico.....	15
1.5.2 Composición química	15
1.5.3 El cultivo.....	16
1.5.4 El grano del café	16
CAPITULO 2: PROCESO DE PRODUCCIÓN.....	18
2.1 Beneficiado del café	18
2.2 Procesamiento por vía húmeda	18
2.2.1 Recolección	18
2.2.1.1 Recolección manual.....	18
2.2.1.1.1 Cosecha selectiva	19
2.2.1.1.2 Cosecha pelada.....	19
2.2.1.2 Recolección mecánica.....	20
2.2.1.2.1 Cosechadoras mecánicas sobre ruedas	20
2.2.1.2.2 Cosechadoras de mano ligeras	21
2.2.2 Recepción de la materia prima	22
2.2.3 Clasificación y lavado.....	22
2.2.4 Despulpado	22
2.2.4.1 Despulpador de discos:.....	22
2.2.4.2 Despulpador de cilindro horizontal	23
2.2.5 Remoción de mucilago	23

2.2.5.1 Fermentación Natural	23
2.2.5.2 Remoción mecánica	24
2.2.6 Secado	25
2.2.6.1 Secado solar	25
2.2.6.1.1 Secado en patios	25
2.2.6.1.2 Secador rotatorio	26
2.2.6.1.3 Secador solar parabólico	26
2.2.6.2 Secado mecánico	27
2.2.6.2.1 Secadora Rotatoria Guardiola	27
2.2.6.2.2 Secador con una sola cámara	27
2.2.6.2.3 Silo-secador Cenicafé	28
2.2.6.2.4 Secador de dos pisos	28
2.2.7 Descascarado y pulido	28
2.2.8 Tostado	28
2.2.8.1 Tostador De Tambor Horizontal Rotatorio	29
2.2.8.2 Tostador De Tambor Vertical Estático, Con Agitación	29
2.2.8.3 Tostador de Lecho Fluido	29
2.2.9 Molienda	30
2.2.10 Envasado del producto terminado	30
CAPITULO 3: METODOLOGÍA	31
3.1 Estudio de mercado	31
3.1.1 Metodología	31
3.1.1.1 Tipo de estudio	31
3.1.1.2 Población objetivo	31
3.1.1.3 Instrumentos de investigación	31
3.1.2 Análisis de la información	32
3.1.2.1 Características socio-económicas de las personas encuestadas	32
3.1.2.2 Perfil del consumidor de café	33
3.1.2.3 Análisis de competencia	34
3.1.2.4 Análisis de clientes	35
3.1.2.5 Mercado potencial	37
3.2 Localización de la planta	38
3.2.1 Valoración de los factores	38

3.2.2 Macro localización geográfica.....	39
3.2.3 Micro localización geográfica.....	40
3.2.4 Matriz DOFA.....	41
3.3 Selección de la maquinaria.....	42
3.3.1 Balance de materia del proceso.....	42
3.3.2 Especificaciones de la maquinaria necesaria.....	44
3.3.2.1 Báscula.....	44
3.3.2.2 Tolva de recepción.....	45
3.3.2.3 Separador hidráulico.....	45
3.3.2.4 Despulpadora.....	46
3.3.2.5 Zarandas planas y cilíndricas:.....	47
3.3.2.6 Tanques fermentadores.....	48
3.3.2.7 Sistemas de lavado.....	49
3.3.2.8 Secado.....	49
3.3.2.9 Trilladora.....	50
3.3.2.10 Tostadora.....	51
3.3.2.11 Molino.....	52
3.3.2.12 Selladora.....	53
3.3.2.13 Transporte del beneficio húmedo.....	53
3.3.3 Balance de energía del proceso.....	54
3.4 Propuesta reutilización de desechos.....	56
3.4.1 Impacto ambiental de los beneficios de café.....	56
3.4.1.1 Características físico-químicas y microbiológicas de las aguas residuales del café.....	57
3.4.2 Alternativas potenciales de aprovechamiento de los subproductos del beneficiado del café.....	59
3.4.3 Consideraciones sobre las alternativas.....	59
3.4.4 Evaluación de las alternativas.....	60
3.4.4.1 Criterio medio ambiental.....	60
3.4.4.1.1 Matriz de comparación por pares.....	60
3.4.4.2 Criterio de rendimiento de la materia prima.....	61
3.4.5 Técnicas para producir abono orgánico.....	62
3.4.5.1 Ensilaje de la pulpa.....	62
3.4.5.1.1 Características.....	62

3.4.5.1.2 Tipo de silo:	62
3.4.5.1.3 Proceso de obtención	63
3.4.5.2 Compost	64
3.4.5.2.1 Definición	64
3.4.5.2.2 Características del compost.....	64
3.4.5.2.3 Características de los materiales	64
3.4.5.2.4 Proceso de obtención	64
3.4.5.3 Lombricomposta.....	65
3.4.5.3.1 Definición	65
3.4.5.3.2 Características de la lombriz roja.....	65
3.4.5.3.3 Proceso de obtención	65
3.4.5.3.4 Desventajas	66
3.4.5.4 Bocashi	66
3.4.5.4.1 Definición	66
3.4.5.4.2 Proceso de obtención	66
3.4.6 Selección de la mejor alternativa para hacer abono orgánico.....	66
3.4.6.1 Proceso de obtención del Compost.....	67
3.5 Selección de empaques	69
3.5.1 Empaque de café tostado y molido.....	69
3.5.2 Materiales De Empaque.	69
3.5.3 Selección de empaques	71
3.6 Factibilidad del proyecto	73
3.6.1 Flujo de caja proyectado.....	73
3.6.2 Inversiones.	73
3.6.2.1 Inversión en terreno y obra civil.....	73
3.6.2.2 Inversiones en Maquinaria, Equipo y Herramientas	73
3.6.3 Costos operacionales.....	74
3.6.3.1 Costos de Materia Prima.....	74
3.6.3.2 Costos por Mantenimiento Operativo	74
3.6.3.3 Gastos por operarios	74
3.6.3.4 Gastos por Depreciación	75
3.6.3.5 capital de trabajo.....	75
3.6.4 Determinación de los ingresos.....	75

3.6.5 Fuentes de financiamiento	75
3.6.5.1 Plan de financiación	76
3.6.6 Indicadores de viabilidad	76
3.7 Distribución de la planta.....	77
3.7.1 Determinación de las áreas de trabajo necesarias.....	77
3.7.2 Distribución de la planta	78
CONCLUSIONES.....	83
RECOMENDACIONES.....	84
BIBLIOGRAFIA	85
ANEXOS	91

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Resultados obtenidos del método ponderado.....	38
Tabla 2 Resultado para la localización por el método Electra	39
Tabla 3 Resultado matriz DOFA	41
Tabla 4 Especificaciones de los trasportadores de tornillos sin fin para tolva, clasificador, despulpadora y tanque de fermentación, respectivamente.....	53
Tabla 5 Potencia y tiempos de operación de los equipos	55
Tabla 6 Consumo energético por equipo	55
Tabla 7 Consumo calórico del proceso	56
Tabla 8 Algunas características de las aguas de lavado de café	57
Tabla 9 Contaminación generada por el beneficio del café	58
Tabla 10 Escala fundamental para comparaciones de pares	60
Tabla 11 Resultados de comparaciones pareadas.....	61
Tabla 12 Rendimiento obtenido por cada producto.....	61
Tabla 13 Rangos de valoración	62
Tabla 14 Resultados comparación pareada	62
Tabla 15 Características de la pulpa de café	63
Tabla 16 Análisis fisicoquímico de la pulpa de café sola y mezclada con mucilago en el proceso de compostaje.....	64
Tabla 17 características químicas de las agua mieles	65
Tabla 18 Resultado Electra para selección de abono	67
Tabla 19 cantidad de materiales utilizados en el proceso de compostaje.....	67
Tabla 20 resultados de remoción de DQO	68
Tabla 21 Características de los materiales de empaque.....	69
Tabla 22 Características de empaques comerciales	70
Tabla 23 escala fundamental para comparaciones de pares.....	71
Tabla 24 Resultado comparación por pares.....	72

Tabla 25 Resultados del Electra	72
Tabla 26 Inversión en terreno y obra civil	73
Tabla 27 Costos relacionados con la maquinaria	73
Tabla 28 Costos de servicios requeridos	74
Tabla 29 Costo por operadores	74
Tabla 30 Valor de la depreciación.....	75
Tabla 31 Ingresos anuales proyectados	75
Tabla 32 Indicadores de viabilidad del proyecto	76
Tabla 33 base de cálculo de las áreas de la empresa	77
Tabla 34 Código de cercanía.....	78
Tabla 35 Código de razones.....	78

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Participación en la producción de café	13
Figura 2 Cosecha Selectiva	19
Figura 3 Cosecha pelada.....	20
Figura 4 Cosecha mecanica	21
Figura 5 Rango de edades de los encuestados	32
Figura 6 Genero de los encuestados	32
Figura 7 Personas consumidoras de café	33
Figura 8 Frecuencia de consumo	33
Figura 9 Frecuencia de compra	34
Figura 10 Marcas de preferencia	34
Figura 11 Aspectos tenidos en cuenta para la compra	35
Figura 12 Porcentaje de aceptación	35
Figura 13 Demanda potencial.....	36
Figura 14 Aspecto más relevante para los posibles consumidores	36
Figura 15 Posibles precios del producto	37
Figura 16 Punto de venta de preferencia.....	37
Figura 17 Macro localización de la planta	39
Figura 18 Micro localización de la planta	40
Figura 19 Bascula	44
Figura 20 Tolva seca de recepción	45
Figura 21 Clasificador Hidráulico Manual.....	46
Figura 22 Despulpadora de café	47
Figura 23 Zaranda Cilíndrica.....	47
Figura 24 Tanques de Fermentación.....	48
Figura 25 Lavadora LH 300	49
Figura 26 Silo secador a Gas	50
Figura 27 Trilladora de café.....	51
Figura 28 Tostadora de café	52
Figura 29 Molino de café.....	52

Figura 30 selladora de banda semiautomática.....	53
Figura 31 modalidades de volteo según el número de pilas.....	68
Figura 32 Diagrama de relaciones de proceso	79
Figura 33 Relación de actividades general de la planta	80
Figura 34 Distribución de áreas para la planta procesadora de café.....	82

RESUMEN

En este proyecto se realizaron diferentes estudios multicriterios para realizar la propuesta de la maquinaria principal, condiciones de operación y distribución de áreas para la creación de una planta procesadora de café tostado y molido, situada en el municipio de La Jagua de Ibirico, de igual manera plantear diferentes alternativas para que el proceso de producción sea sustentable con el medio ambiente, una de estas alternativas, es evaluar una propuesta para la reutilización de los desechos generados y así lograr la disminución de los contaminantes producidos en la industria cafetera.

Además, se realizó un estudio de mercado para determinar demanda potencial y la aceptación de una nueva marca de café principalmente en el municipio de la Jagua y con posibilidad de expandir a nivel nacional. Finalmente evaluando la viabilidad económica del proyecto durante los años de vida de la planta (12 años)

2.1. Palabras clave:

Café, dimensionamiento, diseño, tostado, producción limpia.

INTRODUCCIÓN

La vereda La Esmeralda se encuentra situada al oriente del municipio de la Jagua de Ibirico en el departamento del Cesar con una altitud de 1200 msnm aproximadamente [1]. Zona donde el cultivo de café es uno de los principales productos agrícolas que ayudan al sustento familiar aun cuando su precio es bajo, provocando que los ingresos de estas familias sean reducidos debido a que el intermediario compra las semillas a un precio menor que el establecido por la Federación Nacional de Cafeteros, para luego realizar la reventa de esta materia prima a las industrias procesadoras.

Teniendo en cuenta que la economía de los agricultores de esta región se basa fundamentalmente en la producción de café, es de vital importancia la industrialización del fruto del cafeto. No hay duda alguna que el café es uno de los productos más importantes para el desarrollo del agro en Colombia y para la imagen del país en el exterior. De hecho, Colombia es el tercer productor de café en el mundo, después de Brasil y Vietnam. En el país existe más de 80 tostadoras de café autorizadas, más de 400 empresas exportadoras de café tostado, 14 exportadores de café soluble y tan solo un exportador de café liofilizado [2].

Con lo anteriormente expuesto se puede evidenciar que en el país existe un numero considerado de tostadoras de café comparado con una cantidad mínima de industrias que se dedican a la obtención de café soluble. La poca tecnificación registrada en las industrias tostadoras, se refiere exclusivamente al proceso de embalaje y empaque (maquilado), y no así al procesamiento de pos cosecha.

En ese contexto, el presente trabajo aborda, propuesta de la maquinaria principal, condiciones de operación y distribución de áreas para la creación de una planta procesadora de café tostado y molido, situada en la Vereda La Esmeralda, además se busca que el proceso de producción sea sustentable con el medio ambiente para esto se propone la reutilización de los desechos producidos y así lograr la disminución de los contaminantes producidos en la industria cafetera. Con la expectativa de una segunda fase de dimensionamiento de la torre de liofilización para la producción de café soluble y a futuro realizar la fase de construcción y puesta en marcha de la planta.

En este sentido, el desarrollo y organización de este documento se lleva a cabo a través de 3 capítulos, en el primer capítulo se encuentran los antecedentes, en el que se encontrarán los principales conceptos que ayudarán al lector a situarse mejor con respecto al desarrollo de la temática. En el segundo capítulo será el correspondiente al proceso productivo del café y en el tercer y último capítulo encontrará todo lo correspondiente con el diseño de procesos y de la planta, estudio de factibilidad, propuestas de maquinarias, reutilización de desechos, selección de empaque. La principal decisión acerca de la organización radica en la visibilidad y comprensión de documento, es decir, en la forma en la que el lector comprende las diferentes situaciones planteadas.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACION

El café ha sido una de las bebidas más aceptada a través de los siglos por sus características únicas de sabor presentes en la bebida preparada del producto tostado y molido [3]. En Colombia existen más de 518 mil caficultores [4], siendo hoy un producto que apenas representa el 7,6% de las exportaciones del país, de las cuales dependen más de 560.000 familias [3]. Esta industria en Colombia tiene una producción estimada de 10 millones de sacos con un precio de 1.010 millones de dólares mientras que a los cultivadores solo les corresponde 2 billones de pesos aproximadamente, según un informe del Ministerio de Hacienda. [4]

La producción de café cereza en la vereda la Esmeralda, ubicada en el municipio de la Jagua de Ibirico, Cesar, es de buena calidad física (cantidad de cerezas sanas), atributos que dependen de algunos factores inherentes a la planta y al entorno natural en que se cultiva (variedad, altitud, clima, suelo); pero sus productores encuentran diferentes inconvenientes al tratar de procesarlo, debido a los costos que la producción implica. Además, no se tiene el conocimiento para llevar a cabo dicho proceso de manera industrial; a nivel artesanal se tienen los conocimientos para realizar el procesamiento de la semilla de café, pero de igual manera se tienen limitaciones al momento del secado, tostado y molienda del café. [19]

Con lo anteriormente expuesto se puede ver la problemática que tienen los productores de café en la vereda la Esmeralda. Por falta de medios para el procesamiento y distribución del café que cosechan, se ven en la necesidad de vender el café ya sea pergamino o la cereza al mejor postor a precios injustos, ya que algunas veces trabajan a pérdidas puesto que el dinero que reciben no compensa la inversión de tiempo, dinero y trabajo realizado. Lo anterior conlleva al planteamiento de la siguiente pregunta problema.

¿En que beneficia el diseño de una planta procesadora de café a la comunidad de la vereda la Esmeralda?

Como se mencionó anteriormente debido a que la mayor parte de las ganancias del café se distribuyen entre los intermediarios y los procesadores de este producto, quedan solo los gastos de cosecha para los agricultores. Basado en esto se hace necesario la introducción de nuevas formas de procesamiento

y comercialización del café, de modo que se optó por comenzar con el diseño de dicha planta; teniendo como objetivo a largo plazo llevar a cabo su construcción y de esta manera contribuir con un aumento en los ingresos económico de los caficultores.

Objetivo General

Realizar el diseño conceptual de una planta procesadora de café tostado y molido.

Objetivos específicos

- Seleccionar los equipos más adecuados para la producción de café tostado y molido, teniendo en cuenta capacidad, costos, materiales, entre otros.
- Proponer una forma de reutilizar los desechos sólidos que se producen en la obtención de café tostado y molido, reduciendo la contaminación ambiental de la industria cafetera en términos de DBO, SST.
- Seleccionar de una muestra de empaques comerciales la mejor opción para preservar las características del café tostado y molido.
- Realizar un estudio de mercado para determinar demanda potencial y la aceptación de una nueva marca de café.
- Elaborar un estudio financiero con las inversiones, ventas y costos del proyecto, teniendo en cuenta los indicadores financieros y sus respectivas conclusiones para conocer la rentabilidad y viabilidad del proyecto.

CAPITULO 1: ANTECEDENTES

1.1 Reseña histórica del municipio La Jagua de Ibirico

La Jagua de Ibirico es un municipio del departamento del Cesar, ubicado al noreste del país. Al norte limita con el municipio de Becerril, al sur con Chiriguaná, al este con Venezuela y al oeste con Chiriguaná y El Paso. Está a 125 kilómetros de la capital departamental, Valledupar. La jagua de Ibirico cuenta con un gran número de veredas y tres corregimientos que son: Boquerón, La victoria de San Isidro y La Palmita. [5]

Antes de la llegada de los españoles esta región estaba habitada por los indígenas Coyaima y se conocía con el nombre de El Rincón, aunque la fundación de la población se le atribuye al español Miguel Ramón de Ibirico con su llegada en 1771, lo que provocó enfrentamientos con los indígenas por esto los sobrevivientes se vieron forzados a refugiarse en las montañas de la serranía del Perijá. Pero fue en 1979 que nació el municipio de La Jagua de Ibirico. Este nombre se divide en dos partes: El primero de ellos – Jagua – hace referencia a un árbol que abunda en la región, cuya fruta era utilizada por los indígenas como tinta para maquillarse en ocasiones especiales; el segundo aspecto- Ibirico- tiene que ver con el apellido del fundador. [6]

Para 1980 empieza la expectativa de la abonanza carbonífera pero el desarrollo socioeconómico propiamente solo comienza a partir de 1985 cuando se establece la primera compañía explotadora de carbón lo cual produce un acelerado y vertiginoso crecimiento de la población urbana que paso de 3000 habitantes en 1975 a 7000 en 1985 este hecho sumado a la escases de vivienda para la población flotante genero la creación de asentamientos subnormales en la periferia urbana y un crecimiento caótico durante los últimos años de la década de los 80 y comienzo de los 90.[7]

1.2 Economía de la región

Antes de la era del carbón, la Jagua de Ibirico a través de toda su historia fue un pueblo esencialmente agrícola, que en su época fue centro arrocero. También se produjo cacao, caña de azúcar, café (producción a baja escala), sorgo y ajonjolí.

En cuanto a cultivos tradicionales, especialmente de pan coger (yuca, plátano, ñame, entre otros). La producción de aguacate se utilizaba para el consumo doméstico, pues nunca se miró como renglón de explotación económica. Pese a ello, últimamente su cultivo se ha adquirido una importancia económica, ya que su fruto es llevado a mercados de Tunja y Santafé de Bogotá, en donde se consumen más de siete millones de unidades al año procedentes del municipio. [5]

Desde los últimos 30 años fue cuando la agronomía empezó a tecnificarse y a cultivar grandes extensiones de tierras, inicialmente se sembró a gran escala el algodón y más adelante arroz, este último cultivo le dio un gran valor al municipio siendo reconocido por ser el centro arrocero más importante del Cesar y promovió la formación de la federación local de arroceros. [8]

El café también pasó a ser un importante sector de exportación, lo cual permitió la asociación de los productores, afiliándose al comité Departamental del Cesar y la Guajira, al cual algunos le venden su producción en la ciudad de Valledupar. [8]

Además, otra sección de gran importancia en la parte económica, lo constituye la ganadería. Aproximadamente el 43% del área geográfica del municipio se dedica a la ganadería, para la producción de leche y carne. [8]

Lo que corresponde a la minería, se opina que los primeros yacimientos carboníferos fueron descubiertos en 1874 por Jhon May, quien anunció sobre la presencia de grandes vetas de carbón en territorio donde hoy en día se encuentra situado el Cesar y la Guajira. [8]

En el mandato del doctor Carlos Rodado Noriega como ministro de minas y energía, durante el régimen de Belisario Betancur, se llevó a cabo la contratación de la empresa multinacional Marathon para comenzar con la explotación minera en esta zona. Debido a anomalías mostradas en la ejecución, dicho contrato fue anulado, siendo beneficiada en la nueva adjudicación, la Empresa Colombiana Carbones de Colombia, Carbocol. A continuación, el ministerio de minas formalizó la creación de Ecocarbón, con la misión de tener el control sobre la explotación de los carbones del país. [8]

Desde el inicio de 1990 el carbón empezó a ser considerado como una de las principales fuentes energéticas mundiales y es por esto que se ha convertido en objeto de producción económica y opción de progreso para la región. Al Municipio le atañen reservas por un valor aproximado a los 2000 millones de toneladas, localizadas en las minas a escasos 5 kilómetros de la cabecera municipal, en un área de 6911 hectáreas, concedidas para su explotación a diferentes proyectos y empresas. [8]

1.3 Historia del café en Colombia

No se tiene convicción sobre las circunstancias en que llegó el café a Colombia. Las evidencias históricas indican que fueron los jesuitas quienes trajeron semillas del grano a la Nueva Granada hacia 1730, sin embargo, hay distintas versiones de los hechos. Cuenta la leyenda que algún viajero ingresó las semillas del café por el oriente del país, a través de la Guyana y pasando luego por Venezuela. Una de las evidencias más antiguas de la presencia del cafeto se encuentra registrado en libro El Orinoco Ilustrado (1730), escrito por el sacerdote Jesusita José Gumilla. El segundo testimonio escrito pertenece al arzobispo- virrey Caballero y Góngora (1787) quien en un informe a las autoridades españolas registró su cultivo en regiones cercanas a Girón (Santander) y a Muzo (Boyacá). [9-12-14]

En 1835 tuvo lugar la primera producción de café en la zona oriental del país y los registros revelan que los primeros 2.560 sacos fueron exportaron desde la aduana de Cúcuta, en la frontera con Venezuela. Esta producción se le atribuye al sacerdote Francisco Romero, quien imponía como penitencia a sus feligreses sembrar café, lo que permitió la propagación del café hacia los departamentos de Santander y Norte de Santander, en el nororiente del país; posteriormente en 1850 se hace la expansión hacia el centro y el occidente del país, a través de Cundinamarca, Antioquia y la zona del antiguo Caldas. [9-10-12]

A pesar de la rápida expansión del café, fue a mediados del siglo XIX que se consolidó la exportación del café. Hecho que llamó la atención de los grandes hacendados, ya que, en su intento de exportar tabaco y quina, no fue económicamente rentable. A finales de siglo el café contaba con buenos precios en el mercado internacional, pasando de una producción de sesenta mil sacos de 60 kilos a cerca de los 600 mil. [9-10-11-13]

En la transición del siglo XIX al siglo XX, la economía de las grandes haciendas se fue al piso debido a la caída que tuvo el precio del café. Y por si no fuera suficiente, en los primeros años del nuevo siglo se da lugar a la Guerra de los Mil Días, un nuevo golpe para los hacendados, esto hizo que mantener sus cultivos en buenas condiciones fuera una tarea de gran dificultad; este evento, sumada a hecho de que estos productores se habían endeudado en el exterior para desarrollar sus cultivos, los arruinó. Las haciendas cafeteras de Santander y Norte de Santander entraron en crisis, y las de Cundinamarca y Antioquia se estancaron. [9-11-12]

Desde 1875 se había promovido el cultivo para pequeños productores de café en Santander y algunas zonas Antioquia y en la zona del denominado Viejo Caldas. Consolidando un modelo de exportación basado en la economía campesina e impulsado por la migración interna. La expansión de esta nueva caficultura, sumada a la crisis de las grandes haciendas, provocó uno de los cambios más reveladores de la caficultura colombiana, logrando que el occidente colombiano tomara la delantera en el desarrollo cafetero del país. [9-10-13]

Con este cambio se vieron favorecidos los propietarios de pequeñas tierras que estaban incursionando en el sector. El cultivo del café era una opción muy atractiva para los campesinos, debido a que les daba la posibilidad de hacer un uso permanente e intensivo de la tierra, a diferencia de otros cultivos en los que se hace necesario la quema y por ende el terreno no podía ser cultivado durante un tiempo. [10-15]

Si bien, los nuevos caficultores demostraron tener gran capacidad para crecer a pesar de los precios internacionales, Colombia no tuvo una gran eficacia en el mercado mundial. En 1927 se da la creación de la Federación Nacional de Cafeteros (FNC), contribuyendo con el crecimiento de la industria del café en Colombia, como se evidencia en la figura 1, entre los años 1935- 1940. [9-15-16]

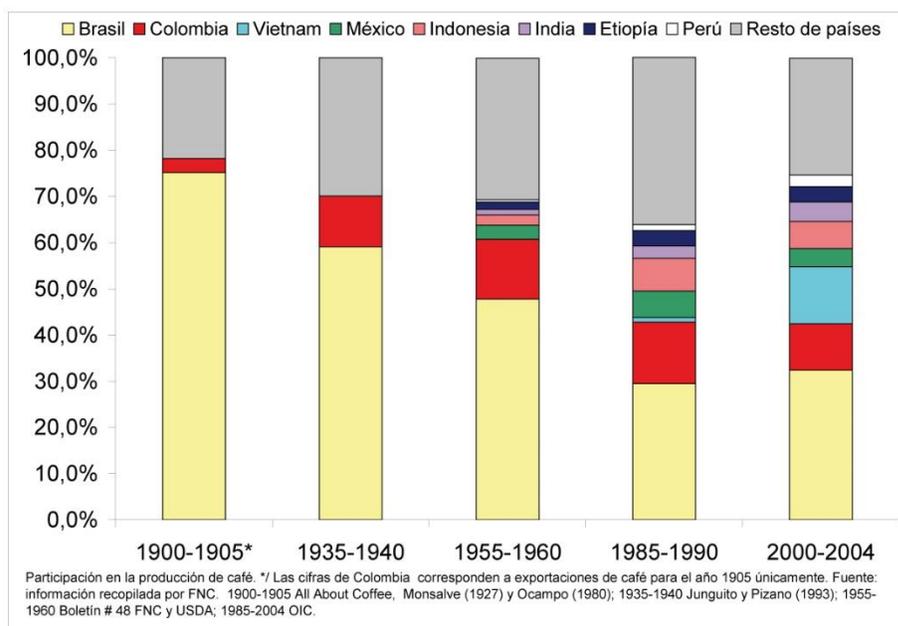


Figura 1 Participación en la producción de café

Fuente: **Café de Colombia**

La vinculación de agricultores y pequeños caficultores con la Federación les ha permitido confrontar desafíos habituales de logística y comercialización que particularmente no hubiesen conseguido eludir. Con el tiempo, y a través de la investigación en Cenicafé, constituido en 1938, y del Servicio de Extensión agrícola, se desarrollaron sistemas de cultivo y seguimiento que permitieron distinguir el producto y garantizar su calidad. Actualmente la tierra del café en Colombia comprende todas las cordilleras y zonas montañosas del país, generando ingresos a más de 563,000 familias productoras del grano. [9-15-16]

1.4 El café en la economía

El campesino dedicado al sector cafetero no solo es un pilar fundamental y poderoso motor de la economía del país, sino garantía de estabilidad y paz social. La relevancia del sector puede valorarse no solo a partir de cifras dicientes en materia de empleo, exportaciones, PIB y valor de la producción (rubros esenciales para el desarrollo social y económico del país), sino por el costo de oportunidad de la caficultura, es decir, lo que el país perdería si desapareciera esta actividad agrícola de creciente valor agregado. [17-19]

El caficultor se caracteriza por su disciplina y constancia, aptitudes que contribuye el crecimiento en la cadena de una industria mundial cada vez más sofisticada y anhelada, que se traducen en gratificaciones económicas debido a la calidad y sostenibilidad del producto. [17-18]

La arquitectura del gremio creada para defender a los caficultores ha conseguido diversos logros para la economía del país, entre los logros obtenidos encontramos, proveer bienes públicos como el Servicio de Extensión y la garantía de compra, y ayudar al productor a escalar en la cadena de valor. [17-20]

El café ha sido uno de los principales productos de exportación, el café es el segundo producto básico más valioso del mundo, siendo el petróleo el primero. En el último mes del año anterior las exportaciones aumentaron 9,2% frente al mismo mes de 2017 pasando de 1,2 millones de sacos de café a 1,3 millones. En lo corrido del año cafetero (octubre-diciembre 2018) las exportaciones del café de Colombia registraron 3,6 millones de sacos frente a los 3,5 millones exportados en el mismo periodo de 2017, un aumento de 3,4%. Pese a la baja de los precios, las exportaciones de café fueron 2,5 veces más que las de banano, un tercio más que el renglón floricultor y casi el doble de las de azúcar crudo. [17-21]

El nivel de producción cafetera es tan alto que implica alrededor de 590 municipios y los departamentos andinos del país. La producción de Colombia, mayor productor mundial de café arábigo suave lavado, cerró 2018 en 13,6 millones de sacos, cifra inferior al cierre de 2017. Esto es debido al fenómeno de La Niña débil que se registró el año pasado y que tuvo incidencia en su mayoría, en los departamentos con cosecha principal el segundo semestre del año 2018. Es preciso recordar que todos los indicadores de la caficultura, en cuanto a variedades, edades y densidad, se mantienen en buenos niveles. [18-21-22]

El área disponible para el cultivo del café es alrededor de 3,6 millones de hectáreas y se cultiva en 970 mil hectáreas, generando cerca de 800 mil empleos directos para las familias propietarias de los predios cafeteros y a miles de recolectores de café, además del empleo directo, la caficultura ocupa a personas en toda la cadena de valor (comercialización, trilla, transporte, industrialización y

exportación), lo que se traduce en cerca de 1,6 millones de empleos indirectos, situación que determina que ésta sea nuestra industria emblemática. El empleo que genera la caficultura es 3,5 veces el empleo creado por los cultivos de arroz, maíz y papa juntos, y cerca de 10 veces el que genera el cultivo de palma africana y caucho juntos. Así, el empleo cafetero es un vigoroso motor y agente para reducir la pobreza, distribuir el ingreso en la población rural y dinamizar la economía. [17-18-23]

Los ingresos adquiridos por las ventas del café se evalúan el rededor del \$3,4 billones de pesos, dinero que es distribuido entre 561 mil familias aproximadamente, traducido en consumo de bienes y servicios en la economía de más de 590 municipios (más de la mita del país). Esto representa al año cerca de \$745 mil millones en vivienda y servicios, \$1,6 billones de gasto en alimentos; \$738 mil atribuidos a comunicaciones, salud, educación, recreación; \$176 mil millones en ropa y calzado y \$198 mil millones en transporte, lo que a su vez genera empleo y crecimiento en otros sectores. Por lo anteriormente expuesto es que creó el fondo de estabilización de precios del café, para garantizar la sostenibilidad del ingreso de las familias cafeteras procurando el equilibrio del precio del café, e impulsando la consolidación del proceso de transformación productiva en aras a lograr la sostenibilidad de la caficultura y mejorar las condiciones y la calidad de vida de este sector. [17-24-25]

1.5 Generalidades del café

El café siendo una de las bebidas más tomadas en el mundo es importante conocer su origen y sus diferentes tipos de plantas. La primera descripción de esta planta fue en 1592 por Prospero Alpini y un siglo más adelante Antoine de Jussieu en 1713 la denominó *Jasminum arabicanu*. [26]

1.5.1 Especies y variedades

Hoy en día existen más de 103 especies, sin embargo, las causantes del 99% del comercio mundial son el arábica y *canephora*.

1.5.1.1 Café *canephora*

El café *canephora* tiene una amplia distribución geográfica y se encuentra silvestre en el África, como en Congo, Sudán, Uganda, y el Noroeste de Tanzania y Angola. En cuanto al consumo en la población mundial el 35% es de esta especie, conocida como Robusta. Las variedades de Robusta, por lo general, tienen órganos pequeños (hojas, frutos, flores y granos) y son conocidas como Conilon, Koulliou o Quillou. Las zonas bajas tropicales de África, permitieron que esta especie desarrollara con el paso de los siglos resistencia a numerosas plagas y enfermedades. [26-27]

1.5.1.2 Café arábico

El café arábigo es el más comercializado, dado a que aproximadamente el 60% es comercializado en todo el mundo, esta, es una especie que se auto fertiliza lo que a echo que sea parte de numerosos estudios. En Colombia las plantaciones están concentradas en altitudes que oscilan entre los 1200 y los 1800 m.s.n.m. el contenido de cafeína de los granos está entre 1,0 y 1,4% en base a materia seca, y es menos amargo que la otra especie cultivada. Es el café de mejor calidad en taza. Este posee unas células que forman extensiones tubulares denominadas pelos radicales el cual permite mayor absorción de agua y nutrientes minerales. [26-27]

1.5.2 Composición química

El café está compuesto por más de 1000 sustancias químicas distintas incluyendo aminoácidos y otros compuestos nitrogenados, polisacáridos, azúcares, triglicéridos, ácido linoleico, diterpenos (cafestol y kahweol), ácidos volátiles (fórmico y acético) y no volátiles (láctico, tartárico, pirúvico,

cítrico), compuestos fenólicos (ácido clorogénico), cafeína, sustancias volátiles (sobre 800 identificadas de las cuales 60-80 contribuyen al aroma del café), vitaminas, minerales. Otros constituyentes como las melanoidinas derivan de las reacciones de pardeamiento no enzimático o de la caramelización de carbohidratos que ocurren durante el tostado. Existen variaciones importantes en la concentración de estos componentes según la variedad de café y el grado de tostado. [28]

1.5.3 El cultivo

Para tener una buena calidad de café en el cultivo influyen muchos factores, como lo son, el tipo de café que se va a cosechar, el entorno en el que crece, la forma como se siembra el café y el manejo adecuado agronómico del cultivo. Cada especie de café tiene un tiempo aproximado de cosecha, en el caso del arábica ocurre entre 7 u ocho meses después de las floraciones. Para que una planta de café florezca debe ocurrir un estrés hídrico seguido de lluvias, por consecuente en países con estaciones de lluvias más continuas se tendrá cosechas en tiempos más cortos, de alrededor de tres meses en el año. [29-30]

Para el caso de Colombia las épocas de lluvias son muy dispersas en relación a las diferentes regiones de los países, es por eso que en algunas de estas regiones se pueden presentar floraciones en 11 o 12 meses del año, mientras que en otras partes el tiempo de floración es menor. [29-30]

1.5.4 El grano del café

El fruto del café en principio de color verde y luego se va tornando a rojo o en algunos casos amarillo, esto en el proceso de maduración. En su interior hay dos semillas estos son los granos del café, los cuales se encuentran protegidos por una película plateada y recubiertos por una piel de color amarillo. [31-26]

Internamente la semilla del café está compuesta por varias capas las cuales son:

- Piel, cereza- exocarpio
- Mucilago, pulpa – mesocarpio
- Película plateada- epidermis
- Pergamino- Endocarpio
- Dos semillas – Endospermo
- Embrión

La piel o cereza es la capa externa de la semilla, esta la protege y contiene todas las partes de la cereza, el exocarpio representa el 43.2% del fruto en base humedad. La piel está formada por una capa de célula parenquimatosas, su color va cambiando a medida que se va madurando. [32-33]

El mucilago se encuentra entre el endocarpio y exocarpio, este está formado por más de 20 capas de células que contienen cloroplastos que cubre los dos granos. El grueso de la capa del mesocarpio es aproximadamente de 5mm de espesor y es rico en azúcares. La pulpa representa el 11.8% del fruto en base humedad. [32-33]

Por otro lado, el pergamino es una de las dos capas que protege el grano, esta es de color amarillo un poco dura y frágil cuando se seca. El endocarpio se encuentra entre el mucilago y una película plateada. El café es denominado pergamino cuando este tiene la cutícula protectora de café. [3-32]

La película plateada está formada por células esclerenquimatosas, esta es una de las dos capas que recubre el grano ubicándose entre el pergamino(endocarpio) y el grano (endospermo) representando el 0,2% del fruto en base humedad. [32-33]

Cada café está formado por dos semillas llamadas endospermo, esta semilla se encarga de alimentar al embrión, sirviendo así de fuente de nutrientes durante los primeros estados de desarrollo. Por último, el embrión se encuentra sobre la cara superior de la semilla, con una orientación hacia el extremo en forma puntiaguda, su tamaño es relativamente pequeño (1-2 mm) y muchas veces se desprecia. [32]

CAPITULO 2: PROCESO DE PRODUCCIÓN

2.1 Beneficiado del café

El procesamiento del café verde consiste en el aislamiento de la semilla, retirando las diversas capas exteriores que tiene la baya y secándolo hasta que su contenido de humedad sea máximo del 12%. Existen dos métodos de procesamiento: el método seco (sin lavar) y el método húmedo (lavado), para este estudio se tendrá en cuenta el procesamiento por vía húmeda detallado a continuación. [3-34]

2.2 Procesamiento por vía húmeda

El beneficio por vía húmeda se comienza con la recolección o cosecha cuidadoso, se realiza la selección de acuerdo con el tamaño, densidad y grado de madurez, para asegurar que las cerezas recolectadas sean la más maduras y solamente unas pocas estén sobre o medio maduras [3]. Este es uno de los pasos con mayor importancia e influencia en la característica del café, mientras que el café elaborado con cerezas maduras es naturalmente dulce y brillante con notas florales y frutales. El café procesado a partir de cerezas no maduras puede tener un sabor a hierba, verde, fino o astringente y, finalmente, procesado a partir de cerezas demasiado maduras y arrugadas (también conocidas como pasas o pasillas) corre el riesgo de tener un sabor fermentado o mohoso [35].

Considerando lo expresado anteriormente, la ejecución de la cosecha de café se constituye en una actividad que debe ser sujeto de control y estricta supervisión.

Antes de iniciar el procesado se realiza una selección con varias etapas, en la primera se lleva a cabo un lavado preliminar durante el cual se pueden separar por flotación algunas cerezas de inferior calidad y materiales extraños; en la segunda etapa se clasifican en función del tamaño haciéndolas pasar por cribas. [3]

Además de tener en cuenta el tiempo de maduración de la cereza otro contribuyente crítico a la calidad de las bebidas de café es la serie de prácticas de pos cosecha realizadas para obtener granos secos aptos para tostar. Estas prácticas implican varias etapas de procesamiento previas para poder preparar una taza de café, que incluyen la recolección, el despulpado, el secado, tostado y molienda [37]. A continuación, se describen los procesos llevados a cabo mediante este método de beneficio.

2.2.1 Recolección

Primero se debe realizar la recolección de las cerezas del café, el momento de recolección lo determina el color de las bayas caracterizándose por ser un color rojo intenso cuando están maduros y listo para su cosecha [36], este procedimiento es particularmente difícil puesto que la fruta del café no suele madurar uniformemente. Las cerezas inmaduras o excesivamente maduras son difíciles de procesar y con ella se obtiene un producto de baja calidad. Como se mencionó anteriormente este proceso tiene gran importancia ya que tiene gran influencia en el sabor final de la tasa de café. La recolección de la fruta se puede realizar a mano o mecánicamente. [37-38]

2.2.1.1 Recolección manual

En este proceso se recolectan los granos uno a uno, la elección de las cerezas maduras se realiza por medios visuales utilizando el color como criterio.

Las técnicas de recolección manual más utilizadas son la recolección selectiva y el desmonte.

2.2.1.1.1 Cosecha selectiva

Consiste en la recolección manual únicamente de cerezas maduras. Este proceso es cuidadoso debido a que de esto depende la cantidad de cerezas a recolectar, por lo que cada árbol es visitado varias veces. Las cerezas se colocan a mano en bolsas o canastas que los recolectores generalmente sostienen al nivel de la cintura. Se debe tener en cuenta que, aunque se haga una selección rigurosa es de esperar que exista un pequeño porcentaje de cerezas inmaduras y demasiado maduras. [39-51]



Figura 2 Cosecha Selectiva

Fuente: Informa-tico

Sin embargo, obtener solo cerezas maduras de café a través de la selección selectiva es costoso y laborioso, aunque algunos estudios concluyen que solo las cerezas totalmente inmaduras son las que producen un café tostado con atributos sensoriales inferiores para la producción de café especial, esto también depende del lugar de cosecha y no se ha generalizado a todas las clases de café [40].

La mayoría de los países que producen café lavado recurren a la recolección selectiva. Las excepciones notables son Hawái y Australia, donde los costos laborales hacen que la recolección manual selectiva sea inviable. Los costos de recolección pueden obligar a los productores más desarrollados de cafés lavados a reevaluar su opción de selección manual selectiva en un futuro muy cercano. [39-51]

2.2.1.1.2 Cosecha pelada

Este tipo de recolección también conocido como "ordeño", consiste en cosechar todas las cerezas presentes en una rama, independientemente de su grado de madurez. Por lo general, solo hay una ronda de selección, aunque algunos cultivadores de Arábica pueden preferir dos o tres rondas, concentrándose cada ronda en las ramas donde la maduración es más uniforme. Las cerezas cosechadas se depositan en plásticos o lienzos de tela extendidos en el suelo que ha sido previamente limpiado para evitar contaminaciones.



Figura 3 Cosecha pelada

Fuente: C. H. J. Brando.

Lo ideal es retrasar el tiempo de cosecha hasta que se obtenga un porcentaje inferior al 5% de cerezas no maduras, también se debe tener en cuenta que con este retraso en la recolección las cerezas sobre maduras se secarán por lo cual se caerán de manera natural. El desmonte es practicado por los productores de Arábica que producen cafés naturales, especialmente en Brasil, y por la mayoría de los productores de Robusta. [39]

Algo que se debe tener en cuenta es que cuando el racimo de frutos es halado se produce la defoliación y destrucción de las yemas de futuros brotes vegetativo lo cual ocasiona reducción del volumen de las cosechas futuras. [41]

2.2.1.2 Recolección mecánica

La recolección mecánica tiene menos trabajo, pero cuenta con la desventaja de recoger todas las cerezas (maduras, verdes y dañadas) por lo que es recomendable solo cosechar las cerezas que están completamente maduras. Actualmente existen dos tecnologías alternativas para la cosecha mecánica de café: grandes cosechadoras mecánicas sobre ruedas y cosechadoras manuales livianas. [37-42]

2.2.1.2.1 Cosechadoras mecánicas sobre ruedas

Son grandes maquinas con sus propios motores, hechas originalmente en Brasil, luego en los Estados Unidos y más recientemente en Australia, han estado en el mercado por más de dos décadas. Estas tienen varillas de giratorias y vibradoras que pasan a lo largo de las filas del café provocando que las cerezas maduras caigan en el sistema de recolección de placas y

tubos, donde mediante un separador mecánico se descargan las hojas y otras impurezas ligeras y las cerezas son cargadas en bolsa o un vehículo de recolección. [39-43]



Figura 4 Cosecha mecánica

Fuente: El mundo.com

A pesar de todos los desarrollos recientes, las grandes cosechadoras se encuentran restringidas por las pendientes que se presentan en las plantaciones de café y por los grandes espacios que se necesitan entre los surcos. Las máquinas stripping son eficientes en tiempo, pero no siempre son una opción por la tipografía de la finca. Solo se pueden usar cuando la tierra es relativamente plana. [39-43]

El daño ocasionado a los cafetos no depende únicamente de la velocidad de vibración, sino también de la capacidad con la que cuente el conductor de la maquinaria. Aunque es inevitable cierto grado de remoción de la hoja, puede minimizarse con un funcionamiento correcto. La rotura de ramas definitivamente debe evitarse. No se ha informado que la recolección mecánica afecte el rendimiento de cosechas futuras. [39]

2.2.1.2.2 Cosechadoras de mano ligeras

Este es un nuevo sistema que se probó en Brasil en 1994 y se vendió comercialmente desde 1995 en adelante. Su uso está aumentando en Brasil, especialmente en áreas donde la pendiente y la separación de árboles no permiten el uso de máquinas más grandes con ruedas [39-51].

Los batidores son dispositivos que generan fuerzas mecánicas y flexiones que causan el desprendimiento no selectivo de la fruta de café, estos dispositivos de recolección se caracterizan por su fácil uso y tiempo de recolección (menos de 5 segundos) contribuyendo con un incremento en la eficiencia de la mano de obra y una importante reducción del costo unitario (\$/kg) de la recolección de estos productos; no obstante el fruto desprendido requiere ser recogido del suelo generalmente con mallas o lonas previamente puestas. [43-44-45]

Las cosechadoras manuales se pueden usar en todas las condiciones, es decir, en todo tipo de pendientes, así como en áreas planas, con cafetos de todas las alturas y cualquier espacio entre los árboles. [39]

2.2.2 Recepción de la materia prima

Luego de la recolección del café se hace la recepción de materia prima, para luego pasarla al proceso de clasificación, el dispositivo que permite recibir el café en cereza se denomina tolva. Esta puede ser seca si la cereza es transportada a la máquina despulpadora sin emplear agua, generalmente por gravedad; o tolva húmeda cuando el café llega a la máquina mezclado con agua y por acción de ésta. La diferencia entre ambas es el consumo de agua, por el método convencional (tolva húmeda) se utilizan 5 L/kg cps, lo que representa el 12,5% del valor total de agua en el proceso, el empleo de la tolva seca o de dispositivos de bajo consumo (tolvas húmedas con recirculación, tanque sifón con recirculación), permiten ahorrar casi la totalidad de este consumo. [66]

2.2.3 Clasificación y lavado

Una vez se ha llevado a cabo la recepción del café cereza, se procede a separar los frutos defectuosos, y de ser posible, homogeneizar el tamaño mediante la separación de los frutos pequeños. Los defectuosos son aquellos frutos inmaduros y sobre maduros, secos en fruta, atacados por enfermedades o insectos. Esta separación se hace con el fin de evitar la mezcla de dichos frutos con el resto de frutos sanos. Asimismo, si los frutos pequeños se han separado (previo) el despulpe será más eficiente y el proceso de secado posterior se ve favorecido debido a la uniformidad de tamaño de los granos. [41]

Esta separación puede ser manual cuando es en menor escala, pero para volúmenes grandes se lleva a cabo la clasificación por flotación, esta consiste en la inmersión de la masa de café fruta en agua para promover la flotación de materia extraña y las cerezas en mal estado.

Para realizar la etapa de flotación, se vacían las cerezas en un tanque con agua, con forma de pirámide truncada invertida, denominado sifón; este permite inicialmente almacenar el fruto, disminuir la degradación y realizar una primera selección; los frutos menos densos y enfermos flotan y se procesan como tercera calidad, en tanto los desarrollados se sumergen para producir la primera y segunda calidad. [46]

2.2.4 Despulpado

El despulpado consiste en la remoción de la pulpa o cascara del fruto de café, esto se produce mediante la acción de fuerzas que presionan el fruto entre dos superficies, una de ellas en continuo movimiento y otra fija para retirar el exocarpio y el mesocarpio.; entre la pulpa y el pergamino de los granos de café maduro se encuentra el mucilago, un líquido gelatinoso con viscosidad y humedad apropiadas que contribuyen a la reducción sustancial del consumo de agua en las despulpadoras. [34-41-51]

Estudios realizados en cenicafé comprobaron la posibilidad de despulpar el café sin agua, utilizando las despulpadoras de cilindro horizontal y una vertical, sin que se afecte la capacidad del proceso y la calidad de los granos despulpados, en las cuatro variables: pulpa en el grano, grano sin despulpar, grano trillado y grano molido. [47]

La pulpa, que consiste en la piel externa y la mayor parte del mesocarpio, se arranca apretando las cerezas de una de las siguientes maneras:

- Entre una barra de pulpa y un disco giratorio (pulpera de disco)
- Entre una placa de pecho y un tambor giratorio (pulper cilindro horizontal)

2.2.4.1 Despulpador de discos: Consiste básicamente en uno o cuatro discos con un diámetro de 18” aproximadamente ensamblados en un eje giratorio horizontal, y una barra o pechero metálico que aprietan las cerezas contra el disco provocando la separación de la pulpa, La pulpa se separa del

pergamino por una placa con un borde recto y afilado que permite que la pulpa pase, pero retiene los granos de pergamino. Los discos están hechos de hierro fundido con bulbos en la superficie. También pueden estar cubiertos de secciones de lámina de cobre o de acero inoxidable, reemplazables. Para reducir la cantidad de cerezas sin pulir y granos dañados, tanto la barra de pulpa como la placa de separación se pueden ajustar de acuerdo con el diámetro de las cerezas. [34-41]

2.2.4.2 Despulpador de cilindro horizontal: Consiste esencialmente en un cilindro giratorio, con un diámetro entre 8-12” aproximadamente, recubierta con una camisa de cobre con hendiduras, y una placa que puede ser fabricada en hule o en metal. Los frutos de café caen sobre el cilindro en rotación, que por su movimiento son comprimidos contra la pechera de modo que las cerezas se someten a una presión que obliga a retirar la pulpa. La pulpa es atrapada por las hendiduras de la camisa, mientras que el grano es retenido por una cuchilla. El espacio entre los canales es variable y puede ser ajustado mediante unos tornillos dispuestos para este propósito. [34-41]

2.2.5 Remoción de mucilago

Esta operación tiene como objetivo eliminar la parte residual del mesocarpio, llamada mucílago, que permanece pegada al endocarpio (envoltura de pergamino), el mucilago es una estructura rica en azúcares y pectinas que cubre el endospermo de la semilla de café y mide aproximadamente 0,4 mm de espesor. Representa hasta el 22% en peso del café en baba y el 13% del peso de la cereza. [34-47-48]

El mucílago contiene 15% de sólidos en la forma de un hidrogel coloidal insoluble en agua y se adhiere al pergamino con demasiada fuerza para eliminarse mediante un simple lavado. Este se puede eliminar por fermentación seguida de lavado o por fuerte fricción en máquinas llamadas removedores de mucílago. Durante la fermentación ocurren múltiples reacciones bioquímicas que permiten que el mucilago se disuelva al cabo de 10 a 18 h, la fermentación natural del mucilago solo es necesario para permitir un buen lavado del café. [34-47]

Este proceso se realiza con el fin de facilitar el secamiento del café en pergamino, porque debido a la naturaleza coloidal del mucílago, retiene tenazmente el agua, dificultando y encareciendo el secado. De igual manera prevenir que al momento de realizar el secado los granos se adhieran entre sí. [41]

2.2.5.1 Fermentación Natural

La fermentación natural se realiza generalmente en tanques de concreto que pueden variar considerablemente en tamaño y forma, esto se hace con el fin de lograr la fluidificación del mucílago mediante la acción de enzimas propias del grano y de microorganismos. [34]

La fermentación puede ser seca (sin agua) o bajo el agua. La primera es más rápida porque las enzimas pépticas no se diluyen y la oxigenación es más intensiva, de igual manera este método permite disminuir la contaminación generada por las aguas mieles, mientras que la fermentación bajo agua es a menudo más homogénea. Cabe resaltar que el término "fermentación" no es apropiado ya que no tiene lugar ninguna reacción bioquímica dentro del grano de café. Sería más correcto referirse a la eliminación del mucílago mediante una reacción bioquímica o hidrólisis del mucílago que cubre los granos de pergamino. [34-60]

Los tiempos de fermentación pueden variar sustancialmente, entre 24 a 36 h dependiendo de la temperatura, el grosor de la capa de mucílago y la concentración de las enzimas; también se puede realizar la eliminación del mucilago mecánicamente donde se elimina la etapa de fermentación. [42-49]. Temperaturas más altas y capas de mucílago más gruesas aceleran la fermentación. Detener la fermentación en el momento adecuado es fundamental para la calidad del café, ya que evita la sobre-

fermentación y la formación de hedor. Por otro lado, cuando la fermentación es deficiente o demasiado lenta, se puede desarrollar ácido butírico o ácido propiónico, los cuales tienen un impacto indeseable en la calidad del café. [34-46]

Cuando se ha logrado la degradación del mucilago se procede al lavado con agua. Este lavado se realiza en tanques para pequeños productores o utilizando dispositivos que operan por “batches” como el canal de correteo, el cual es removido manual o mecánicamente. O en canales que operan en flujo continuo de agua y café, como el “canal semisumergido”, el trasiego por bombeo mecánico, entre otros. [41-46-48]

En cenicafé se ha desarrollado una nueva tecnología para el proceso de remoción del mucilago conocida como ECOMIL, que consiste en llevar a cabo la fermentación de forma natural sin agua, en tanques de fermentación con forma de pirámide invertida y posteriormente realizar el lavado de café haciendo uso de lavadoras mecánicas, obteniendo una reducción en el consumo de agua necesario para realizar el lavado, ya que mediante el método convencional el consumo de agua se aproxima a 40 L/Kg cps, mientras que utilizando el ECOMIL el gasto es de 0.7 L/Kg cps. [66]

2.2.5.2 Remoción mecánica

Este proceso se lleva a cabo mediante el friccionamiento del grano contra la superficie de un rotor y una lámina cóncava fija, dotada de perforaciones oblongas. Mediante la conducción de agua a presión, que es inyectada al café, el mucílago es forzado a pasar a través de las perforaciones de la lámina fija, mientras que el café es retenido. En los equipos modernos el rotor se dispone en posición vertical. El grano es forzado en flujo ascendente, ingresando por la base de la máquina. Dado que la remoción del mucílago opera por la aplicación de esfuerzos cortantes y la fricción, puede ocurrir daño mecánico en algunos granos de café. A primera vista el daño mecánico pareciera entonces inevitable. Sin embargo, el elemento clave es la presencia del mucílago [41-51]

El proceso de desmucilaginado se ve afectado principalmente por el diámetro del rotor, la velocidad de rotación, el tipo de rotor y la viscosidad de la suspensión; la cual a su vez depende de la velocidad de rotación, la cantidad de agua utilizada por unidad de producto, de la calidad del café en baba que entra al desmucilaginado. [47]

El mucilago al ser un tejido celular no muere en su remoción por fricción, lo que provoca la regeneración del mismo si permanece unido al sustrato, que es el grano. Por esto si la masa del café no se somete al secado inmediatamente, se produce la reproducción y regeneración del mucilago provocando la necesidad de efectuar un lavado, lo que ocasiona pérdidas de costos, por el tratamiento de aguas residuales; no obstante, el desmucilaginado mecánico del café seguido de espera al secado por seis horas desmejora la acidez del café, y provoca pérdidas de rendimiento aún mayores que las ocurridas cuando se utiliza fermentación natural. [41]

La remoción del mucilago mecánica realizada con equipos apropiados permite remover rápidamente el mucilago con ventajas sobre la fermentación natural tales como la reducción de agua, reducción de la contaminación en términos de DQO hasta el 10%, obtención de mayor cantidad de café seco, mayor utilización de secadores. [48]

Sin embargo, se debe tener en cuenta que el proceso depende de los equipos a utilizar y estos tienen un requerimiento de energía considerable, y con lo anteriormente expuesto se debe disponer de secado inmediato; considerando estos factores para productores pequeños y medianos esta técnica no es económicamente viable. [65]

2.2.6 Secado

En esta etapa se obtiene el café con 57% de humedad aproximadamente, lo cual significa que la cantidad de agua en las cerezas es aproximadamente igual a las dos terceras partes de la masa total. En Colombia las normas vigentes para la comercialización del café pergamino establecen que el contenido de humedad debe estar en un rango entre 10-12% en base húmeda, este rango es establecido debido a la relación de equilibrio higroscópico, esto corresponde al valor máximo de humedad en el cual se puede almacenar el café en condiciones ambientales durante varios meses sin presentar afectaciones. Para reducir la humedad máxima al 12%, el café debe secarse ya sea al sol, en un secador mecánico o por una combinación de ambos. [35-50-51]

2.2.6.1 Secado solar

Existen diferentes técnicas en las cuales se puede aprovechar el sol para secar el café. En este tipo de secado los granos de café se exponen directamente a la radiación solar y al aire ambiente hasta alcanzar la humedad establecida, cada una tiene sus ventajas y también límites que se relacionan con el espacio disponible y la cantidad de café a secar. Sin importar qué método se maneje, el objetivo es el mismo: reducir la humedad de un 60% aproximadamente que es el resultado después del proceso de lavado, a un 11% o 12%. Un porcentaje mayor a este acarrea problemas de humedad, dando paso a la posible formación de hongos o microorganismos que deterioran la calidad del grano y que resultan en sabor a moho en la taza, entre defectos.

En las formas de secado al sol, el café toma aproximadamente 80 horas para llegar al porcentaje de humedad deseado. Esto son aproximadamente 7 días, pero puede tomar un poco más dependiendo de las condiciones climatológicas. A continuación, se describen los métodos más utilizados. [44-52-53]

2.2.6.1.1 Secado en patios

En este método de secado, el café se extiende sobre una superficie construida en mampostería, se coloca formando una capa de poco (5 cm de espesor como máximo) que es el equivalente a 1 arroba (11.3 kg) de café pergamino seco por metro cuadrado [44-55]. Los patios deben tener una leve inclinación (0,5 % a 1% aproximadamente), y sobretodo ser completamente planos para evitar el encharcamiento. [52-53]

El grano de café es removido y volteado frecuentemente (seis veces al día aproximadamente) con el fin de mantener la humedad y la temperatura de los granos. Para efectuar el volteo se utilizan rastrillos especialmente contruidos a este propósito. El rastrillo es un instrumento de pala cuadrangular, ordinariamente de 20 a 25 cm de lado. [41-54-55]

Al inicio del secamiento el pergamino se halla firmemente adherido al grano de café. Pero en las etapas finales del secado se desprende formando una cubierta que puede desprenderse si es forzada excesivamente. El grano trillado sufre oxidación. Debe evitarse producir trillado en la maniobra de volteo del café pergamino. [41-54]

Si hay radiación solar efectiva la humedad superficial será evaporada rápidamente. A este proceso se le denomina "Oreado". Por todo lo anotado es muy recomendable que el volteo se realice con una frecuencia los intervalos máximos de una hora entre cada volteo. [41-56]

Un principio operativo básico consiste en retirar el café de los patios durante la noche. El café pergamino puede absorber humedad del aire nocturno frío y húmedo, o sufrir una llovizna repentina. Conforme lo anotado el café debe amontonarse en la parte más alta del patio, reuniéndolo en

montículos que deben ser cubiertos con mantas de material impermeable. Esto es para que exista la seguridad que el café no se rehumedezca. [41-54-56]

No se espera que el método tradicional de secado de café varíe sustancialmente en el futuro, porque el aprovechamiento de la energía disponible es muy aceptable y los costos de los equipos utilizados son razonablemente bajos, principalmente para los pequeños productores. [50]

2.2.6.1.2 Secador rotatorio

Está conformado por una estructura metálica en forma de paralelepípedo, posee una cubierta vidrio transparente; el tambor está formado por dos cilindros (interior y exterior) metálico de chapa de acero perforada, que permite recibir la energía radiante en forma perpendicular, que atraviesa la doble cubierta de vidrio. El tambor gira a una velocidad de 6 r/min a través de un mecanismo de motor reductor y transmisión por fricción. Permite también aprovechar más eficientemente las energías de las corrientes de aire que encuentra las capas de café mejor dispuestas para atravesarlas; otras ventajas adicionales son la limpieza de operación y la protección del café en caso de lluvias. El costo, la limitación de la cantidad de café y las dificultades del manejo del café, hicieron que esta propuesta de mayor eficiencia y de mejores características técnicas no fuera hasta el momento, adoptada por los caficultores. [50-57]

2.2.6.1.3 Secador solar parabólico

La marquesina es una forma muy práctica para utilizar la radiación solar y la energía del aire en el secado del café. Consiste en un techo plástico transparente y una estructura rústica en guadua o en otros materiales disponibles, dispuestos en forma parabólica, que permite aprovechar mejor la radiación difusa, durante los días poco soleados o lluviosos y la radiación directa durante las horas de sol. El sistema básico empleado por este secador es de tipo invernadero, donde como su nombre lo indica, aprovecha este fenómeno para producir una concentración de calor debido al principio físico que involucra, logrando alcanzar temperaturas máximas de 50°C en días soleados donde el proceso de secado puede tardar de 3 a 4 días, mientras que en días lluviosos se puede prolongar hasta 9 días. Este dispositivo también acumula la energía en forma de calor por el calentamiento de la losa de concreto, lo cual es muy importante en las últimas etapas de secado cuando se requiere de mayor temperatura del grano para acelerar la difusión de la humedad en el interior del grano. [50-57-59]

Con lo expuesto anteriormente este tipo de secadores presentan beneficios para el proceso de secado ya que cuentan con la protección de los granos en días lluviosos, de igual forma al café no estar en contacto directo con el suelo se evita el contacto con basura, animales, sobre secamiento, rehumedecimiento. Además de lo anterior, estas tecnologías son de fácil construcción, económicas y se pueden instalar en cualquier tipo de terreno, por esto se utilizan exitosamente en la mayoría de los departamentos colombianos; se han construido decenas de miles de ellas, permitiendo al caficultor agregar valor a su producto, obtener café de buena calidad, sin contaminar el ambiente por emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y de partículas. [51-57-58]

2.2.6.2 Secado mecánico

El secado mecánico del café es utilizado cuando las condiciones ambientales no son favorables para el secado solar y cuando el flujo de café diario es alto, lo cual incrementa las áreas requeridas y la mano de obra empleada. En el secado mecánico se aprovecha ventajosamente las propiedades físicas del café. En efecto los espacios intergranulares son uniformes y amplios, lo que permite el paso del aire en forma uniforme y evita los excesos de requerimientos de potencia mecánica. [41-51-53]

En el secado mecánico se utilizan sistemas constituidos por una fuente de calor externa, para aumentar la temperatura del aire hasta 50°C e impulsarlo por un ventilador, generalmente centrífugo. El aire caliente pasa a través de la capa del café (35 cm de espesor máximo), hasta su secado por extracción de humedad libre y difusión de humedad. Para el calentamiento del aire se han diseñado equipos que emplean la electricidad, gas, carbón y otros insumos como la cascarilla de café. A continuación, se describen los equipos más utilizados. [53-55-61]

2.2.6.2.1 Secadora Rotatoria Guardiola

Este tipo de secador fue uno de los más utilizados entre los años 60 y 70's en nuestro país. Esto es debido a que las condiciones en que se desarrolla el secamiento son muy favorables. La movilidad constante de los granos de café dentro de la cámara debida a su cilindro rotatorio, favorece la uniformidad del secamiento. La transferencia de calor hacia los granos de café, se produce cuando

estos chocan con el aire caliente que entra al secador a través de un tubo perforado, coaxial al eje del cilindro y para facilitar la evacuación del aire húmedo también eran perforadas las paredes externas del cilindro. Aunque con este tipo de secador se obtenía un producto con una distribución de humedad muy uniforme los costos de operación eran altos por lo que poco a poco se fueron sustituyendo por secadores de capa estática. [41-51-61]

El secado mecánico en Colombia utilizando silos secadores de capa estática, se realiza desde el año 1968, entre los secadores de capa estáticas encontramos el secador con una sola cámara (secador de una sola capa) con inversión de la dirección del flujo de aire, el silo-secador Cenicafé, el secador de dos pisos (secador de dos capas verticales) y el secador de tres pisos. Para ello, el grano se coloca en un dispositivo provisto de un piso construido en lámina metálica perforada y el aire lo atraviesa en una o en dos direcciones. En general los secadores mecánicos constan de cuatro componentes principales: la cámara de secado y presecado, ventilador, intercambiador de calor y el sistema de combustión. [61-62-63]

2.2.6.2.2 Secador con una sola cámara

Este tipo de secador es el más sencillo y consta de una cámara de secado. El aire caliente ingresa por la parte superior y para obtener una mayor uniformidad en el contenido de humedad del grano, el flujo del aire se invierte cada 6 a 12 horas hasta obtener el contenido de humedad requerido. Se utilizan capas de café de 40 cm de espesor. [50-55]

2.2.6.2.3 Silo-secador Cenicafé.

Consta de una unidad de calentamiento del aire de secado, un ventilador y dos cámaras en las cuales se deposita el grano. Dichas cámaras están ubicadas una al lado de la otra, en donde la primera se dispone para realizar el presecado mientras que en la contigua se lleva a cabo el proceso de secado, cuando operan simultáneamente. Las dimensiones de la cámara dependen del espesor de la capa del grano y de la capacidad del silo, las cuales varían entre 60 y 500 arrobas de café pergamino seco. El silo-secador tiene compuertas rectangulares que al abrirlas o cerrarlas permiten cambiar el sentido del flujo del aire entre sus dos cámaras. Las cámaras pueden operarse individualmente. [55-64]

2.2.6.2.4 Secador de dos pisos

Conocido también como “silo-secador vertical”. La cámara de presecado está localizada sobre la cámara de secado. En este secador, el aire que sale de la cámara inferior pasa a la cámara superior, realizando el presecado en forma ascendente. Cuando el café de la cámara inferior ha alcanzado el contenido de humedad deseado se retira y el café que se encuentra en la cámara superior se deja caer a la cámara inferior abriendo una compuerta situada en el piso del segundo nivel, y termina su proceso de secado. [50-55-64]

Frecuentemente estas secadoras se utilizan para la etapa de pre secado, que incluye el secamiento superficial (oreado). En estos casos se aplica la carga de la secadora con café lavado; en esta condición las paredes se impregnan con agua miel y ceniza de pergamino, formando una costra altamente corrosiva. [41]

Una creencia muy generalizada es que un periodo de exposición a la radiación solar mejora el color final del grano, por esta razón se suele recomendar esta combinación del secado con aire caliente y con radiación solar, ya que es económica y beneficiosa al reducir las necesidades de combustible. Se afirma que la combustión más eficaz consiste en secar los granos al sol hasta una humedad del 44% y proseguir el secado con aire caliente.

2.2.7 Descascarado y pulido

El objetivo de la es eliminar las capas de cáscara o cascarilla, también conocida como pergamino que cubren los granos de café secos. El café se pule para eliminar la fina capa de piel plateada (espermodermo) que se une estrechamente para dar a los granos un brillo extra. [39-73]

Esta operación se realiza en máquinas llamadas trilladoras, algunas de ella cumplen las dos funciones (trillado y pulido), existen varios tipos de trilladoras que varían según los proveedores y las condiciones de los productores. Posteriormente se hace la clasificación del café según tamaño. [39-73]

2.2.8 Tostado

El proceso de tostado es sin duda el determinante en consecuencia del mejor producto a ofrecer, por lo que se repite el proceso de limpieza antes de realizar el tueste, el café en este punto tiene un porcentaje de humedad que oscila entre el 10% y el 12% y deber contar en lo posible con uniformidad en el tamaño de partícula. En esta etapa se promueve la formación de los compuestos orgánicos que dan origen a el aroma característico del café, de igual manera los causantes del olor y el sabor de la infusión. [67-68-69]

El tueste se realiza en un tambor giratorio esto con el fin de asegurar el calentamiento uniforme, los cambios de color, apariencia y que se produzcan las reacciones fisicoquímicas, sin llegar a quemar el grano. A lo largo del proceso, el grano gana un 100% de volumen, disminuye entre un 12 y un 20% su peso y pierde alrededor del 10% de su cafeína. Descienden, también, sus componentes ácidos y aumentan ligeramente las grasas. [70-71]

Este proceso se puede dividir en tres etapas, en la primera ocurre la eliminación de agua a 170°C con una humedad aproximada de 2.5% y el café adquiere un color canela, es aquí donde se produce el primer crack, de igual manera los azúcares empiezan a caramelizarse adquiriendo un color más oscuro y la piel se desprende del grano. En la segunda etapa, a partir de los 190°C, el café vuelve a crepitar y acaba de desarrollar sus aromas y gases. La temperatura final, es función del tipo de máquina y color deseado, puede variar entre 200 y 240°C; estos valores de temperatura son referidos a temperatura de producto ya que la de salida de quemador puede llegar a los 500°C. [38-71-72]

La etapa final es el enfriamiento del café esto se hace para interrumpir las reacciones de pirólisis y así evitar que estos sigan asándose. Finalizado el tueste, la transformación del grano ha sido importante, los azúcares han sido caramelizados, se han creado más de setecientos nuevos compuestos responsables del gusto y la degradación de los aminoácidos ha dado lugar a oxazol y pirazina en diferentes cantidades, responsables del aroma del café, entre otras reacciones. [38-71-72]

Se debe tener en cuenta que café tostado contiene una gran cantidad de gases, dichos gases se desprenden de forma rápida en las primeras horas pero no en su totalidad, este proceso puede tardar hasta 20 días, por esto para empacar el café se debe dejar reposa el café para que libere la mayor cantidad de gases posibles o agregar a los empaques válvulas desgasificadoras. [67-68-69]

Entre los equipos de para tostar café encontramos:

2.2.8.1 Tostador De Tambor Horizontal Rotatorio

Está conformado por un cilindro metálico, una cámara de combustión que es la encargada de calentar los gases, su rango de temperatura está comprendido entre los 200°C-2300°C, el tiempo de tostado oscila entre 15-20 min. Algunos de estos equipos trabajan en continuo, donde el proceso de tueste ocurre progresivamente a lo largo de un cilindro perforado de 1,6 - 1,9 metros de diámetro, esta gira sobre su eje horizontal a una velocidad comprendida entre 2 y 7 rpm, la temperatura de los gases que se desprenden como consecuencia del tostado es del orden de los 2600 °C y están en equilibrio térmico con los granos tostados. [3-74]

2.2.8.2 Tostador De Tambor Vertical Estático, Con Agitación

Está conformado por una serie de aspas las cuales mezclan los granos de café para que entren en contacto con el aire caliente que pasa por ellos, esta agitación favorece la transferencia de calor; una vez terminado el proceso de tueste los granos son descargados y llevados a otro recipiente para su enfriamiento. La temperatura a la cual trabaja este equipo está comprendida entre los 315°C y los 3700 °C, con recirculación de los gases; los tiempos de tueste son cercanos a los 6 minutos. [3-74]

2.2.8.3 Tostador de Lecho Fluido

La diferencia entre este tostador y los anteriormente mencionados radica en que los granos de café son calentado, agitados y levitados mediante un flujo de aire turbulento a temperatura entre 140°C y 270°. El calentamiento y el enfriamiento se realizan en la misma cámara. Son de fácil limpieza y mantenimiento. Este tipo de tostadores son objetos de estudios, concluyendo que el aspecto exterior

del grano es más homogéneo y de una excelente calidad de taza, debido a que la transferencia de calor es mejor por el contacto directo que tiene el aire y los granos de café [3-46]

2.2.9 Molienda

Este proceso consiste en la reducción del tamaño del grano tostado con el objeto de aumentar su superficie y facilitar así una posterior extracción de los sólidos solubles; la estructura natural de los granos de café hace que estos se fracturen a lo largo de su superficie concoidal cuando pasa a través de los rodillos quebrantadores. Este proceso debe ser lo más inerte posible para mantener intactas las principales características del grano, luego del proceso de molienda, el café es desgasificado durante varias horas antes de envasarse, o como se mencionó anteriormente se usan válvulas en los empaques que facilitan esta operación. [67-69]

La molienda es una operación clave para proceso de producción de un buen café, a la que se le da muy poca importancia. El grano molido debe tener una granulometría palpable y no llegar a tener una consistencia pulverulenta. Si al realizar el proceso de molienda el café tiene una granulometría muy grande, al realizar la infusión, no se extraerá todos los sabores, y por el contrario si está en exceso molido, se disolverán excesivamente los componentes menos aromáticos y más amargos, además de favorecer la creación de una pasta que dificulta el proceso. [69-75]

El grado de molienda se clasifica en tres:

- Gruesa: se retienen en malla 12+16 el 33%, en malla 20+30 el 55% y en el fondo el 12%.
- Media: se retienen en malla 12+16 el 7%, en malla 20+30 el 73% y en el fondo el 20%.
- Fina: se retienen en malla 12+16 el 0%, en malla 20+30 el 70% y en el fondo el 30%.

Cada tipo de molienda tiene un uso diferente y la decisión de utilizar uno u otro depende del equipo de extracción (cafeteras - extractores) los cuales tienen un tiempo de contacto del café con el agua de extracción, y unas presiones recomendadas para la extracción. [69-70]

La molienda gruesa es destinada para cafeteras con tiempo de contacto Agua/ Café de 6 - 9 minutos como los percoladores y cafeteras de pistón. La molienda media: Para cafeteras con un tiempo de contacto Agua/ Café de 4 - 6 minutos como las cafeteras de goteo(filtro), coladores de tela, filtros de papel, grecas. Y la molienda fina: Para cafeteras con un tiempo de contacto Agua/ Café menor a los 4 minutos como las cafeteras exprés, de vacío y algunas de goteo. [3-70]

2.2.10 Envasado del producto terminado

Luego de moler el café tostado se procede a envasar el café, este proceso es básico para asegurar que el café no pierda su calidad y sus características protegiéndolo del oxígeno, la luz y de las condiciones ambientales. El café es un producto que sigue su proceso natural una vez envasado, como se mencionó anteriormente libera gases que se deben dejar salir de la bolsa mediante una válvula para que esta no se hinche. Las características y materiales de los empaques utilizados serán detallados posteriormente.

CAPITULO 3: METODOLOGÍA

3.1 Estudio de mercado

3.1.1 Metodología

3.1.1.1 Tipo de estudio

Para el desarrollo de este estudio de mercado y la consecución de los objetivos trazados se llevó a cabo una investigación de tipo mixta cualitativo- cuantitativo, haciendo uso de encuestas, de esta manera a través del análisis y de la información se pueda determinar el grado de aceptación que un producto nuevo tiene en el mercado, posibilitando la definición de un plan de mercadeo, que haga posible alcanzar el objetivo de posicionamiento de una nueva marca de Café en el municipio de La Jagua de Ibirico (Cesar).

La investigación pretende definir los atributos determinantes para el consumo, determinar la aceptación de una posible oferta por parte de dicha empresa hacia el mercado y por la naturaleza de los datos (cuantitativos) se puede medir la información obtenida mediante porcentaje, numero o cifras, logrando establecer demanda potencial.

3.1.1.2 Población objetivo

Para la presente investigación la población objeto de estudio está conformada por hombres y mujeres cabezas de hogar consumidores de café, ubicados en diferentes----de la zona rural del municipio. Debido a que la cantidad de personas que pertenecen a este --- es demasiado grande para lograr óptimos resultados de acuerdo con los recursos que esta investigación dispuso, se decidió llevar a cabo la investigación en 13 barrios, en los cuales se realizó un total de 100 encuestas, siendo esto un input para la investigación.

3.1.1.3 Instrumentos de investigación

Para esta investigación se utilizaron encuestas con preguntas de única y múltiples respuestas, la forma de difusión fue a través de las redes sociales (Facebook y WhatsApp), los cuales los remitía a la plataforma virtual surveymonkey, obteniendo un 40% de respuestas, adicionalmente se aplicaron 60 encuestas físicas, para un total de 100 cuestionarios respondidos.

primero se llevó a cabo el análisis cuantitativo, con el fin de indagar sobre las diferentes características que son determinantes en el consumo de café, los atributos que deben ser tenidos en cuenta para la satisfacción del consumidor, así como la mezcla de marketing adecuada para la comercialización de los mismos.

El procedimiento realizado para seleccionar las unidades muestrales fue aleatorio, este procedimiento se utilizó debido a que el 60% de las encuestas se llevaron a cabo a domicilio no personalizadas; en esta técnica se utilizaron tres elementos fundamentales:

- 1- En los barrios seleccionados el encuestador seleccionaba las casas con dirección pares para llevar a cabo la encuesta.
- 2- La encuesta fue aplicada a la persona a cargo del hogar
- 3- La norma de sustitución: en el caso que el domicilio seleccionado no estuviera habitado en el momento o la persona no estuviera dispuesta a responder la encuesta, se tomaba la vivienda contigua

3.1.2 Análisis de la información

La información recaudada mediante las encuestas se interpreta cuantitativamente con el conteo, ordenamiento y cálculo de participación porcentual de las diferentes respuestas, las cuales se registran en grafica circular, para visualizar el grado de importancia que tiene cada respuesta de acuerdo a la pregunta formulada.

3.1.2.1 Características socio-económicas de las personas encuestadas

Inicialmente en la fig. 5 se observa las edades de las personas encuestadas de las cuales el 45% corresponde a personas con edad de más de 35 años, por otra parte, el 25% pertenece a personas entre 18 y 25 años, el 20% y 10% de los encuestados corresponden a rangos de edades entre 30-35 años y 25-35 años respectivamente.

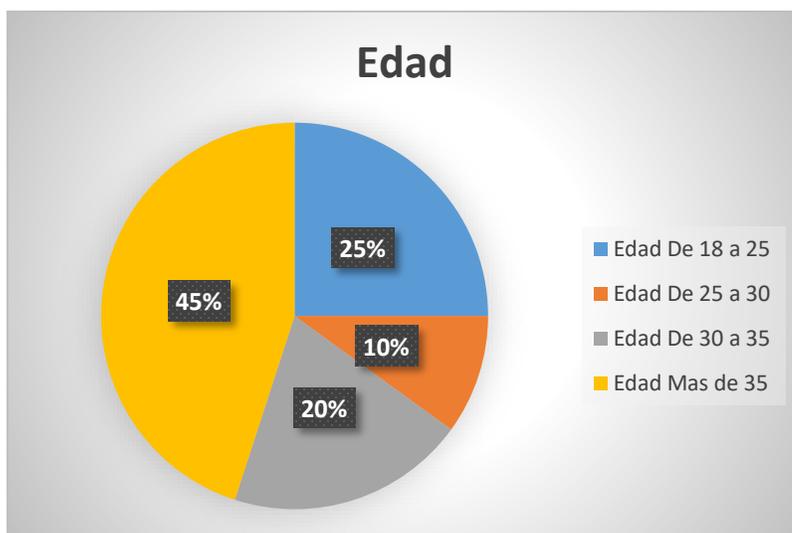


Figura 5 Rango de edades de los encuestados

En cuanto al género de la población objeto de estudio el 53% de los encuestados corresponden al género femenino y el restante 47% al género masculino.

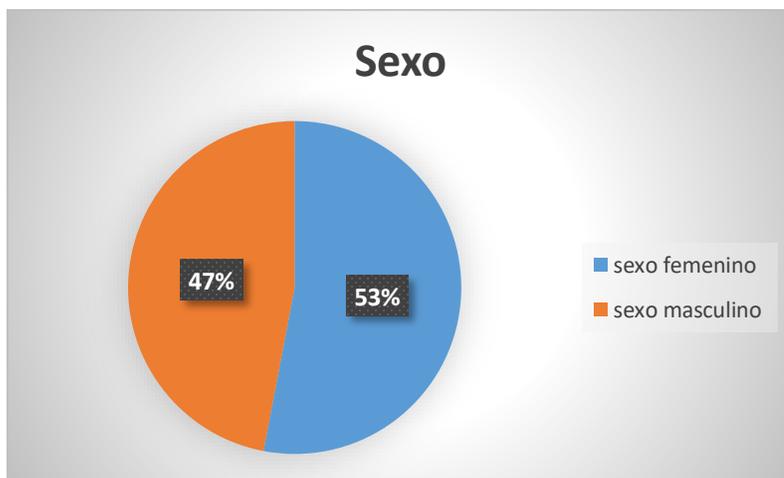


Figura 6 Genero de los encuestados

3.1.2.2 Perfil del consumidor de café

Inicialmente para determinar las preferencias del segmento objeto de estudio se indagó acerca de las personas que consumen café, en donde un 90% de los encuestados manifestó que si son consumidores de este producto.

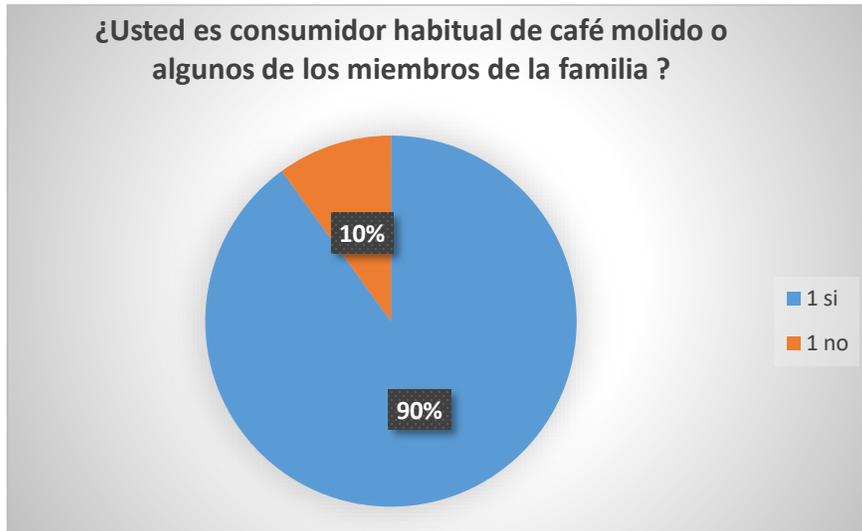


Figura 7 Personas consumidoras de café

En cuanto a la frecuencia del consumo de café molido la gráfica 4 muestra las opciones de respuestas donde el 59% consume café o una bebida de café diariamente. También el 18% de las personas toman café semanalmente, y el 13% consume este producto 2 o 3 veces a la semana. Además, el 10% restante lo toma una vez al mes.

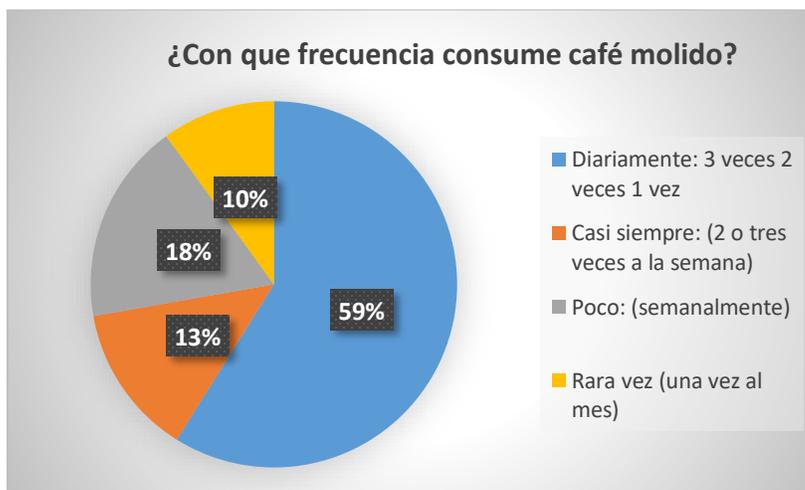


Figura 8 Frecuencia de consumo

El café es un producto de alto consumo como se pudo evidenciar en la gráfica anterior. En relación con la regularidad de compra se observó que los consumidores compran habitualmente el café semanalmente en un 56% de los casos; en menor medida (10%) adquieren el producto quincenalmente y mensualmente el 29%.

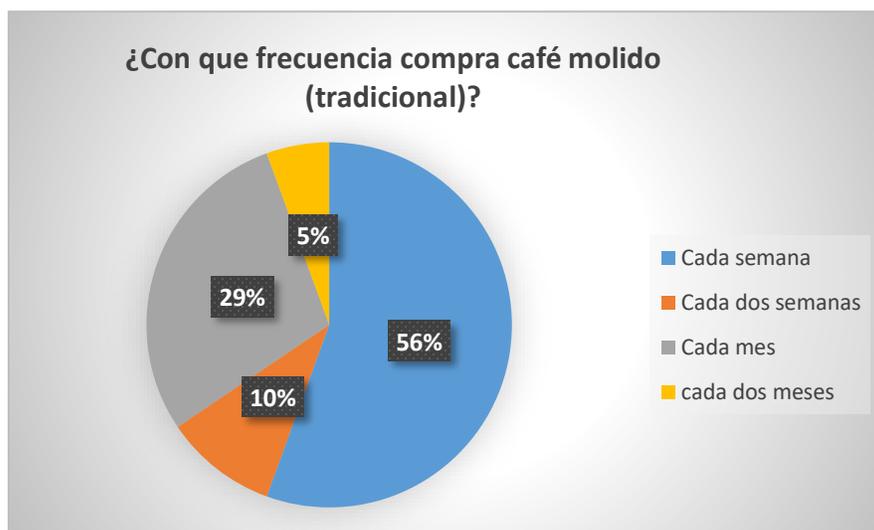


Figura 9 Frecuencia de compra

3.1.2.3 Análisis de competencia.

Los habitantes del casco urbano de la Jagua de Ibirico en su mayoría prefieren el café sello rojo, con una percepción del 76%, en segundo lugar, se ubica el colcafé con un 18%, y finalmente se encuentra café orgánico y Juan Valdez con un 4% y 2% respectivamente de preferencia.

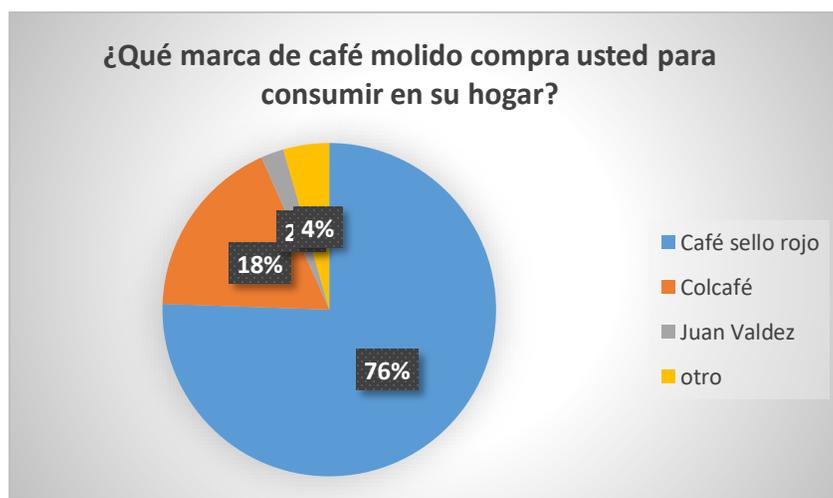


Figura 10 Marcas de preferencia

3.1.2.4 Análisis de clientes.

Dentro de los principales atributos que los consumidores tienen en cuenta a la hora de comprar café, se obtiene que un 68% de los clientes dan mayor importancia a la calidad del café, seguido el precio con un 20% de importancia y con un factor menos relevante se ubica la marca (7%).

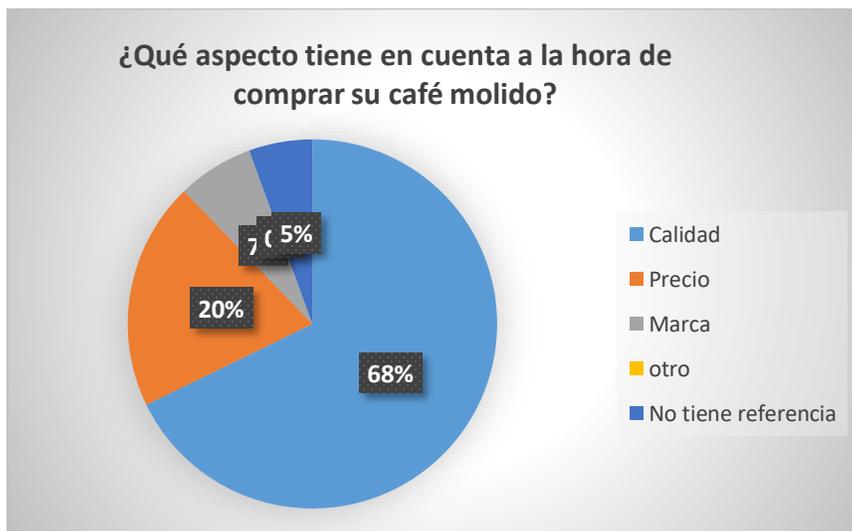


Figura 11 Aspectos tenidos en cuenta para la compra

En relación con la posibilidad de aceptación de la nueva marca de café, se debe indicar, que, mediante la aplicación de la encuesta a las personas consumidoras de café (90 encuestados), el 100% ratificaron que les gustaría que existiera una empresa procesadora y comercializadora de café en el municipio de la Jagua de Ibirico.

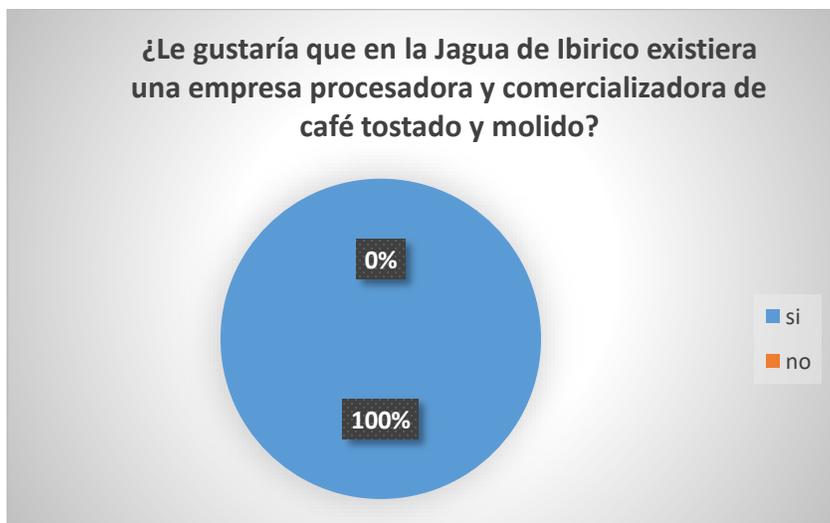


Figura 12 Porcentaje de aceptación

Luego, se interrogó al encuestado si estaría dispuesto a comprar café producido en la región; de esta manera se logró identificar que, de las 90 personas consumidoras de café, el 100% de ellos se encuentran interesados en comprar Café de la región.



Figura 13 Demanda potencial

Destacaron los consumidores encuestados que el sabor (43%) y el aroma (27%) de la marca de café de la región, son los aspectos más relevantes para decidir la compra, en tanto el precio es la principal razón de compra para el 15% de los encuestados, por otra parte, el 13% toma la decisión de adquirir este producto por apoyar a la región y finalmente el 2% por el empaque del producto.

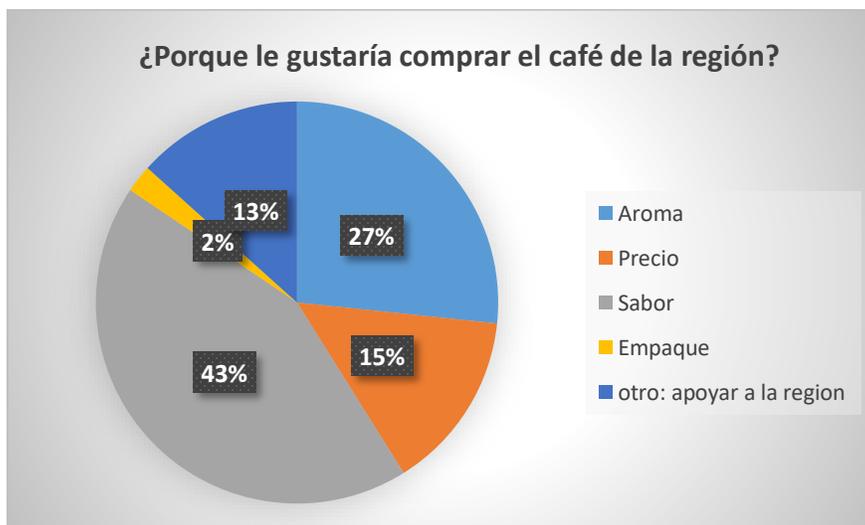


Figura 14 Aspecto más relevante para los posibles consumidores

3.1.2.5 Mercado potencial.

Demanda Potencial, periodicidad de compra y precio del Café Artesano. Teniendo en cuenta que el 90% de los encuestados consumen café, y que de ese porcentaje el 100% estarían dispuestos a comprar el producto por su sabor y Aroma, es posible afirmar que la demanda potencial del producto asciende a 8.000 kilogramos/año.

El precio de venta se determinó en base al precio promedio que los posibles consumidores encuestados están dispuestos a pagar, precios de la competencia. Obteniendo un precio de \$ 9.000 por libra de café.



Figura 15 Posibles precios del producto

Punto de venta: teniendo en cuenta los resultados arrojados por el estudio de mercado realizado, los posibles consumidores prefieren adquirir el producto en tiendas (54%) y supermercados (28%)

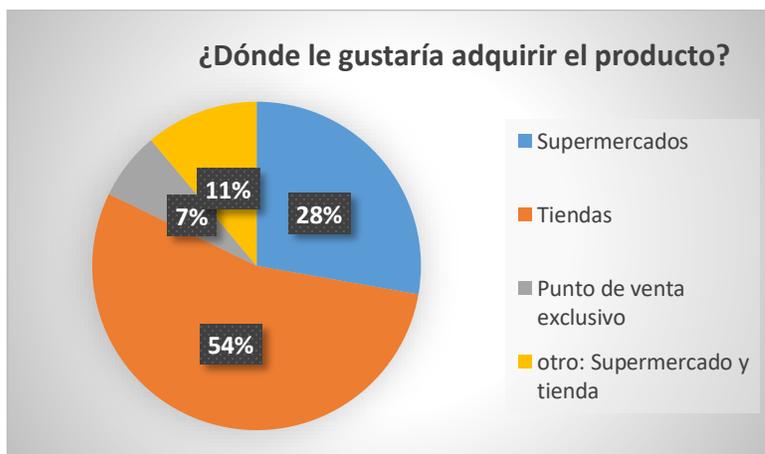


Figura 16 Punto de venta de preferencia

3.2 Localización de la planta

3.2.1 Valoración de los factores

Para la valoración y localización de la planta procesadora de café tostado y molido se compara la localización en el sector urbano del municipio la Jagua de Ibirico con otra posibilidad en la vereda la Esmeralda, de esta manera ver las ventajas y desventajas de la ubicación a escoger, la ponderación de los factores que influyen en este caso se presentan en la tabla.

- Costo de terreno: este factor es determinante para la selección de la ubicación de la planta, ya que en la vereda la Esmeralda se cuenta con el terreno, por lo tanto, se da un ahorro considerable en costos por adquisición del terreno, teniendo mayor ponderación.
- Costos de mano de obra: los posibles trabajadores cuentan con los conocimientos para la operación de la maquinaria, por lo tanto, en las dos ubicaciones estudiadas el costo sería el sueldo básico o contratación de medio tiempo.
- Cercanía a clientes: el mercado consumidor se encuentra en un 60% en el sector urbano del municipio y el restante distribuido en las zonas rurales de dicho municipio, por lo tanto, se atribuye mayor valor al sector urbano.
- Costos de transporte de materia prima: al ser la vereda la esmeralda productora de café cereza los costos al transportar esta materia prima son considerablemente menores, por lo tanto, al presentar esta ventaja, tiene mayor peso.
- Disponibilidad de Mano de obra: por tratarse de una vereda productora de café, el sector rural existe una mayor disponibilidad de trabajadores calificados.
- Acceso a vías de transporte: Sin duda la Jagua de Ibirico al ser cabecera municipal cuenta con mayor número de vías de acceso y en mejor estado.

Tabla 1 Resultados obtenidos del método ponderado

Factor	Peso %	Valoración (1-100) indicador de satisfacción			
		La Jagua de Ibirico	Vereda La Esmeralda	La Jagua de Ibirico	Vereda La Esmeralda
Costo de terreno	30	60	100	18	30
Costos de mano de obra	15	85	90	12,75	13,5
Cercanía a clientes	20	90	70	18	14
Costos de transporte de materia prima	20	60	90	12	18
Disponibilidad de Mano de obra	5	80	80	4	4
Acceso a vías de transporte	10	90	70	9	7
Total	100	465	500	73,75	86,5

Fuente: Elaboración propia

De igual manera se corroboró la selección de la mejor alternativa haciendo uso del método Electra, teniendo en cuenta los mismos factores anteriormente expuestos, y las mismas dos alternativas, el resultado del estudio arrojó que la mejor alternativa para la localización de la planta es la Vereda la Esmeralda al igual que el método anterior. A continuación, se presenta el resultado del segundo método

Tabla 2 Resultado para la localización por el método Electra

Alternativa	DOM. FILA	DOM. COLUMNA	DIF. DOM	PRIORIZACION
La Jagua (A1)	0	A2	-1	2
Vereda (A2)	A1	0	1	1

Fuente: Elaboración propia

3.2.2 Macro localización geográfica

La ubicación a nivel regional de la planta para procesar café será en el municipio de La Jagua de Ibirico en el departamento del Cesar.



Figura 17 Macro localización de la planta

Fuente: Google maps

3.2.3 Micro localización geográfica

La ubicación a nivel municipal de la planta procesadora de café será en la vereda la esmeralda, en la finca La Garantía.



Figura 18 Micro localización de la planta

Fuente: Google maps

En este punto para la ubicación de la planta se consideran los siguientes aspectos:

- Cercanía a proveedores: para el abastecimiento de la materia prima (café cereza) principalmente se dispone de producción propia (4 hectáreas de café cultivado) de la finca La Garantía.
- Cercanía clientes: Este aspecto no resulta tan eficiente ya que la mayor parte de los consumidores se encuentran en el área urbana del municipio de la Jagua de Ibirico.
- Servicios básicos: En el sector a ubicarse no se presentan inconvenientes con respecto a la luz eléctrica y agua, por otro lado, la señal telefónica y el alcantarillado son deficientes.
- Rutas (viabilidad accesibilidad): este aspecto no resulta tan eficiente ya que la vía de transporte terrestre desde la vereda la esmeralda hacia La Jagua de Ibirico se encuentra en mal estado (carretera sin asfalto en su mayor parte), para la ubicación de la planta hay accesibilidad para materias primas y para distribución del producto terminado.
- Terreno: se cuenta para la ubicación de la planta con un terreno de 400 metros cuadrados de construcción (obra civil) debidamente adecuados para la ubicación de maquinaria y almacenamiento del café.
- Comunidad: como el terreno está ubicado a 2 kilómetros aproximadamente, no hay inconvenientes con los pobladores del sector.

- Operarios: la vereda la esmeralda por historia ha sido sitio de agricultores principalmente de café, por ende, se cuenta con personal calificado para formar parte de la empresa, en lo referente al manejo de maquinaria se da la capacitación técnica.
- Topografía: la vereda la esmeralda cuenta con terreno montañoso con una altura de 1200 metros sobre el nivel del mar.

3.2.4 Matriz DOFA.

Finalmente, una vez se han determinado los factores externos e internos que inciden en el desarrollo del proyecto, se consolidan en una matriz DOFA, conocida como una herramienta de diagnóstico integral, que permite visualizar de forma resumida y concreta los factores externos e internos tanto positivos como negativos que generan pautas claves para el diseño de estrategias. A continuación, se presenta la matriz con las fortalezas y debilidades de la localización de la planta, así como las oportunidades y amenazas.

Tabla 3 Resultado matriz DOFA

<p>FACTORES INTERNOS</p> <p>FACTORES EXTERNOS</p>	<p>FORTALEZAS (F)</p> <p>1. Amplias áreas de cultivo de café</p> <p>2. Conservación del medio ambiente.</p> <p>3. Reconocimiento por parte de la federación nacional de cafetero.</p> <p>4. Ubicación geográfica cuenta con vías de acceso y cercanía a la cabecera municipal.</p> <p>5. Conocimiento y experiencia en el cultivo y producción de café</p>	<p>DEBILIDADES (D)</p> <p>1. No cuentan con infraestructura adecuada para secado, tostado y empaclado del café</p> <p>2. La finca donde se encuentra el cultivo del café no tiene estructura empresarial definida.</p> <p>3. El café vendido no tiene marca definida</p> <p>4. No cuentan con maquinaria especializada para el secado y tostado.</p> <p>5. Falta experiencia en el procesamiento de café tostado.</p>
<p>OPORTUNIDADES (O)</p> <p>1. Interés por el consumo de café de mejor calidad y más natural.</p> <p>2. Aprovechamiento de los residuos generados en el procesamiento del café</p> <p>3. Convenio con la Federación Nacional de Cafeteros.</p> <p>4. Se cuenta con suficiente terreno para posibles expansiones</p>	<p>FO</p> <p>F2XO1 O5 A través de procesos de capacitación y participación en procesos de certificación y tecnificación de la producción, se busca obtener un café especial sostenible con el medio ambiente, evitando el uso de fertilizantes químicos y derivados perjudiciales para medio ambiente y consumo humano.</p> <p>F5XO1 Contratar personal para los procesos de siembra,</p>	<p>DO</p> <p>D3XO1 Diseñar un plan de mercadeo y comunicaciones, acorde con las expectativas de mercado y segmentación del mismo.</p> <p>D1D5D4XO3 Montaje de maquinaria, área de secado, tostón y molienda en la finca la Garantía.</p>

5.Implementacion de maquinaria para el proceso de beneficio con poco uso de agua	cosecha, secado, tostón y molienda y demás cargos administrativos y comerciales.	
AMENAZAS (A) 1.Altos costos de insumos para cultivo y producción 2.Devaluacion de la moneda nacional que conlleva a variaciones en el precio del café 3.Rechazo que pueda ocasionar una nueva marca de café en el mercado 4. Desconocimiento y poca experiencia en la región sobre el uso de los residuos del proceso del café.	FA F2XA4 A partir de los residuos obtenidos del beneficio del café tales como la pulpa, se procesará para obtención de abono orgánico.	DA D3XA3 Dar a conocer la nueva marca del producto terminado con calidad para así ganar posicionamiento en el mercado.

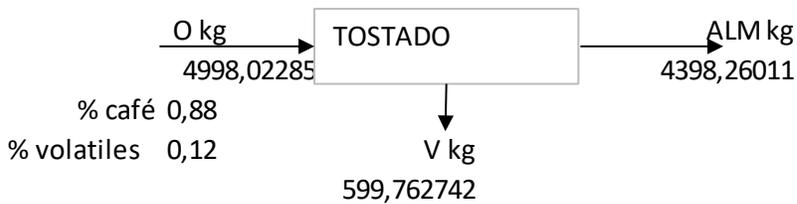
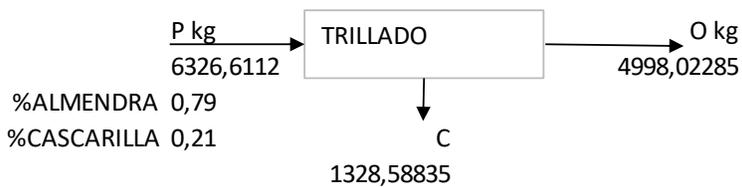
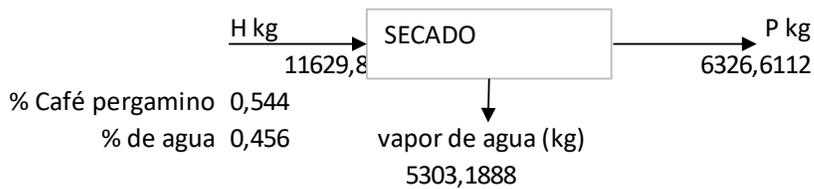
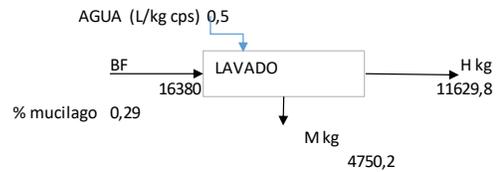
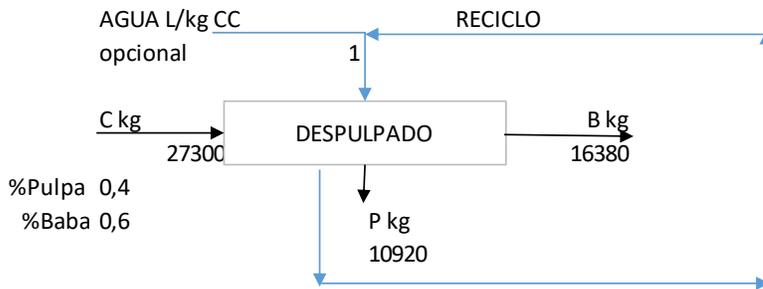
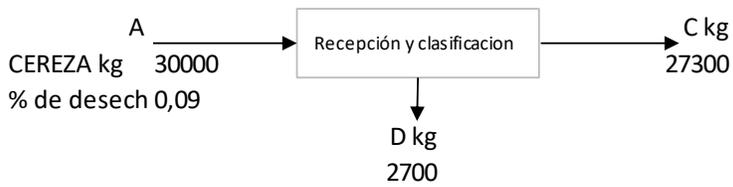
Fuente: Elaboración propia

3.3 Selección de la maquinaria

3.3.1 Balance de materia del proceso

El balance de materia se hace necesario para determinar las cantidades a procesar y así poder determinar las capacidades requeridas para cada equipo. Así mismo se determina la cantidad obtenida del producto final para con esta producción lograr determinar los ingresos económicos que genera el proyecto.

A continuación, se presenta los balances establecido para cada proceso de producción, empezando con la recepción y clasificación del café cereza y concluyendo con la molienda del producto final. Tomando como basé de cálculo 30000 kg de café cereza cosechados en cuatro hectáreas de cultivo, este dato es proporcionado por el dueño de la propiedad tomada para esta investigación.





3.3.2 Especificaciones de la maquinaria necesaria

De acuerdo a la cantidad de materia prima a procesar se hace la propuesta de los equipos necesarios para llevar a cabo la producción de café tostado y molido. La selección de los equipos se realizó utilizando el método Electre para determinar la mejor opción, teniendo en cuenta criterios como lo son: capacidades, potencia, costo, materiales, gastos de combustible, entre otros.

3.3.2.1 Báscula.

Báscula para pesar mercancías: Son básculas cuya plataforma está a ras de suelo, y permiten pesar de forma rápida y directa las mercancías que maneja una empresa

Báscula de dosificación: Son básculas para restaurantes o cafeterías y generalmente se usan para medir porciones de alimentos.

Justificación

Este equipo se hace necesario para registrar el peso de la materia prima ingresada por cada operario y de igual forma calcular el precio a pagar por la cantidad cosechada. Teniendo en cuenta la cosecha en el día pico (1110 kg café cereza), el equipo que se ajusta a las necesidades es Medellín Electrónica con capacidad de 300 kg



Figura 19 Bascula

Fuente: Medellín electrónica

3.3.2.2 Tolva de recepción

El dispositivo que permite recibir el café en cereza se denomina tolva, como el proceso de despulpado y transporte del producto se va a realizar sin agua, se considera la construcción de tolva seca.

Justificación

Para determina la capacidad la tolva, se analiza la capacidad de recepción de cerezas en día pico, donde contempla procesar 1110 Kg de café cereza. Teniendo en cuenta que la cereza tiene una densidad aparente de 600 kilos por metro cúbico, se requiere 1.85 m^3 de café cereza. Para esto las dimensiones que cumplen con el volumen establecido es $A=1.4\text{m}$, $B=0.8\text{m}$ y $C=0.6\text{m}$, Construida en acero inoxidable, con ángulo de deslizamiento de 32° , con salida inferior a tornillo sin fin transportador de 4 pulgadas con dirección de alimentación al clasificador hidráulico. A continuación, se muestra la distribución de las medidas

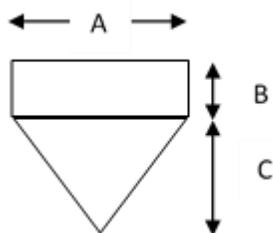


Figura 20 Tolva seca de recepción

Fuente: Elaboración propia

3.3.2.3 Separador hidráulico

Este equipo es utilizado para realizar la clasificación del café cereza, separando por densidad las vallas maduras de las dañadas y otros elementos extraños que pueda contener la materia prima.

Justificación

Para determina la capacidad del clasificador, se analiza la capacidad de recepción de cerezas en día pico, donde contempla procesar 1110 Kg de café cereza. Para esto se puede adquirir un clasificador manual construido en acero inoxidable 439, calibre 18 fabricado como pirámide invertida con dimensiones de $0,8*0.8*0.8 \text{ m}$ con salida inferior a tornillo sin fin transportador de 4 pulgadas con dirección de alimentación a la despulpadora.



Figura 21 Clasificador Hidráulico Manual

Fuente: Jotagallo

3.3.2.4 Despulpadora

Este equipo es utilizado para separar la pulpa o cascara de los granos contenidos dentro de la cereza del café, esto se realiza comprimiendo las cerezas entre una coraza y un cilindro giratorio, para finalmente conducir los granos libres de pulpa en otra dirección, mientras que la pulpa es situada en otro sitio. Teniendo en cuenta el alto contenido de agua presente en las cerezas de café, actualmente las despulpadoras están diseñadas de tal forma que pueden ser operadas sin utilizar agua, esto ayuda a reducir el impacto ambiental y facilita el tratamiento de la pulpa al evitar aumentar su porcentaje de humedad. [39]

Las necesidades de cada productor varían de acuerdo al volumen de café cereza acopiado, para ello existen numerosos modelos y marcas que cubren cada necesidad. [76]

Justificación

Para determina la capacidad de la despulpadora, se analiza la capacidad de procesamiento de la planta, donde contempla procesar 27300 Kg de café cereza, las despulpadoras de café se seleccionan de tal manera que tengan una capacidad suficiente para que el tiempo de despulpado no demore más de 4 horas. La capacidad en kilogramos por hora de café cereza despulpado se obtiene mediante los siguientes cálculos:

$$\text{Capacidad de despulpado (kg cafe cereza)} = \frac{\text{Kg de café dia pico}}{\text{tiempo despulpado} \cdot \text{N}^\circ \text{ de despulpadora}}$$

$$\text{Capacidad de despulpado (kg cafe cereza)} = \frac{27300 \cdot 0,037}{4 \text{ h} \cdot 1}$$

La capacidad de despulpado requerida es de 250 kg/h aproximadamente en el día pico de cosecha, sin embargo, para la selección del equipo tuvo en cuenta un rendimiento de 400 kg/h, esto con el fin de posibles expansiones futuras, obteniendo que la despulpadora que mejor se ajusta es la Estrella #3” de la marca JM Estrada, con capacidad de 450 kg/h.



Figura 22 Despulpadora de café

Fuente: JM Estrada

3.3.2.5 Zarandas planas y cilíndricas:

La zaranda de café es un equipo fabricado para clasificar el café luego del proceso de despulpado, cuyo diseño y tamaño depende del rendimiento de operación de las despulpadoras y de las condiciones económicas del productor. Puede instalarse una o varias zarandas según la cantidad de café a seleccionar. Para beneficiaderos con capacidad entre 500 y 2000 arrobas de café pergamino seco al año, se puede instalar una zaranda plana de vaivén, o una zaranda circular.

Según los resultados obtenidos, teniendo en cuenta la capacidad de despulpe, material y costos, la zaranda que mejor se ajusta a las necesidades, es una circular de la marca Jotagallo, con capacidad de 400kg/h.



Figura 23 Zaranda Cilíndrica

Fuente: A. Correa P.

3.3.2.6 Tanques fermentadores

En este proceso básicamente las levaduras y las bacterias presentes en el mucilago oxidan parcialmente las azúcares mediante sus enzimas naturales produciendo energía, etanol, ácido láctico acético y dióxido de carbono. El café permanece en los tanques de fermentación entre 15 y 20 horas según las condiciones de temperatura de la zona donde está ubicada la planta de beneficio. Así se cumple con el proceso de descomposición y maduración de la miel que recubre el grano, la cual será desprendida con agua o usando la desmucilagadora antes de iniciar el secado. [49]

Dichos tanques se pueden fabricar en mampostería, acero inoxidable o madera cuyo volumen se determina como el doble del requerido para el almacenamiento del café despulpado en día pico.

Justificación

Para determinar el volumen requerido se tuvo en cuenta que en un metro cubico caben 800 kilogramos de café en baba; por lo cual teniendo la producción del día pico en kilos de café cereza se hace relación de café en cereza a café en baba que es de 1 a 0.6. Los cálculos de los volúmenes de los tanques se determinan a continuación.

$$\text{Capacidad tanque (kg cafe baba)} = \frac{\text{Kg de café baba día pico} * 2}{\text{densidad}}$$

$$\text{Capacidad de despulpado (kg cafe cereza)} = \frac{606,06\text{kg baba} * 2}{800 \text{ kg/m}^3}$$

Los resultados obtenidos indican que el volumen requerido para el tanque de fermentación es de 1.5m³, teniendo en cuenta este volumen se hizo la selección de tanques ofertados por diferentes proveedores, concluyendo que es necesario adquirir dos tanques de 1 m³ cada uno, para esto el proveedor que cumple con dichos requisitos es Jotagallo, cabe resaltar que con este modelo de tanques no es necesario agregar agua para llevar a cabo la fermentación.



Figura 24 Tanques de Fermentación

Fuente: Jotagallo

3.3.2.7 Sistemas de lavado

Luego del proceso de fermentación del café, se realiza el lavado esto se puede realizar en el tanque fermentador o utilizando lavadores mecánicos, para realizar el lavado en el tanque fermentador el café se debe lavar 2 o 3 veces, lo que genera un gasto de agua aproximado de 5 L/Kg cps aplicando la técnica de los cuatro enjuagues, si se hace el lavado por el método convencional el consumo de agua se incrementa considerablemente (40 L/Kg cps). Mientras que al realizar el lavado mecánico el gasto de agua es considerablemente reducido (0,3-0,7 L/ Kg cps). [77-66]

Justificación

En la selección del sistema de lavado se tuvo en cuenta el consumo de agua requerido aplicando las técnicas anteriormente mencionadas, además de los costos que esto generaría, y de esta manera obtener la opción que mejor se ajusta a este estudio. Concluyendo que es viable adquirir lavadores mecánicos, para esto el proveedor que mejor cumple con los criterios establecidos es Jotagallo, con el equipo Lavador LH 300



Figura 25 Lavadora LH 300

Fuente: Cenicafé

3.3.2.8 Secado

Al finalizar el proceso de lavado, se lleva a cabo el secado del café, con esta etapa se logra disminuir la humedad del grano hasta 10% y 12%, este proceso es de gran importancia ya que es allí donde se genera mayor cantidad de defectos en calidad física y en taza. El café seco, recibe el nombre de café pergamino, el cual se empaqueta en costales y se almacena hasta el momento de la trilla”

Justificación

Dadas las condiciones climáticas de la finca la Garantía y que en tiempos de cosecha es donde más se presentan precipitaciones, no se considera viable llevar a cabo el secado al sol, por lo anteriormente expuesto y teniendo en cuenta que al producir aproximadamente 500@/año cps se recomienda hacer uso de silos secadores tipo cenicafé.

Para la selección del secador que mejor se ajuste a las condiciones requeridas, se tiene en cuenta el tamaño a procesar en el día pico, de igual forma se hace una ... para tener en cuenta posibles

expansiones. Concluyendo que el proveedor que cumple con los criterios establecidos es Jotagallo, con el equipo silo secador con una capacidad de 30@/día y un consumo de gas de 1.6 lb/@.



Figura 26 Silo secador a Gas

Fuente: Jotagallo

3.3.2.9 Trilladora

La trilla del café pergamino (café seco), tiene como objetivo en retirar mecánicamente la cascara o cascarilla (pergamino) y la película que recubre la almendra, seleccionando la almendra por tamaños y retirando todo tipo de impurezas y granos defectuosos. Este proceso se lleva a cabo en máquinas llamadas trilladores o descascaradoras, fabricadas de tal forma de disminuir el daño que se ocasiona al grano comparado con los métodos tradicionales.

Justificación

Luego del secado del café se hace necesario realizar la trilla, en la selección de este equipo se tuvo en cuenta criterios como el rendimiento, costos y potencia requerido, los resultados obtenidos indican que el equipo que cumple con las características establecidas es la trilladora Marca estrella N 2 $\frac{3}{4}$ con capacidad 100 kg/h



Figura 27 Trilladora de café

Fuente: JM Estrada S.A

3.3.2.10 Tostadora

El tueste del café es una etapa importante dentro de su proceso de producción. Un buen tueste influye más en la calidad de una taza de café, que la bondad de la mezcla escogida. Este proceso básicamente consiste en someter los granos durante un tiempo limitado a una alta temperatura, intervalo durante el cual: pierde peso, gana volumen, cambia de color y genera cientos de fragancias.

Justificación

Existen dos grandes clasificaciones de tostadora de café, las tostadoras por cargas y las tostadoras continuas; teniendo en cuenta la clasificación de pequeño, mediano y grande productores, en este caso se recomienda utilizar tostadoras por baches. Para la selección de la mejor opción se tuvo en cuenta, número de ciclos a realizar, el tiempo que tarde en culminar lo producido en el día pico, potencia requerida, gasto de combustible y los costos que esto genera, con lo anteriormente expuesto se llegó a la conclusión que la tostadora que mejor se ajusta es la fabricada por la empresa Metálicos Leal con capacidad 12 kg/ baches con una duración de 20 minutos.



Figura 28 Tostadora de café

Fuente: Metálicos leal

3.3.2.11 Molino

Posteriormente del proceso de tostión el café se deja enfriar y se procede a reducir el tamaño de partícula, para esto se utilizan molinos de diferentes mecánicas para las diversas demandas comerciales.

Justificación

La capacidad a procesar se calcula como el café tostado que se obtiene en proceso anterior, teniendo aproximadamente 200 kg/día, teniendo en cuenta la capacidad a procesar, costo y potencia requerida el molino que cumple con las necesidades es el fabricado por la empresa Jotagallo capacidad una capacidad de 100 kg/h



Figura 29 Molino de café

Fuente: Jotagallo

3.3.2.12 Selladora

Finalmente, el café molido es empacado y sellado, para esto primero se hace uso de balanza gramera con capacidad de hasta 10 kg para pesar la cantidad de café empacado en las diferentes presentaciones (450 g, 230 g, 125 g), luego de empacar se procede a sellar las bolsas de café, para esto existen diferentes maquinas selladoras.

Justificación

Para este estudio se propone usar una selladora semiautomática ya que esto ayuda a reducir la mano de obra y la cantidad de operarios requeridos en esta parte del proceso, cumpliendo con estas características se propone adquirir la selladora de banda semiautomática ofertada por la empresa MaplasCali.



Figura 30 selladora de banda semiautomática

Fuente: MaplasCali

3.3.2.13 Transporte del beneficio húmedo

Cuando se hace se habla del transporte del beneficio húmedo, se hace referencia a los equipos utilizados para transportar la materia prima desde la tolva de recepción, pasando por cada proceso hasta llegar a los tanques de fermentación, como se busca llevar a cabo un proceso ecológico, dicho transporte se hará sin utilizar agua y de forma mecánica, para esto se hace necesario la adquisición de transportadores tipo tornillos sin fin. En la siguiente tabla se muestran las especificaciones de los 4 transportadores.

Tabla 4 Especificaciones de los trasportadores de tornillos sin fin para tolva, clasificador, despulpadora y tanque de fermentación, respectivamente

Especificaciones	TT1	TT2	TT3	TT4
I (ángulo de inclinación)	1	0,6	1	0,6
Diámetro (m)	0,1	0,1	0,1	0,1
Rpm	110	110	110	110
Paso de hélice (m)	0,084	0,08	0,06	0,08
S (área de relleno m ²)	0,01	0,01	0,01	0,01

Velocidad de desplazamiento m/s	0,154	0,147	0,11	0,147
Densidad del material (kg/m ³)	600	600	800	800
Q kg/h	280,90	152,87	191,09	203,83
POTENCIA total (HP)	1,24	2,25	0,42	3,29
PH (potencia desplazamiento horizontal) hp	1,23	1,34	0,42	1,79
PN (potencia de accionamiento)	0,007	0,01	0,003	0,013
PI (potencia de inclinación)	0	0,89	0	1,49

Fuente: Elaboración propia

3.3.3 Balance de energía del proceso

prima o el producto terminado es procesado por un equipo que consume corriente eléctrica o aquellos en los que la materia prima o el producto terminado es sometido a tratamientos térmicos, por lo que se hace necesario saber el consumo de energía en el procesamiento del café. Para esto primero se lleva a cabo el cálculo de las necesidades energéticas de cada producto en función de los equipos (potencia requerida), los cuales son:

- Despulpadora
- Transporte por tornillo sin fin
- Lavadora
- Silo secador
- Trilladora
- Tostadora
- Molino
- Selladora

Para calcular los requerimientos energéticos de los equipos en función de los procesos debe aplicarse la Ecuación 5, en la que se establece que el consumo energético es función de la potencia del equipo expresada en kilowatts (KW) multiplicada por el tiempo de operación del mismo.

Consumo (energía consumida) = Potencia × Tiempo de operación

Ecuación 1 Ecuación para el cálculo de los consumos energéticos de los equipos

Fuente: Enrique Jiménez Moya, Santo Domingo, R.

Este consumo se calculó asumiendo que cada uno de los equipos trabaja bajo condiciones normales de operación, por lo que no se tienen en cuenta pérdidas de eficiencia de los equipos que puedan ocasionar problemas con el cálculo de los balances energéticos. En la Tabla 1 se presenta la potencia y los tiempos de operación de cada uno de los equipos en función de procesamiento diario de materia prima.

Tabla 5 Potencia y tiempos de operación de los equipos

Equipo	Potencia (KW)	Tiempo (h)
Despulpadora	0,37	4
TT1	0,89	4
TT2	1,67	4
TT3	0,3	4
TT4	2,39	3
Silo secador	1,49	20
Lavadora	0,25	3
Trilladora	1,49	4
Tostadora	1,49	6
Molino	2,24	3
Selladora	0,6	8

Fuente: Elaboración propia

Para el cálculo del consumo energético de cada equipo teniendo las potencias en KW y los tiempos en horas, las unidades para el consumo energético serán kilojulios (kJ), el resultado del cálculo del consumo energético de los equipos se presenta a continuación:

Tabla 6 Consumo energético por equipo

Equipos	Consumo energético (KJ)
Despulpadora	5369,13
TT1	12885,91
TT2	24053,69
TT3	4295,30
TT4	25771,81
Silo secador	107382,55
Lavadora	2684,56
Trilladora	21476,51
Tostadora	32214,77
Molino	24161,07
Selladora	17181,21

Fuente: Elaboración propia

El cálculo del consumo energético realizado en los procesos en los que ocurren tratamientos térmicos se lleva a cabo siguiendo la Ecuación 2, la cual expresa que el consumo energético es igual a la masa multiplicada por la capacidad calorífica del producto, multiplicada también por el cambio de temperatura que este sufre.

$$Q = m \times Cp \times \Delta T$$

Ecuación 2 Consumo energético en los tratamientos térmicos

Fuente: Quiroga & Pérez, 2007

Para determinar el calor específico del café pergamino en un rango de humedad del grano entre 11 y 55% en base húmeda, se hace uso de la ecuación 3

$$C_p = 0,95657 + 9,64225CH_{bh}$$

Ecuación 3 Calor específico para el café

Fuente: Montoya (1998)

Los procesos en los que se aplican tratamientos térmicos a los productos son el secado y el tostado, la cantidad de masa que ingresa a cada proceso en kilogramos y el cambio de temperatura ocurrido en unidades de grados Celsius se presenta en la Tabla 7.

Tabla 7 Consumo calórico del proceso

Proceso	Masa (kg)	ΔT (°C)	Cp. Kcal/kg°C	Q Kcal	Q total KJ
secado	350 café	30	0,4821	5062,05	534425,60
	205,5 agua	30	1	6150	
	205,5 agua		567 Kcal/ kg	116518,5	
Tostado	176 café	168	0,4821	14254	61073,01
	24 agua	60	1	1440	
	24 agua		500	12000	
	24 vapor	100	0,482	1156,8	
	176 café	-168	0,4821	-14254	

Fuente: Elaboración propia

3.4 Propuesta reutilización de desechos

3.4.1 Impacto ambiental de los beneficios de café

El consumo y contaminación del agua es uno de los principales problemas en el beneficiado húmedo de café, el cual utiliza grandes cantidades de agua en diversas partes del proceso. El método convencional consume más de 40 litros de agua por cada kilogramo de café pergamino seco. [66]

En el proceso de beneficiado se remueven las capas externas del grano de café, conocidas como pulpa y mucílago; según informes de la federación nacional de cafeteros indica que la producción anual de café en Colombia aumentó en un 4%, para un total aproximado a los 13 millones de sacos (780 millones de Kilos). Lo que traduce que para esta producción se generan alrededor 280 millones de kilos de pulpa por año, 123 millones de kilos de mucílago, y aproximadamente 34 millones de kilos de pergamino o cascarilla. [78]

Tanto la pulpa como el mucílago constituyen aproximadamente el 60% del peso del fruto de café y ocasionan el 90% de la contaminación que se genera mediante el beneficiado tradicional. Lo cual si se cuantifica la Demanda Química de Oxígeno (DQO) obtenemos que se producen 0.1151 Kg de DQO por kilogramo de café cereza (73,7% pulpa y 26,3% corresponden al mucilago) y de Sólidos Suspendidos Totales (SST) equivale a 0.054 g/ Kg de fruto en las aguas utilizadas para el despulpado, mientras que para el proceso de remoción del mucilago se generan 0,056 Kg/kg de fruto de SST. [66-79-80]

3.4.1.1 Características físico-químicas y microbiológicas de las aguas residuales del café

La contaminación ocasionada por la carga orgánica presente en las aguas residuales producidas en el procesamiento depende del tipo de beneficio que se lleve a cabo (fermentación natural y desmucilaginado) como también la cantidad y calidad del agua usada en el proceso.

En Cenicafé se han llevado a cabo estudios para determinar la propiedades microbiológicas y fisicoquímicas presentes en las aguas (despulpado, lavado) utilizadas en el beneficiado del café. Características que se evidencian en la tabla 8.

Tabla 8 Algunas características de las aguas de lavado de café

Parámetro	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4	Promedio
pH	3.71	3.72	3.71	3.7	3.71
DQO total (ppm)	10220	9160	9800	11100	10070
DQO filtrada (ppm)	72580	6770	7000	7550	7143
DBO5 (ppm)	3900	3900	4500	3200	3875
SST (ppm)	1488	1876	1728	1120	1553
Acidez (ppm)	790	790	860	850	823

Fuente: Rodríguez, 1999.

Las aguas residuales producidas en el beneficiado por vía húmeda del café poseen propiedades fisicoquímicas contaminantes al ambiente (pH ácidos, concentraciones en materia orgánica altas); la cantidad de materia orgánica presente se encuentra 60 y 240 veces mayor a la producidas por las aguas residuales domésticas. Esta concentración se ubica entre 5000 y 10000 ppm de DQO. [66-81]

El manejo de los desechos generados en el procesamiento del café: pulpa y mucílago, se hace necesario ya que es un problema crítico, tanto para los productores como para las autoridades competentes.

Algunos de los riesgos ambientales que originan los subproductos del beneficiado del café son:

Pulpa:

- Contaminación del suelo por los ácidos orgánicos generados en proceso de descomposición de dicho subproducto.
- Emisión de olores desagradables, afectando a las poblaciones aledañas al beneficio.
- Sustrato ideal para la proliferación de larvas de moscas.
- Contaminación por la alta demanda química oxígeno presente en los lixiviados que se generan en dicho residuo, esto se debe al alto grado de sólidos disueltos que poseen estos líquidos.
- Generación de contaminación por la no disposición de lixiviados en las fosas de almacenamiento de agua.
- Combustión instantánea del material debido a la emisión de metano originado por la descomposición y fermentación de la materia orgánica.

Mucílago:

- Filtración de aguas con altas cargas de DQO y DBO que causan daño a los acuíferos de la zona

- Incremento de insectos como moscas, zancudos y mosquitos los cuales pueden causar enfermedades al vecindario.
- Emisión de olores pútridos que causan cefalea, vértigos, náusea y vómitos a los pobladores cercanos.
- Contaminación del suelo por altas cargas de sustancias acidificantes de origen orgánico.

Marco legal

Las leyes, reglamentos y normas técnicas que regulan la actividad de beneficiado son las siguientes:

- Reglamento sobre la Calidad del Agua, Control de Vertidos y la Zona de Protección, Artículo 50. Decreto Presidencia de la República, 16 de octubre de 1987
- Reglamento Especial de Aguas Residuales, publicado en Diario Oficial en marzo de 2000.
- Decreto 1594 de 1984, y la Resolución 631 del 2015, establece la eliminación del 80% de la carga orgánica en términos de DBO (Demanda Bioquímica de Oxígeno) y SST (Solidos Suspendidos Totales) para las aguas residuales generadas en el beneficio y un pH en el rango entre 5 y 9, ausencia de material flotante y remoción de aceites y grasa en un 80%
- Decreto 3100 de 2003. Por medio del cual se reglamentan las tasas retributivas por la utilización directa del agua como receptor de los vertimientos puntuales y se toman otras determinaciones.
- Ley 373 de 1997 Por la cual se establece el programa para el uso eficiente y ahorro del agua
- Decreto 3678 de 2010. Por la cual se señalan los criterios generales que deberán tener en cuenta las autoridades ambientales para la imposición de las sanciones consagradas en el artículo 40 de la Ley 1333 del 21 de julio de 2009
- Decreto 3930 de 2010, este decreto establece las disposiciones relacionadas con los usos del recurso hídrico, el Ordenamiento del Recurso Hídrico y los vertimientos al recurso hídrico, al suelo y a los alcantarillados

En la tabla 9 se presenta el resultado del análisis de daños al medioambiente ocasionados por el proceso del beneficiado del café:

Tabla 9 Contaminación generada por el beneficio del café

Actividad	Factor	Impacto	Extensión	Intensidad	Prioridad
Despulpado	Agua	Contaminación del agua (agua de despulpado y escurridos de la pulpa)	Local y generalizado	Media	Inmediata
	Aire y suelo	Residuos sólidos: malos olores de la pulpa	Local y generalizado	Media	Inmediata
Remoción del mucilago	Agua	Residuos solidos	Local y generalizado	Media	Inmediata
	Aire y suelo	Contaminación del agua, malos olores.	Local y generalizado	Alta- media	Inmediata

Secado	Aire	Gases por combustión	Local y generalizado	Baja	Inmediata
Trillado	Suelo	Residuos solidos	Local	media	Según el volumen
	Aire	Polvillo	Local	Media	Según el volumen

Por las razones anteriormente expuestas, se hace necesario establecer un método que permita controlar la contaminación generada por los subproductos del café y darles valor agregado.

3.4.2 Alternativas potenciales de aprovechamiento de los subproductos del beneficiado del café.

Existe una gran variedad de alternativas para aprovechar los subproductos generados en el beneficio del café, las cuales se listan a continuación:

- Productos obtenidos a partir de la pulpa
 - ✓ Alimento para animales
 - ✓ Abono orgánico
 - ✓ Pulpa como combustible
 - ✓ Lombricomposta
 - ✓ Cafeína
 - ✓ Proteína unicelular
- Productos obtenidos a partir del mucilago
 - ✓ Pectina
- Productos obtenidos a partir de la cascarilla
 - ✓ Alimento para animales
 - ✓ combustible
 - ✓ Biogás
 - ✓ Etanol

3.4.3 Consideraciones sobre las alternativas

De las alternativas anteriormente listadas, se hace necesario llevar a cabo una revisión bibliográfica para determinar, si por alguna razón estas propuestas no son viables para ser desarrolladas. Dicha revisión se hace en base a estudios realizados por Cenicafé, Instituto de Nutrición para Centroamérica y Panamá (INCAP).

Las alternativas que, de acuerdo a las investigaciones realizadas y a experiencias previas de los beneficiadores de café, no presentan problemas derivados de su utilización, son las siguientes:

- Cascarilla
- Abono Orgánico
- Sustrato para hongos Comestibles
- Biogás
- Pectina
- Etanol
- Cafeína
- Proteína Unicelular

Estas serán sometidas a un proceso de evaluación mediante diferentes criterios, con el fin de seleccionar la que mejor. Las alternativas descartadas fueron la pulpa como combustible y el alimento animal; esto es debido a que, para utilizar la pulpa como combustible se requiere gran espacio para el secado al sol, si se realiza el secado mecánicamente se incrementan los costos de producción no siendo viable para medianos productores, este combustible genera exceso de humo y cenizas, causando deterioro en las tuberías de la chimenea.

3.4.4 Evaluación de las alternativas

3.4.4.1 Criterio medio ambiental

Se determinó la contaminación que generan los subproductos del café. Para esto se desarrolló una evaluación teniendo en cuentas los efectos que producen al medio ambiente.

Los factores a considerar para la evaluación del criterio medio ambiental son los siguientes:

1. Generación de enfermedades: Se evaluó si los subproductos pueden causar enfermedades respiratorias y gastrointestinales.
2. Contaminación del suelo: Se evaluaron los efectos causados por los subproductos del beneficiado del café en la composición del suelo.
3. Contaminación de las fuentes de agua: Se evaluaron los efectos que causa el vertido e infiltración de los subproductos del beneficiado del café en las aguas superficiales y subterráneas respectivamente.
4. Contaminación del aire: Se evaluaron los efectos causados por el manejo y descomposición de los subproductos del beneficiado del café en la atmósfera.

Para realizar la selección de la alternativo se utilizó la técnica Matriz de Comparación por Pares, la cual forma parte del proceso de toma de decisiones por criterios múltiples. A continuación, se describe la técnica a utilizar y su forma de aplicación:

3.4.4.1.1 Matriz de comparación por pares

Este método consiste en realizar comparaciones entre pares de alternativas y se atribuyen valores numéricos a cada una de acuerdo a una escala definida. En la tabla 10 se evidencia la escala utilizada para realizar las comparaciones.

Tabla 10 Escala fundamental para comparaciones de pares

Intensidad	Definición	Explicación
1	Igual	Dos subproductos afectan de igual forma el medio ambiente
3	Moderada	Un subproducto afecta levemente el medio ambiente
5	Fuerte	Un subproducto afecta fuertemente el medio ambiente con respecto al otro

7	Muy fuerte o demostrada	Un subproducto afecta fuertemente el medio ambiente con respecto al otro, su impacto se demostró
9	Extrema	Un subproducto afecta totalmente al ambiente respecto al otro
Reciproco	Si la alternativa k ya ha sido evaluada con la alternativa h, cuando se compara la alternativa h con la k, recibe el valor reciproco ($A_{kh} = 1/A_{hk}$)	Hipótesis del método

Fuente: Toma de decisiones para líderes (Thomas Saaty)

En la tabla 11 se presenta el resumen de los resultados obtenidos en la comparación por pares para cada subproducto, de acuerdo a los factores definidos en el criterio Medio Ambiental.

Tabla 11 Resultados de comparaciones pareadas

	ENFERMEDADES %	SUELO %	AGUA %	AIRE %
PULPA	70	62	24	61
MUCILAGO	24	31	70	33
CASCARILLA	6	7	6	6

Fuente: Elaboración propia

Con lo evidenciado anteriormente se concluye que los subproductos que generan mayor contaminación al medio ambiente son la pulpa y el mucílago, por consiguiente, las alternativas de aprovechamiento basadas en estos subproductos son las que serán evaluadas en el criterio de rendimiento.

3.4.4.2 Criterio de rendimiento de la materia prima

La evaluación de este criterio se hace con el fin de determinar la capacidad de producción de cada alternativa a partir de los residuos anteriormente seleccionados (pulpa y mucílago), con el fin de seleccionar la mejor opción.

A continuación, se presenta los respectivos rendimientos para cada una de las alternativas propuestas (ver tabla 12)

Tabla 12 Rendimiento obtenido por cada producto

	RENDIMIENTO	%
ABONO	0,60	60
BIOGAS	0,33	32,8
SUSTRATO	0,01	1,3
PECTINA	0,01	0,9
ETANOL	0,49	49,0
CAFEINA	0,06	5,9
PROTEINA	0,17	17

Fuente: Elaboración propia

Para iniciar con la comparación se establecen rangos de pertenencia, los cuales fueron definidos de acuerdo a la opinión de los expertos entrevistados, obteniendo los siguientes rangos de valoración.

Tabla 13 Rangos de valoración

Intensidad	Definición	Rendimiento %
1	Igual	1
3	Moderado	2-15
5	Fuerte	16-30
7	Muy fuerte	31-45
9	Extrema	46-60

Fuente: Elaboración propia

El análisis de decisión se realizó mediante el método de comparación pareadas los resultados obtenido es el estudio se evidencia en la tabla 14.

Tabla 14 Resultados comparación pareada

ALTERNATIVA	%
ABONO	40,1
BIOGAS	21,3
SUSTRATO	11,6
PECTINA	10,6
ETANOL	10,2
CAFEINA	3,7
PROTEINA	2,5

Fuente: Elaboración propia

La alternativa que cumple favorablemente con los criterios establecidos es el abono orgánico, debido a que se puede aprovechar el subproducto que mayor contaminación aporta al medio ambiente, teniendo también un buen rendimiento de la materia prima, de igual forma este residuo puede ser mezclado con el mucilago y de esta manera disminuir considerablemente la contaminación medioambiental generada por la acumulación de estos subproductos.

3.4.5 Técnicas para producir abono orgánico

Teniendo en cuenta que el abono orgánico es la mejor opción, a continuación, se hace una breve descripción de las técnicas más comunes al momento de producir abono orgánico.

3.4.5.1 Ensilaje de la pulpa.

El ensilaje es un proceso de fermentación anaerobia donde las bacterias actúan sobre los carbohidratos presentes en el material y de esta manera empieza el proceso de descomposición. [66]

3.4.5.1.1 Características

La pulpa de café debe ser procesada adecuadamente evitando su acumulación por largos periodos de tiempo antes de ser ensilada, no deben tener más de 2 días de obtenida, debido a las pérdidas de azúcares por la fermentación [66]

3.4.5.1.2 Tipo de silo:

Existen cuatro tipos de silos que pueden ser construidos, el primero es el tipo montón que consiste en disponer sobre la pulpa haciendo una pila para luego cubrirla con plástico y tierra, este es el más

económico, pero se corre el riesgo que los lixiviados contaminen acuíferos subterráneos. El segundo es el silo conocido como trinchera o fosa con forma trapezoidal con el fin de realizar una mejor compactación del material, con altura de 1.5 m como mínimo, este debe tener salida de lixiviados y previo a depositar la pulpa se cubre con plástico y con una capa de tierra para evitar la filtración. En tercer lugar, tenemos los silos tipo bunker, estos son construidos sobre el suelo y están constituidos por dos muros laterales paralelos, ligeramente inclinados y abiertos en los extremos. Y por último el silo canadiense, este es una combinación del silo de montón y de trinchera. Se hace la pila y se cubre con plástico y tierra, y se sella lateralmente con barro. [66-82-83]

3.4.5.1.3 Proceso de obtención

Primero se agrega la pulpa en el silo por capas de 20 cm y se procede a su compactación con la ayuda de un pisón o directamente con los pies (tipo fosa), la compactación permite almacenar una tonelada de pulpa por metro cubico; si la capacidad diaria es menor a la mencionada se puede agregar la pulpa obtenida en el día por un período de 2 semanas. En este caso una vez adicionada y compactada la pulpa del día, se tapa el silo con el plástico y sobre éste se colocan sobrepesos para limitar la entrada de aire, y al día siguiente se levanta el plástico y se continúa con el proceso.

Posteriormente se tapa el material ensilado con plástico de invernadero y se adiciona una capa de tierra de aproximadamente 20 cm de altura, para evitar la entrada de aire y mantener constante la temperatura. [66-82]

El tiempo de duración de este tratamiento para obtener abono orgánico oscila entre 2 y 3 meses, reduciendo el tiempo si se le adiciona el mucilago a la pulpa al momento de ser ensilada. A continuación, se puede evidenciar algunas características de la pulpa fresca ensilada y la pulpa con la adición de mucilago

Tabla 15 Características de la pulpa de café

	Pulpa fresca	Pulpa fresca ensilada	Pulpa ensilada con mucilago 5%
Materia seca (%)	14,7	15,4	19,1
Proteína cruda (%)	8,61	8,29	8,68
Fibra cruda (%)	14,10	18,42	17,46
Cenizas (%)	7,4	7,41	6,94
P (%)	0,11	0,08	0,09
K (%)	2,44	2,1	1,9
Ca (%)	0,4	0,5	0,7
Mg (%)	0,10	0,12	0,14
Fe (ppm)	210	556	770
pH	3,76	4,24	3,5

Fuente: pulpa ecológica de café ensilada en la alimentación de alevines del híbrido cachamay

3.4.5.2 Compost

3.4.5.2.1 Definición

Es el proceso biológico mediante el cual algunos microorganismos actúan sobre la materia orgánica en condiciones controladas, descomponiéndola en forma rápida para obtener un producto denominado compost, que sirve como abono para cultivos.

3.4.5.2.2 Características del compost

- Proporcionan a la tierra la materia orgánica necesaria para la adecuada formación del suelo y es un factor en la determinación de sus características químicas, físicas y biológicas.
- Abastecen de elementos nutritivos a las plantas, tales como: carbono, nitrógeno, fósforo, potasio y magnesio.
- El compost aporta al suelo un número importante de microorganismos y es una fuente nutritiva para ellos.

3.4.5.2.3 Características de los materiales

- Material Orgánico: Cuando se despulpa sin agua y la pulpa se transporta sin agua, se facilita la descomposición y el manejo, hay mejor aireación, la pulpa no pierde nutrientes por lavado y no se producen malos olores.

3.4.5.2.4 Proceso de obtención

La elaboración de compost es un proceso aeróbico en el cual hay que mantener un suministro constante de aire a toda la masa de material que se está fermentando.

Para esto se construye una caseta con fondos falsos, paredes adecuadas para su ventilación y con techo protector. En dichas aboneras se acumula la pulpa obtenida del día, Para facilitar la descomposición se realizan volteos del material, este proceso manual podría durar aproximadamente 1-2 meses. [84]

De igual forma se debe tener control sobre la humedad del material que oscila entre el 40 y 60%, para esto si no se dispone de equipos para determinar la humedad, se puede evaluar tomando una muestra del compost en la mano y apretándolo, no deben salir más de 2 gotas de agua. También se debe llevar el control de temperatura (45-66°C) cada 15 días para esto se hace uso de un termómetro. [84]

De igual manera que en el ensilaje, en este método se puede mezclar la pulpa con el mucilago obtenido solo si la remoción se lleva a cabo mecánicamente. A continuación, se presentan propiedades fisicoquímicas de la pulpa de café sola y con la adición del mucilago.

Tabla 16 Análisis fisicoquímico de la pulpa de café sola y mezclada con mucilago en el proceso de compostaje

Determinación	Pulpa fresca	Compost	Pulpa fresca + mucilago	Compost
Humedad (%)	74,84	52,83	87,90	55,50
pH	4,40	8,32	4,13	7,95
Cenizas (%)	6,66	45,46	7,30	20,65
Grasas (%)	1,60	0,27	2	0,31
Proteína (%)	11	17,22	12,11	25,22
Fibra (%)	11,43	26,48	17,16	24,85
P (%)	0,13	0,27	0,13	0,25
K (%)	2,82	5,27	2,75	4,10

Ca (%)	0,32	0,91	0,37	1,18
Mg (%)	0,08	0,19	0,11	0,26
Fe (ppm)	158,75	3413,33	700	3425
Zn (ppm)	8,25	158,83	45,7	162,58

Fuente: arc049

A continuación, se presentan las Caracterización química de las aguas mieles.

Tabla 17 características químicas de las agua mieles

	Aguas mieles iniciales
pH (unid)	3,9
Solidos suspendidos (ppm)	640
DQO (ppm)	7820
Solidos totales (ppm)	4190

Fuente: Moreno Nidia

3.4.5.3 Lombricomposta

3.4.5.3.1 Definición

La lombriz roja (*Eisenia foetida*). es una excelente alternativa para producir abono orgánico, actuando sobre la pulpa y el mucílago del fruto de café logrando con este sistema manejar adecuadamente los residuos del proceso de beneficiado. [85]

3.4.5.3.2 Características de la lombriz roja

La lombriz roja californiana tiene una longitud promedio de 6 cm. y pesa en promedio 0.6 gramos en su estado adulto. Es de color rojo y se caracteriza por su poca movilidad comparada con la lombriz de tierra común.

El humus de lombriz es un notable regenerador de suelos, capaz de hacer producir tierras infértiles. Estimula el desarrollo de las plantas y mejora el olor, color y sabor de flores y frutos. La lombricultura tiene también buenas posibilidades en la alimentación de animales.

3.4.5.3.3 Proceso de obtención

Para realizar el proceso se requiere la construcción de camas o lechos contruidos en madera o cementos, con dimensiones aproximada 3 m de ancho, 3 m de largo y 0.4 m de profundidad como máximo. El piso debe construirse en cemento para aislar el cultivo del suelo y prevenir el ataque de plagas a la lombriz. Este debe tener una pendiente de 2 a 5% de inclinación para evitar que se inunde cuando se utiliza riego. La separación entre las cajas debe ser de 40 cm para darle accesibilidad y aprovechar al máximo el espacio. También se deben construir techos para evitar el lavado por agua lluvias y debe estar encerrado para evitar que otros animales entren en el espacio. [85-87]

Teniendo los requisitos para hacer el cultivo se procede al llenado de los lechos, la primera capa, de 15 a 20 cm de pulpa descompuesta, o de una mezcla de residuos vegetales o estiércol descompuesto de animales, se agregan 5 kilos de lombriz pura por metro cuadrado y luego se agrega la capa de pulpa descompuesta [86-88]

De igual manera que en el ensilaje, en este método me puede mezclar la pulpa con el mucilago obtenido solo si la remoción se lleva a cabo mecánicamente, en lombricultivos alimentados de esta

manera se han observado incrementos en peso, mayores tasas de consumo y mayores rendimientos de conversión. A continuación, se presentan propiedades fisicoquímicas de la pulpa de café al inicio y al final.

3.4.5.3.4 Desventajas

Para alimentar el lombricultivo puede hacerse con pulpa que no esté caliente cada 7 a 9 días después del despulpado. Es preferible usar la pulpa que tiene mayor tiempo de almacenamiento en la fosa.

3.4.5.4 Bocashi

3.4.5.4.1 Definición

El bocashi consiste en la descomposición mediante un proceso semi fermentativo de la materia orgánica con la ayuda de microorganismos agregados a la mezcla. La producción de los abonos se puede ver afectada por factores como la relación carbono: nitrógeno (C: N), humedad, temperatura y calidad de los materiales utilizados en su preparación ya que estos afectan de manera directa la actividad biológica y viabilidad de los microorganismos descomponedores, reduciendo la calidad del abono,

3.4.5.4.2 Proceso de obtención

Para la elaboración de este abono se utiliza pulpa de café, aguas mieles, cal y levadura. Una vez seleccionados los materiales, posteriormente se procede a mezclar las aguas mieles, la levadura, cal y la pulpa del café hasta llegar a una mezcla homogénea. Durante este proceso se agrega agua hasta alcanzar una humedad entre 50-60% estimado a través de la prueba de puño.

Finalmente se dispone la mezcla en forma de surco que posteriormente se voltea dos veces diarias durante la primera semana y una vez por día en las siguientes semanas; esto con el propósito de mantener un nivel de oxígeno adecuado. De igual manera se deben realizar controles de temperatura diarios. El punto de cosecha del bocashi cuando este alcanzó la temperatura ambiente.

3.4.6 Selección de la mejor alternativa para hacer abono orgánico

Para la selección de la alternativa para hacer abono se realizó utilizando el método Electra teniendo en cuenta los siguientes criterios para dicha evaluación:

- Tiempo de procesamiento: a mayores tiempos de procesamiento se le asigna menor puntaje
- Costo de producción: en los costos se tiene en cuenta, mano de obra, materiales necesarios, insumos y materias primas de ser necesario.
- Espacio requerido: para esto se tuvo en cuenta el espacio máximo permitido en cada una de las alternativas, para realizar el cálculo del área total que se requiere para el procesamiento de la pulpa producida.

Teniendo en cuenta los criterios anteriormente mencionados, se realizó la evaluación obteniendo como resultado que la mejor opción para procesar los desechos es la alternativa uno que corresponde al método compost como se puede evidenciar en la tabla 18:

Tabla 18 Resultado Electra para selección de abono

	Domina FILA	Dominada COL	Prioridad	Orden
A1	3	1	2	1
A2	0	3	-3	4
A3	1	1	0	3
A4	2	1	1	2

Fuente: Elaboración propia

Con los resultados obtenidos se procede a realizar la propuesta para llevar a cabo la producción de abono orgánico

3.4.6.1 Proceso de obtención del Compost

Teniendo en cuenta la descripción anteriormente dada para la obtención del abono, a continuación, se procede a detallar las especificaciones para llevar a cabo esta practica

Fosa de compostaje: para satisfacer las necesidades de la finca se requiere la construcción de una fosa de 6m de ancho por 12 metros de largo y 2,5 metros de alto, estas dimensiones se justifican debido que para la disposición de la pulpa total se requieren 3 m de ancho por 6 m de largo y 1,5 m de alto, por lo cual se calcula el doble del volumen ocupado de la pulpa con el fin de facilitar las prácticas de volteo, de igual forma la fosa debe contar con disposición de recolección de lixiviados y cubrimiento de aguas lluvias.

Disposición de materia prima: se procede a depositar la pulpa producida en el día, se mezcla con el mucilago obtenido de remoción mecánica del mismo y se le adiciona 200 g de cal/ kg de pulpa aproximadamente, estos productos se mezclan y se apilan. Este procedimiento se lleva cabo diariamente hasta obtener el volumen total requerido.

Tabla 19 cantidad de materiales utilizados en el proceso de compostaje

Material	Cantidad
Pulpa de café	10920 kg
Aguas mieles	4750 kg
Cal	1600 kg
Total	17270 kg

Fuente: Elaboración propia

Volteos: se deben realizar volteos 1 vez por semana para proporcionar el aire necesario, esto con el fin que el proceso de descomposición no se detenga. Como se pretende hacer tres pilas cada una de un metro de ancho, la operación de volteo se lleva a cabo como lo muestra la figura 1.

Si hay tres pilas o más, entonces se hace avanzado, disponiendo las pilas nuevas en el espacio dejado por la pila volteada.

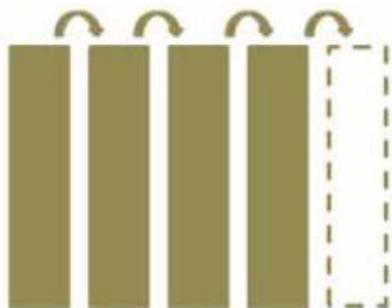


Figura 31 modalidades de volteo según el número de pilas

Fuente: Pilar Roman

Como se mencionó anteriormente en el procesado del café se generan dos tipos de residuos, la pulpa y el mucilago. Éstas últimas tienen un pH entre 4 y 4.5, y presentan una Demanda Química de Oxígeno (DQO) de 10.220 ppm, lo cual significa que acidifican el agua donde se depositan estos residuos.

Estudios realizados reportan que mediante el tratamiento del compost de la pulpa adicionando las aguas mieles producidas en el lavado mecánico del café se obtiene una remoción hasta del 100 % en cuanto de DQO, a continuación, se presentan resultados de estudios realizados en el proceso de compostaje para la remoción de la demanda química de oxígeno.

Tabla 20 resultados de remoción de DQO

Tratamiento	Volumen de aguas mieles (L)	DQO (mg/L)	Contaminación inicial (g)	Lixiviados finales (L)	DQO (mg/L)	Contaminación final (g)	Retención cantidad contaminante (%)
1	150	7820	1173	0	0	0	100
2	150	9740	1461	7,6	110000	836	42,76
3	150	17840	2676	24	118000	2832	3,50

Fuente: Moreno Nidia

Como se evidencia en la tabla 20 el tratamiento que realizó la mejor remoción fue el primero y corresponde al tratamiento de

compost al cual se le agregó las aguas mieles y levadura, obteniendo un pH promedio de 8 unidades con un porcentaje de humedad 71%. Teniendo en cuenta lo establecido por el Decreto 1594 de 1984, se cumple con lo dispuesto por la ley.

3.5 Selección de empaques

3.5.1 Empaque de café tostado y molido

A continuación, se presentan los requisitos técnicos que deben cumplir los materiales utilizados para el empaque del café tostado ya sea en grano o molido.

- Protección del aroma y del sabor del café: es necesario que el empaque conserve el olor y sabor característico de un buen café, además debe evitar que el producto adquiera olores externos, como detergentes, entre otros olores de productos que se encuentren cerca del café.
- Barrera a la humedad: esto se debe a que el café tostado es higroscópico, esta característica se debe tener en cuenta para la selección del empaque a escoger.
- Barrera al oxígeno: se hace necesario impedir que ingrese oxígeno al producto empacado, puesto que propicia reacciones de oxidación que aceleran el deterioro del café. De igual manera debe contar con barrera para otros gases (CO₂, N₂, entre otros)
- Barrera a luz: Los rayos ultravioletas catalizan y aceleran la rancidez de los aceites y grasas, de ahí la importancia de disminuir el efecto de los rayos U.V de la luz, lo cual puede lograrse en diferentes grados.
- Además deben ser inertes a los aceites y grasas, resistentes a rupturas ocasionadas mayormente por el dióxido de carbono que expulsa el café, que se puedan imprimir en ellos toda la información necesaria y algo bien importante para la comercialización que sea de bajo costo.

3.5.2 Materiales De Empaque.

Generalmente ningún material plástico posee las características necesarias para cumplir con la función de barrera y protección como empaque, por esta razón se combinan varios de ellos para formar un material complejo o laminado que reúna las propiedades más importantes de sus componentes. En la tabla 21 se evidencian algunas características individuales de algunos materiales utilizados para empaques.

Tabla 21 Características de los materiales de empaque

Material	Calibre	Transf de vapor de agua 90% HR	Permeabilidad a los gases cc/in ² /mm			Resistencia a la ruptura	Resistencia a la grasa
			O ₂	CO ₂	N ₂		
Celofán	195	0.008-0.03	0.5	3	0.5	600 kp/cm ²	Impermeable
Saranizado	195	0.008-0.03	0.5	3	0.5		Impermeable

Nitrocelulosa recubierta	195	1.4-2.7	1	3			Impermeable
Polietileno	1 mm	1.2 – 1.4	1900	1,375		1, 700 lb/in2	Excelente
Polietileno alta densidad	1 mm	0.3 – 0.4	450	350	4,000		Excelente

Fuente: Federacafé y Avisco

Los materiales utilizados en los empaques flexibles son, por lo general combinaciones o laminaciones de diferentes materiales, de forma que la estructura final del empaque cumpla con los requerimientos de protección y presentación del producto a empacar. [89-90]

En las estructuras de tres capas se combinan tres materiales de empaque. La primera capa debe aportar a la estructura características de protección (barrera al vapor de agua, oxígeno, presentación y resistencia a la manipulación. El material del centro aporta propiedades de barrera al vapor de agua oxígeno, luz, y la capa interna aporta barrera de los agentes antes mencionados y dará las características de sellado y hermeticidad del empaque final. [91-3]

Los materiales combinados que mayormente se usan en la industria para fabricar empaques son conocidos como: metalizado, saranizado, algunos conocidos como bolsa triples papel y el polipropileno biorientado en unión con el polietileno. [3-90]

Entre los comerciales ofertados tenemos los que presentan las siguientes estructuras de materiales combinados: BOPP, BOPPmet/PE, PET/PPCOEX, BOPPmet/PAPELPAFINADO, PVC, BONYL/FOILALUM/PE, BOPP/PAPEL/PE, PET/PEBD. En la tabla 2 se pueden observar algunas de las características que presentan las diferentes combinaciones de materiales, características tenidas en cuenta al momento de realizar la selección del empaque del café. [3-92]

Tabla 22 Características de empaques comerciales

Material película de empaque	Barre ra al vapor de agua	Barre ra a olores y gases	Permeabili dad al oxígeno	Velocida d de transmisión de vapor de agua	Rancid ez	Espes o	Protecci ón de Ruptura
PET/AL/PE	Alta	Alta	5%	> 0.1 g/m2	1,68		Alta
PET/PE	Alta	Baja	96.3 cc/m2	7.35 g/m2	1,11		Alta
BOPPMet/PP		Baja	100-160 cc/m2	0.4 g/m2	1,30		Media
BOPP/BOPPMet/PPC OREX	media	alta	Media		2	71 mm	Alta
PET/BOPP/PE	Alta	baja	Baja		2,2	70 mm	media
PET/FOILALUM/PE	Alta	baja	Baja		1,7	60 mm	Baja

Fuente: José Jaime Castaño

Como en el proceso de llenado manual es muy poco probable que en empaque no haya presencia de oxígeno y teniendo en cuenta la liberación de dióxido de carbono que se da luego del proceso de tostión, se hace recomendación de incluir en los empaques válvulas desgasificadoras, estas válvulas se aplican directamente sobre el empaque y el mecanismo de apertura-cierre es accionado por la diferencia de presión que se crea al desgasificarse el café; cuando la presión en el interior del empaque es superior a la atmosférica en 4,1 milibares, la válvula se abre dejando escapar los gases desprendidos. Cuando la presión desciende a 3,5 milibares. El gas carbónico que se escapa lleva consigo el oxígeno remanente en el empaque minimizando su concentración. [93-94]

Con el uso de estas válvulas no se ha necesario almacenar el café tostado temporalmente para su desgasificación, estas válvulas permiten la reducción del oxígeno presente en el empaque hasta el 50% después de un día y al cabo de 8 días el oxígeno desaparece. [94-95]

3.5.3 Selección de empaques

Teniendo en cuentas las características anteriormente mencionadas se lleva a cabo un estudio multicriterio para determinar cuál es el mejor material para llevar a cabo el empaque del café tostado y molido, para dicho estudio se hace uso del método de pares. A continuación, se presenta la escala establecida para el estudio

Tabla 23 escala fundamental para comparaciones de pares

Intensidad	Definición	Explicación
1	Igual	Dos materiales tienen de iguales características
3	Moderada	Un material tiene levemente mejor característica que el otro
5	Fuerte	Un material tiene fuertemente mejor característica con respecto al otro
7	Muy fuerte o demostrada	Un material tiene fuertemente, característica con respecto al otro su impacto se demostró
9	Extrema	Un material tiene totalmente mejor característica respecto al otro
Reciproco	Si la alternativa k ya ha sido evaluada con la alternativa h, cuando se compara la alternativa h con la k, recibe el valor reciproco ($A_{kh} = 1/A_{hk}$)	Hipótesis del método

Fuente: Toma de decisiones para lideres (Thomas Saaty)

En la tabla 24 se presenta el resumen de los resultados obtenidos en la comparación por pares para cada combinación de materiales, de acuerdo a las características que presenta cada opción.

Tabla 24 Resultado comparación por pares

	Barrera al vapor de agua	Barrera a olores y gases	Impermeabilidad al oxígeno	Protección Rancidez	Protección de Ruptura
PET/AL/PE	23	41	40	40	25
PET/PE	23	13	19	19	25
BOPPMet/PP	16	13	20	20	16
BOPP/BOPPMet/PPCORE X BOPPMET	16	21	11	11	20
PET/BOPP/PE BIOALUM	10	6	5	5	9
PET/FOILALUM/PE FOIL	10	6	5	5	4

Fuente: Elaboración propia

Con lo evidenciado anteriormente se concluye que la mejor combinación de materiales para la conformación de empaques es la PET/AL/PE.

Una vez seleccionada la combinación de materiales, se procede a registrar los empaques ofertados en el mercado por diferentes proveedores, y de esta manera seleccionar cual es la opción que mejor se ajusta, para dicha selección se hizo uso del método Electra teniendo en cuenta, dimensiones del empaque, costo unitario, costos de válvulas, costos de peel stick, tipo de empaque.

En la tabla 25 se presentan las especificaciones de la alternativa que arrojó el estudio realizado, para este estudio se tuvieron en cuenta 3 presentaciones de empaques, 125-250 y 500 g

Tabla 25 Resultados del Electra

Presentaciones	Tipo de empaque	Dimensiones (An x Al x Fuelle) mm	Sellado	Precio unidad	Precio Válvula	Precio peel Stick
125 g	Metalizada	130x210x35	Flowpack	\$300	\$200	\$270
250 g	Metalizada	150x210x35	Flowpack	\$395	\$200	\$270
500 g	Metalizada	185x245x40	Flowpack	\$450	\$200	\$270

Fuente: Elaboración propia

Estos costos no incluyen, costos de envíos, también están sujetos a cambios debido a la cantidad de bolsas que se deban adquirir de cada presentación, por otra parte, los costos de impresión también aumentan el costo unitario del producto, dichos costos de impresión no fueron tenidos en cuenta ya que este depende de los colores a los cuales se desean imprimir, el logo que se diseñe para la marca.

3.6 Factibilidad del proyecto

3.6.1 Flujo de caja proyectado

Para la elaboración del flujo de caja proyectado, el costo de ventas para cada uno de los años, fue tomado con base el costo de ventas del primer año. Sin aumentar el costo del producto cada año.

La inversión en infraestructura y los gastos de puesta en marcha solo se tienen en cuenta para el año 1, pues estos gastos solo se presentarán en el momento del inicio de la empresa.

3.6.2 Inversiones.

3.6.2.1 Inversión en terreno y obra civil

Hace referencia al costo del terreno y al costo referido de adecuación del mismo. El terreno tiene una dimensión de 25m de ancho por 40m de largo, dando un total de 1000 metros cuadrados.

Tabla 26 Inversión en terreno y obra civil

Concepto	costo	Metros cuadrado
Terreno		250 m ²
Obra civil	20.000.000	193,5 m ²

Fuente: Elaboracion propia

El costo por adquisición del terreno no se tiene en cuenta debido a que la finca cuenta con espacio suficiente y no hace necesario comprar nuevas tierras.

3.6.2.2 Inversiones en Maquinaria, Equipo y Herramientas: En ésta parte se indican las inversiones que se efectuarán para la adquisición de la maquinaria y equipo requerido para el montaje de la planta y puesta en marcha del proyecto. El costo total de la inversión incluye honorarios, costos de imprevistos, entre otros.

Tabla 27 Costos relacionados con la maquinaria

EQUIPO	COSTO
Despulpadora	\$ 1.540.000
Clasificadora	\$ 480.000
Tanque	\$ 1.200.000
Deslim LH 300	\$ 4.600.000
Secadora	\$ 6.300.000
Trilladora	\$ 2.980.000
Tostadora	\$ 9.500.000
Molino	\$ 3.600.000
Selladora	\$ 2.000.000
Bascula	\$ 160.000
Balanza gramera	\$ 14.000
Silo Desgasificador	\$ 1.000.000
Tt-1	\$ 1.000.000
Tt-2	\$ 1.600.000

Tt-3	\$ -
Tt-4	\$ 1.600.000
Σ CBM	\$ 34.974.000,00
CTM	\$ 41.269.320,00
CGR	\$ 58.756.320,00

Fuente: Elaboración propia

3.6.3 Costos operacionales.

Estos costos, como su nombre lo indica, son los que se causan durante el período de operación del proyecto. Se incurre en ellos para hacer funcionar las instalaciones y demás activos adquiridos mediante las inversiones, con el propósito de procesar y comercializar el café.

Estos costos se clasifican en:

3.6.3.1 Costos de Materia Prima. Ya que estos costos incluyen el costo neto de la materia prima (café) e insumos (bolsas de empaque), no son tenidos en cuenta para estudio económico, justificándose debido a que la materia prima va ser suministrada por la cosecha obtenida en la finca, y para el caso de los insumos estos costos son variables ya que depende de las cantidades a adquirir, cantidades que varían según la presentación de empaque, para esto se debe realizar un estudio más detallado para dicha selección.

3.6.3.2 Costos por Mantenimiento Operativo. En el presente cuadro se relacionan los costos de los servicios públicos que se requerirán para el primer año de operación del proyecto empresarial.

Tabla 28 Costos de servicios requeridos

Servicio	Unidad de medida	Costo unitario (\$)	Cantidad	Costo total (\$)
Energía eléctrica	KW	199	7260,254	1.444.790
Combustible	Lb	1500	1617	2.437.500
Agua	L	144	21000	30.240
TOTAL				3.912.530

Fuente: Elaboración propia

3.6.3.3 Gastos por operarios. Se deben establecer los costos de personal para el proceso productivo de la planta, por lo tanto, se establecerán el monto de remuneraciones durante el lapso de tiempo que tarda el proceso de cosecha y producción del café estimado en dos meses.

Tabla 29 Costo por operadores

	Cantidad	Sueldo básico	Días	Total
Operarios de maquinaria	3	2.700.000	60	5.400.000
Cosechadores	N/A		60	8.190.000
Total				\$ 13.590.000,00

Fuente: Elaboración propia

3.6.3.4 Gastos por Depreciación. La depreciación es un mecanismo que se emplea para permitir la recuperación en obras físicas y en el equipamiento. Como los desembolsos sólo se efectúan para la adquisición de dichos activos, no implica flujos efectivos de dinero, sino registros contables que reportan reducciones en el pago de los impuestos. A medida que aumenta la depreciación disminuyen los ingresos gravables y por consiguiente los impuestos a pagar sobre las utilidades. El método de depreciación utilizado a continuación es el método de MACRS.

Tabla 30 Valor de la depreciación

METODO DE MACRS				
periodo a depreciar	SI	DDB	BV	DEPRECIA
5	\$ 15.751.264	\$ 31.502.528	\$ 47.253.792	\$ 31.502.528
4	\$ 11.813.448	\$ 18.901.517	\$ 28.352.275	\$ 18.901.517
3	\$ 9.450.758	\$ 11.340.910	17011365,12	11340910,08
2	\$ 8.505.683	\$ 6.804.546	\$ 8.505.683	\$ 8.505.683
1	\$ 8.505.683	\$ 4.082.728	\$ 0	\$ 8.505.683

Fuente: Elaboración propia

3.6.3.5 capital de trabajo: es la cantidad de capital que se requiere para arrancar la planta y financia los primeros meses de operación antes de que comiencen las ganancias del proceso. Esta cantidad cubre salarios de operarios y costos de servicios. Este capital está evaluado en catorce millones seiscientos ochenta y dos mil quinientos treinta pesos (\$ 14.682.530).

3.6.4 Determinación de los ingresos.

Para el cálculo de los ingresos se debe tener en cuenta la cantidad de café producido al año (kg), precio promedio del café en presentación de un kilo.

Tabla 31 Ingresos anuales proyectados

Concepto	
Precio unidad	\$ 18.000
Unidades vendidas	4398
Total ingresos	\$ 79.164.000

Fuente: Elaboracion propia

3.6.5 Fuentes de financiamiento

Para este trabajo de grado se evalúa la posibilidad de implementar dos formas de financiamiento, estas dos formas pueden realizarse de manera complementaria o independiente conforme se inicia el proyecto y utilizando una inversión inicial base de \$100.000.000 (cien millones de pesos) la cual fue determinada posteriormente.

Recursos propios: Se utilizarán hasta \$20.000.000 pesos para la consecución de este proyecto, este dinero se puede utilizar como fuente alternativa de financiamiento en inversiones o se tendrá disponible para adecuación de obras civiles.

Créditos en bancos: el Banco Agrario es la entidad bancaria recomendada para solicitar un crédito debido a que cuenta con la mejor tasa de interés (12%) para préstamos a caficultores, esto es debido a un convenio que tienen con la federación nacional de cafeteros.

3.6.5.1 Plan de financiación

De acuerdo a lo calculado en la Inversión de capital de trabajo, se estimó que se necesita un total de \$ 116.258.850 , para lo cual se tiene en cuenta tres casos de estudios, el primero es el financiamiento total de la inversión mediante la entidad bancaria anteriormente mencionada, el segundo caso es adquirir un financiamiento del 50% de la inversión y el 50% restante debe ser financiado por los socios de la empresa, finalmente tenemos el tercer caso donde no se requiere financiamiento de la deuda y se cuenta con el capital necesario para la construcción y puesta en marcha de la planta.

3.6.6 Indicadores de viabilidad

En los indicadores de viabilidad del proyecto, se tomó una TIO del 12%, este porcentaje representa la rentabilidad mínima que se espera del proyecto para tomar la decisión de poner en marcha dicho proyecto. A continuación, se presentan los valores de los diferentes indicadores si se tiene en cuenta 100% de financiamiento, el 50% y sin financiamiento.

Tabla 32 Indicadores de viabilidad del proyecto

Indicadores		Financiamiento		
		100%	50%	0%
	ROROI	31%	34%	37%
	CCP	\$ 265.573.245	\$ 298.358.241	\$ 331.143.236
	PBP (año)	3	3	2
	TIR	19%	23%	27%
	VNP	\$ 50.404.163	\$ 71.508.194	\$ 92.612.225
	DPBP (año)	5	3	3

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos, se puede concluir que el proyecto en los tres casos de estudios es viable económicamente, debido a que la TIR es en todos los casos mayor al valor mínimo establecido, de igual manera el valor presente neto en todos los casos nos da cifras positivas, lo cual afirma lo obtenido mediante la tasa interna de retorno.

3.7 Distribución de la planta

3.7.1 Determinación de las áreas de trabajo necesarias

A continuación, se relacionarán las áreas que se considera deben tener la empresa.

- Recepción de materias primas
- Producción
- Sanitario producción
- Sanitario oficina
- Oficina Administrativa
- Almacén de producto
- Empaque y sellado
- Tratamiento de desechos

Tabla 33 base de cálculo de las áreas de la empresa

Área	Base de cálculo	Área en metros
Recepción de materia prima	Área suficiente para recibir 100@ de café cereza	1,5 *2
Área de producción	Espacio suficiente para beneficio húmedo, beneficio seco, proceso de empaque y sellado, y un espacio razonable para el cumplimiento de las labores de los 3 operarios	9*5
Sanitario producción	1 sanitario y 1 lavamanos para tres operarios	2,5*3
Sanitario oficina	Un sanitario con su respectivo lavamanos para el funcionamiento administrativo y sus visitantes	1,30 * 3
Oficina administrativa	Espacio amplio y como para el funcionamiento y equipos de oficina que se ubiquen en el área	3.7*3
Almacén de producto terminado	Área suficiente para el almacenamiento del producto final	7*6
Empaque y selladora	Espacio amplio para que el manipulador pueda desempeñar bien su labor	3* 3
Tratamiento de desechos	Espacio para tratamiento de residuos solidos	6*12
Total		193,5 m ²

Fuente: Elaboracion propia

3.7.2 Distribución de la planta

En este punto se muestra el diseño de la planta en cuanto a la distribución de las áreas del terreno disponible, de manera que los recorridos de la materia prima sean más cortos y que brinden seguridad y bienestar para los empleados.

En la distribución se deben tener en cuenta todos los espacios disponibles en la planta, no solo la producción.

Para llevar a cabo la distribución se usó el método de distribución sistemática de las instalaciones de la planta o SLP, del cual se obtiene del diagrama de actividades que están sustentados con códigos de cercanía (letras y líneas) que representan la cercanía de un área con la otra y código razones (números) representa porque un área está lejos de la otra.

Tabla 34 Código de cercanía

Vocal	Proximidad	Color	Trazado
A	Absolutamente necesario	Rojo	
E	Especialmente importante	Amarillo	
I	Importante	Verde	
O	Poco importante	Azul	
U	Sin importancia	Negro/blanco	
X	No deseable	Marrón	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 35 Código de razones

Código	Motivo
1	Proximidad al proceso
2	Higiene
3	Control
4	Malos olores
5	Seguridad del producto
6	Accesibilidad

Fuente: Elaboración propia

En la figura 32 y 33 se presenta la correlación para la producción y para la planta en general, con estas figuras se crea el diagrama de hilos que utiliza el código de líneas para comenzar a observar la distribución que tendrá la planta en su totalidad; en el diagrama de hilos solo se utilizarán las 8 áreas

del diagrama general de relación de actividades ya que la producción se considera como una sola sección.

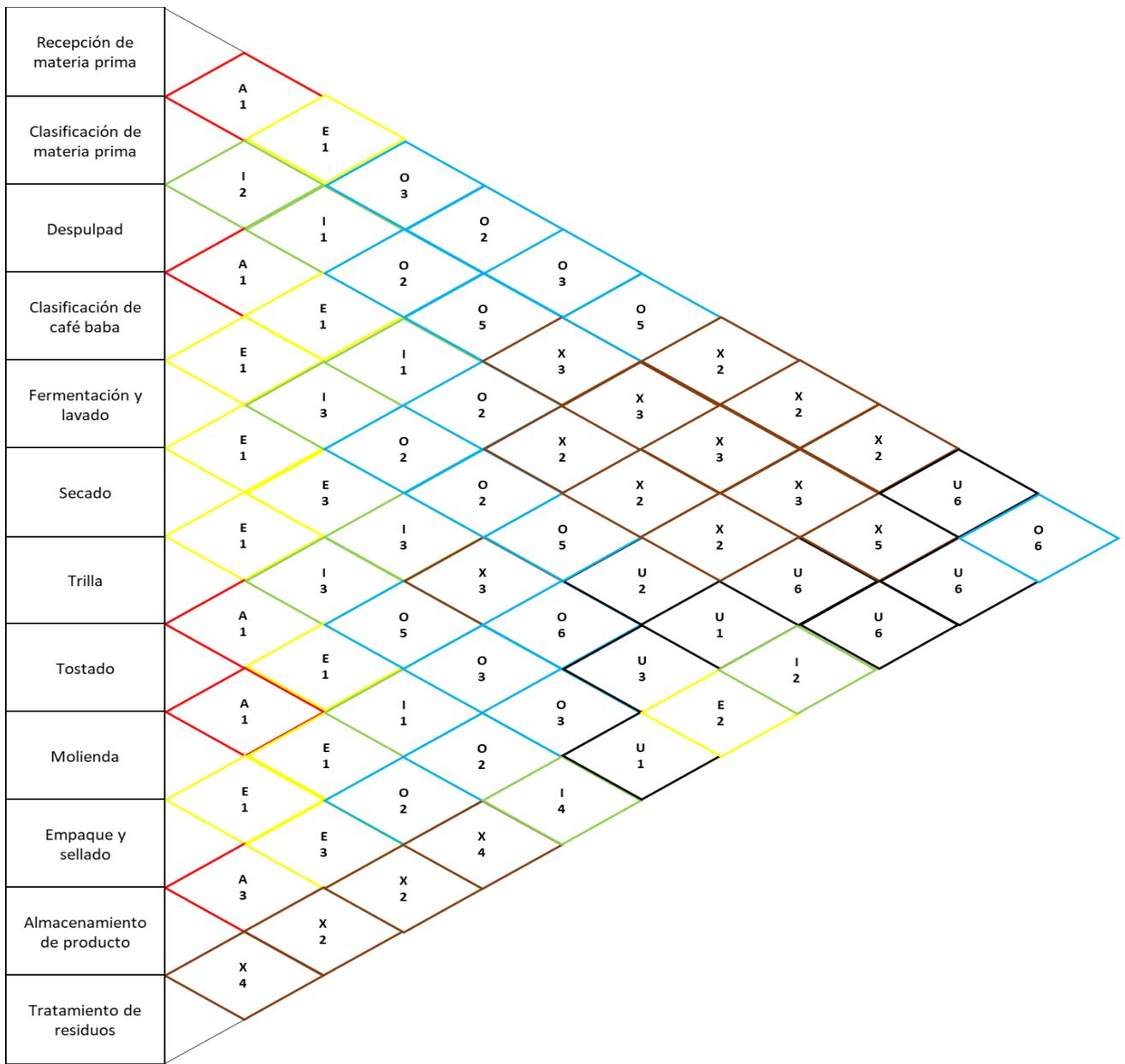


Figura 32 Diagrama de relaciones de proceso

Fuente: Elaboracion propia

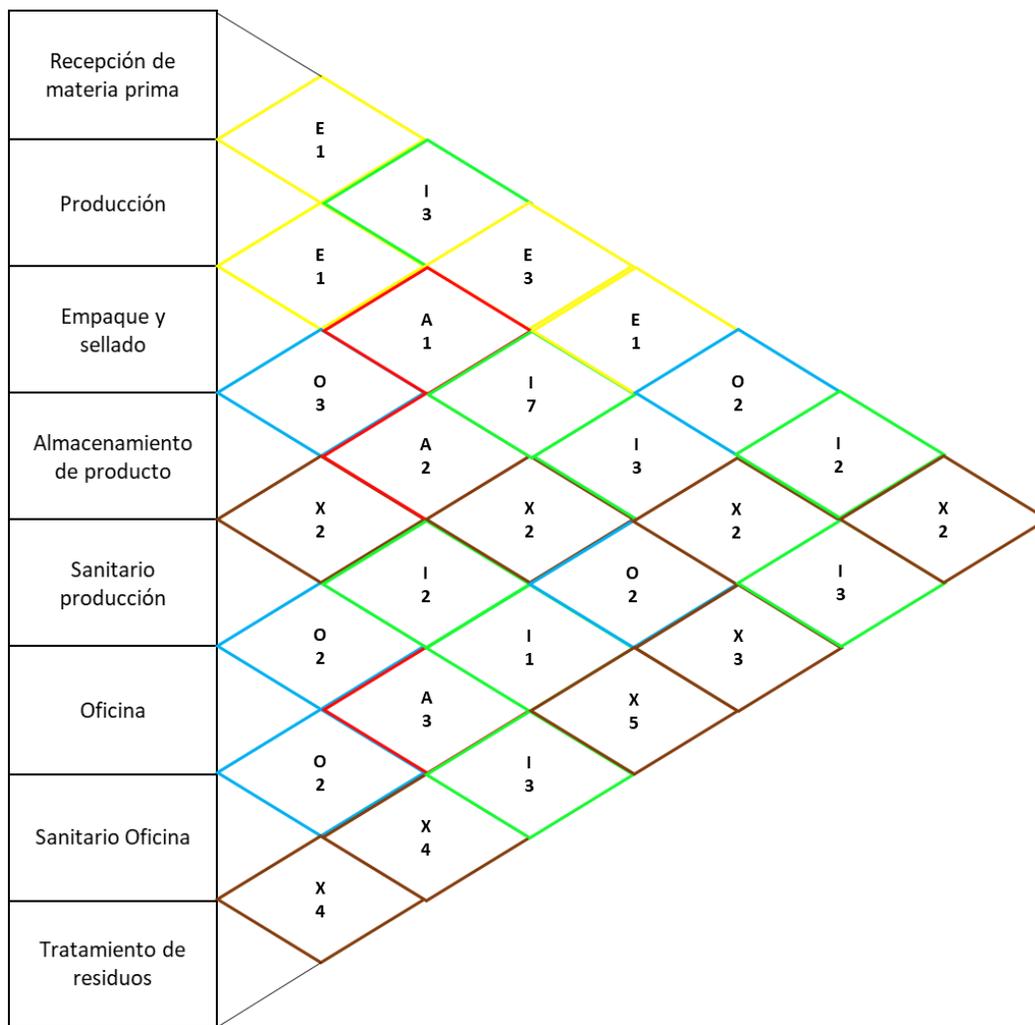


Figura 33 Relación de actividades general de la planta

Fuente: Elaboracion propia

Elaborados todos los diagramas se procede a distribuir de manera correcta las áreas en el gráfico de tal manera que se genere una pequeña distribución de planta. Esta distribución no debe ser completamente fiel a lo plasmado en los planos de distribución de planta, pero sirve de ayuda para encontrar aquellas áreas que deben estar ubicadas de manera que no se generen embotellamientos o cualquier otro problema en la producción, la distribución de las áreas con sus respectivas relaciones se muestra en la figura 34.

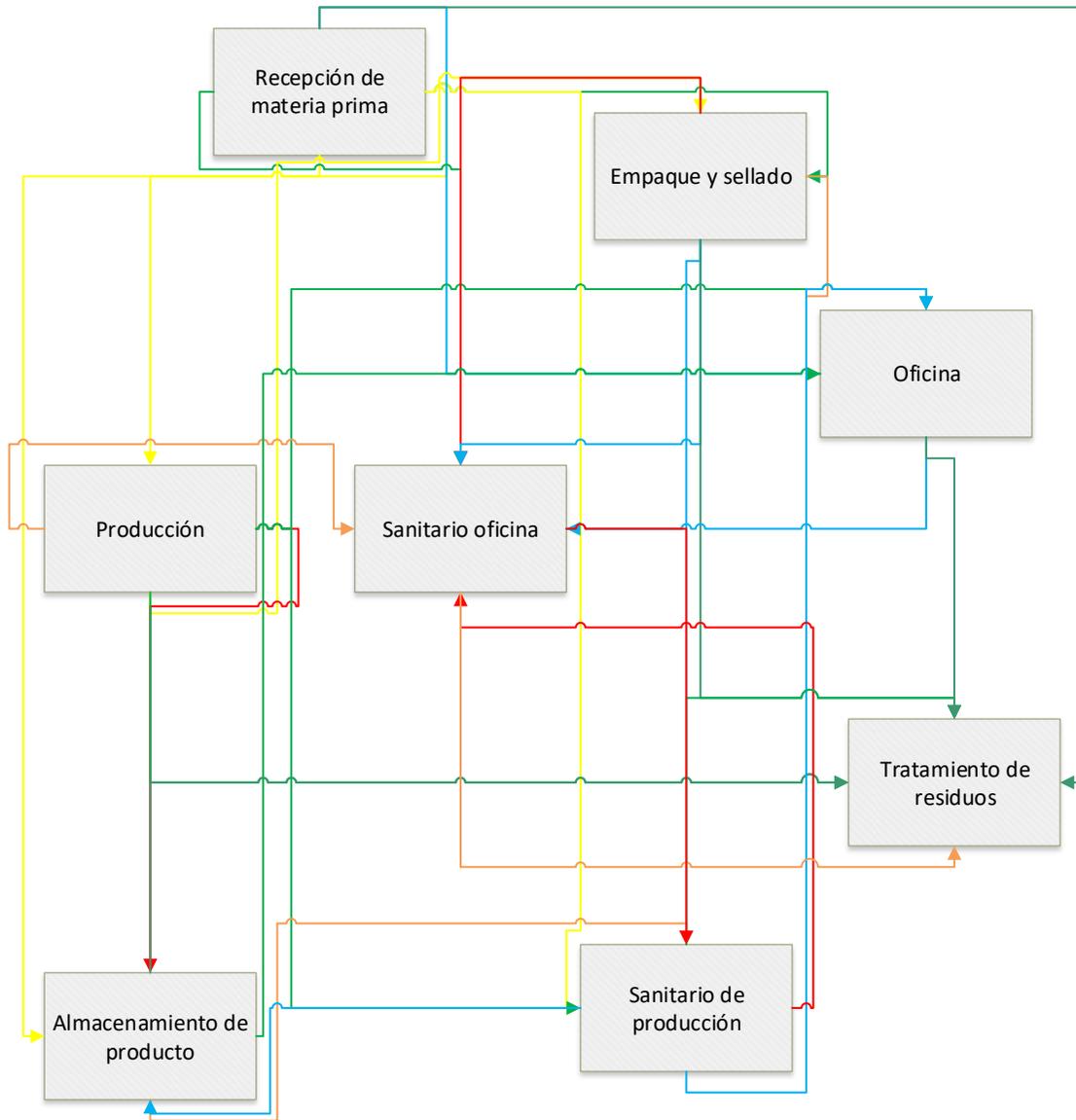


Figura 34 Diagrama de hilos

Fuente: Elaboración propia

Con esta disposición de áreas en mente, se procede a realizar el plano que representa la distribución física de las áreas de trabajo de la planta, para este proceso se tienen en cuenta que la forma y por ende las dimensiones de las áreas dependen de la distribución del terreno, aunque la superficie de las áreas sea la misma, por lo que el plano que se muestra en la Figura 35 es aplicable para terrenos con superficies mínimas de 24 metros de frente y 12 metros de fondo.

Éste es un factor a tener en cuenta por parte de la empresa a la hora de llevar a cabo el acondicionamiento de terreno. Sin embargo, no es un limitante puesto que en este documento se estimaron las superficies necesarias para cada área y el área total de planta, así que, en dado caso de acondicionar el terreno en dimensiones diferentes a las mencionadas, pero en cumplimiento del

requerimiento mínimo de área total, la empresa puede diseñar la forma de las áreas acorde al terreno, a la superficie necesaria en cada una y la distribución de estas se realiza siguiendo la Figura 34.

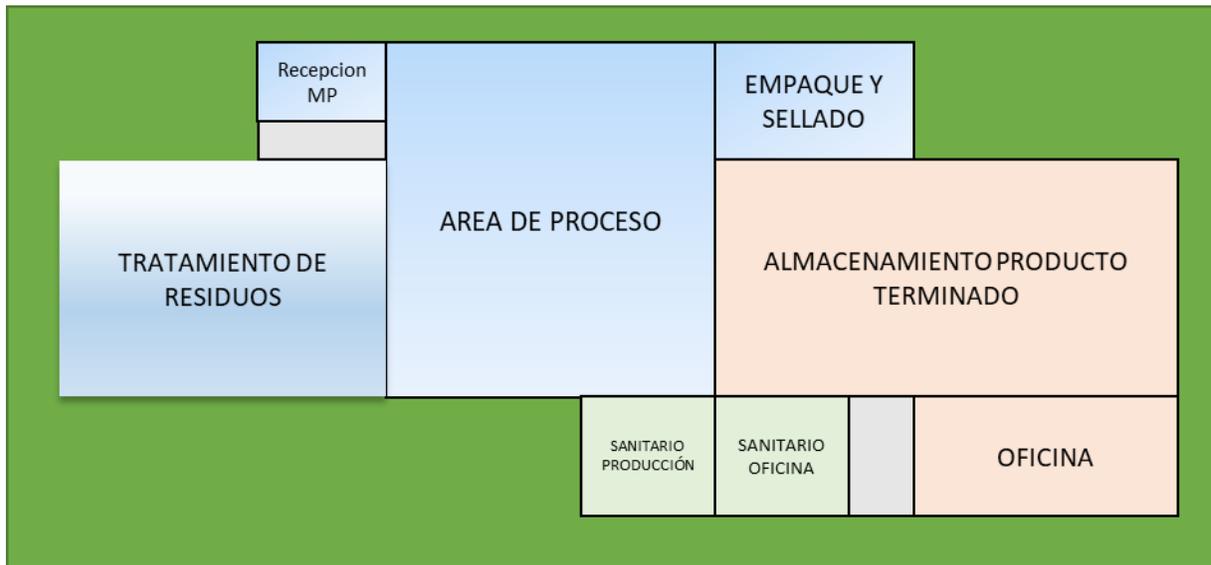


Figura 35 Distribución de áreas para la planta procesadora de café

CONCLUSIONES

- Mediante el estudio de factibilidad económica realizado, teniendo en cuenta los valores obtenidos para los indicadores económicos se pueden concluir que el proyecto es viable aun adquiriendo financiamiento por parte de la entidad bancaria Banco Agrario.
- Se llevó a cabo la selección de la maquinaria requerida haciendo uso del método Electre, en el cual se evaluaron diferentes criterios, además de optar por llevar a cabo un proceso de producción ecológico donde los recursos utilizados sean mínimos.
- Con el estudio de mercado se determinó la oferta y la demanda potencial del producto, presentando un escenario atractivo de participación en el mercado, por lo que es factible realizar la producción y comercialización del café molido, ya que se encuentra en una categoría nueva de productos en el mercado y que fue muy aceptada por los consumidores.
- Se determinó la localización óptima del emplazamiento de la planta, mediante una tabla de variables ponderables, y rectificando el resultado haciendo uso del método Electre, dando como resultado la Vereda la Esmeralda por su disponibilidad de servicios básicos, materia prima y costos.
- Se planteó una posible alternativa para el aprovechamiento de los residuos sólidos generados en el beneficiado del café, lo cual favorece la disminución de la contaminación ambiental en términos de demanda química de oxígeno (DQO) y sólidos totales suspendidos (SST)
- Se realizó un estimativo de las superficies de trabajo requeridas por cada una de las áreas o secciones de trabajo en función del tipo, capacidad y dimensiones de los equipos, con base en estos datos se estimó la superficie total de la planta, la cual será de aproximadamente 193,5 m² metros cuadrados. Cabe resaltar que se cuenta con terreno suficiente para la construcción de la planta
- Se plantearon los balances de masa y energía de cada uno de los equipos usados en el proceso de producción. Observando que existe un gran consumo de energía por parte del equipo que realiza la operación de secado, ocurriendo lo mismo con el equipo del tostado, debido principalmente al alto contenido de humedad presente en el grano para el caso del silo secador, lo que aumenta el tiempo de funcionamiento del equipo y por ende el consumo de energía.
- Mediante el uso del método titulado Systematic Layout Planning, se postuló un diagrama de distribución de las áreas de trabajo dentro de una planta con dimensiones iguales a 24 metros de frente y 12 metros de fondo. Se analizaron diferentes puntos de vista acerca de la distribución de las áreas dentro de la planta, para ello se hizo uso de los principios de una buena distribución en planta.

- Se realizó una propuesta de empaques utilizados para el envasado del café molido, para la selección de esta propuesta se tuvo en cuenta los que ofrecieran barrera a luz, oxígeno, protección del aroma y sabor; arrojando que la mejor opción son aquellos fabricados en PET/AL/PE, teniendo el material del empaque se hizo un estudio para determinar el empaque comercial que cumpliera con dichas características.

RECOMENDACIONES

- Ampliar el número de personas encuestas, para tener un mayor porcentaje de confiabilidad del estudio de mercado.
- Para la realización del estudio técnico que compete el emplazamiento de la planta, el proceso de producción, entre otras, es necesario contar con personal que tenga experiencia en el área ya que esto dará al proyecto una mejor percepción de la producción óptima y eficiente de la realización del producto.
- Otro punto a tomar en cuenta es el préstamo bancario que, si por algún motivo no se llegara a dar, se tendría que optar por otra entidad bancaria y posiblemente con otra tasa de interés a la cual se tendrían que ajustar los balances y costos efectuados.
- Realizar un estudio más detallado de los empaques disponibles, de las presentaciones a ofertar en el mercado, ya que dependiendo de esto varían los costos de producción.
- Realizar estudios de laboratorios para los residuos sólidos generados y así tener una cifra más exacta en cuanto a la reducción de la contaminación en términos de DQO Y SST.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Instituto Geográfico Agustín Codazzi, Fronteras y límites de entidades territoriales.
- [2] Café de Colombia, Proveedores de café colombiano, [en línea], http://www.cafedecolombia.com/clientes/es/proveedores_de_cafe_colombiano/, Consultado 5-05-2019.
- [3] Campo Elías, «Tecnología del café», http://infocafes.com/portal/wp-content/uploads/2017/02/213956_2-9-1-13.pdf, Consultado 07-02-2019.
- [4] Guía ambiental para el sector cafetero, Descripción del proceso productivo y del beneficio del café, [en línea], <https://www.federaciondecafeteros.org/static/files/8Capitulo6.pdf>, Consultado 07-02-2019.
- [5] Academic, La Jagua de Ibirico, [en línea] <https://esacademic.com/dic.nsf/eswiki/1342366#Himno>, Consultado 5-05-2019
- [6] Alcaldía de La Jagua de Ibirico, Reseña histórica, [en línea], <http://www.lajaguadeibirico-cesar.gov.co/municipio/resena-historico-del-municipio-de-la-jagua-de-ibirico>, Consultado 5-05-2019
- [7] Colombia turismo, La Jagua de Ibirico, [en línea], <http://www.colombiaturismoweb.com/DEPARTAMENTOS/CESAR/MUNICIPIOS/LA%20JAGUA%20DE%20IBIRICO/LA%20JAGUA%20DE%20IBIRICO.htm>, Consultado 5-05-2019
- [8] Alcaldía de La Jagua de Ibirico en Cesar, Nuestro Municipio, [en línea], <http://www.lajaguadeibirico-cesar.gov.co/municipio/nuestro-municipio-95067>, Consultado 5-05-2019
- [9] Café de Colombia, Una bonita historia, [en línea], http://www.cafedecolombia.com/particulares/es/el_cafe_de_colombia/una_bonita_historia/, Consultado 11-23-2019
- [10] Hacienda ceylan, Historia del café en Colombia, [en línea], <https://haciendaceylan.com.co/historia-del-cafe-en-colombia/#.Xdm9X-gzbIU>, Consultado 11-23-2019
- [11] Revista credencial, La bebida del diablo: historia económica y política del café en Colombia, [en línea], <http://www.revistacredencial.com/credencial/historia/temas/la-bebida-del-diablo-historia-economica-y-politica-del-cafe-en-colombia>, Consultado 11-23-2019.
- [12] Panorama cultural, La historia del café, [en línea], https://www.panoramacultural.com.co/index.php?option=com_content&view=article&id=3743:la-historia-del-cafe&catid=13&Itemid=154, Consultado 11-23-2019.
- [13] R. Mauricio, S. Gabriel «Juan Valdez, Estrategia detrás de la marca», p. 98.

[14] Colombia taste, Colombia con aroma de café, [en línea], <http://www.colombiataste.com/2018/06/02/colombia-con-aroma-de-cafe/>, Consultado 11-23-2019.

[15] Eje cafetero, importancia de la industria del café, [en línea], <http://ejecafetero-jbz.blogspot.com/2012/11/importancia-de-la-industria-del-cafe.html>, Consultado 11-23-2019.

[16] Coffe Media, Historia del café en Colombia, [en línea], <https://www.yoamoelcafedecolombia.com/2017/12/15/historia-del-cafe-en-colombia/>, Consultado 11-23-2019.

[17] Al grano, El sector cafetero es motor de la economía y garantía de estabilidad y paz social, https://www.federaciondefcafeteros.org/algrano-fnc-es/index.php/comments/el_sector_cafetero_es_motor_de_la_economia_y_garantia_de_estabilidad_y_paz_/, Consultado 11-23-2019.

[18] J. A. Pérez Toro, Economía cafetera y desarrollo económico en Colombia. 2013.

[19] Y. Corredor, J. Bonilla, DIAGNÓSTICO DEL MERCADO Y ANÁLISIS DOFA.218

[20] Y. Vergara, Sector cafetero, [en línea], <https://es.scribd.com/document/431610084/6574>, Consultado 11-23-2019.

[21] Federación Nacional de Cafeteros en Colombia, Producción de café de Colombia, [en línea], https://www.federaciondefcafeteros.org/particulares/es/sala_de_prensa/detalle/produccion_de_cafe_de_colombia_cerro_en_136_millones_de_sacos/, Consultado 11-23-2019.

[22] Federación nacional de cafeteros, Ensayo sobre la economía cafetera, [en línea], <https://www.federaciondefcafeteros.org/static/files/ECC32.pdf>, Consultado 11-23-2019.

[23] La crónica, Comité de cafeteros necesita 8.000 recolectores para el ‘Plan cosecha’, [en línea], <https://www.cronicadelquindio.com/noticia-completa-titulo-comite-de-cafeteros-necesita-8000-recolectores-para-el-plan-cosecha-cronica-del-quindio-nota-129067>, Consultado 11-23-2019.

[24]Ernesto Macías Tovar, Radicación proyecto de ley, [en línea] <http://leyes.senado.gov.co/proyectos/images/documentos/Textos%20Radicados/proyectos%20de%20ley/2016%20-%202017/PL%20029-16%20FONDO%20ESTABILIZACION%20CAFE.pdf>, Consultado 11-23-2019.

[25] Información jurídica, Proyecto de Ley 117 de 2017 Senado, [en línea], <https://vlex.com.co/vid/proyecto-ley-117-2017-693355521>, Consultado 11-23-2019.

[26] Café de Colombia, Historia del café, [en línea], http://www.cafedecolombia.com/particulares/es/sobre_el_cafe/el_cafe/el_cafe/?fbclid=IwAR0rQdS3XM8fKM7M57KtsLwdaJwszxvFDamWjuAE069MX1PzIulrFXKjj4g, Consultado 09-11-2019

[27] Jaime Pulgarín, crecimiento y desarrollo de la planta de café, [en línea], <https://www.cenicafe.org/es/documents/LibroSistemasProduccionCapitulo2.pdf?fbclid=IwAR0qTBjIKqR23jgy-RtS0DBMaNSDFxgF8R5B8qth8IfReqaDA5gwSboXxCI>, Consultado 09-11-2019

[28] M. Gotteland, SOME TRUES CONCERNING COFFEE, [en línea] [Vhttps://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-75182007000200002](https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-75182007000200002), Consultado 09-11-2019

- [29] Café de Colombia, El cultivo, [en línea], http://www.cafedecolombia.com/particulares/es/sobre_el_cafe/el_cafe/el_cultivo/, Consultado 09-11-2019
- [30] Ministerio de agricultura y riego, Plan de manejo de café, [en línea], http://agroaldia.minagri.gob.pe/biblioteca/download/pdf/tematicas/c-educacion_extension/c30/maejo_cafe_vraem.pdf/, Consultado 09-11-2019
- [31] Mundo cafeto, El cafeto, [en línea], <https://mundocafeto.com/planta/el-cafeto/>, Consultado 09-11-2019
- [32] Molido y servido, Partes del grano de café, [en línea], <https://www.molidoyservido.com/partes-del-grano-de-cafe/>, Consultado 09-11-2019
- [33] Café de Colombia, El árbol y el entorno, [en línea], http://www.cafedecolombia.com/particulares/es/sobre_el_cafe/el_cafe/el_arbol_y_el_entorno/, Consultado 09-11-2019
- [34] T. Hatzold, «Introduction», en Coffee, Y.-F. Chu, Ed. Oxford, UK: Wiley-Blackwell, 2012, pp. 1-20.
- [35] L. R. Batista, S. M. Chalfoun de Souza, C. F. Silva e Batista, y R. F. Schwan, «Coffee: Types and Production», en Encyclopedia of Food and Health, Elsevier, 2016, pp. 244-251.
- [36] COFFEEIQ, Recolección de Café, [en línea], <https://www.coffeeiq.co/recoleccion-de-cafe/>, Consultado 10-03-2019.
- [37] A. Dunsby, J. Eckstein, J. Gaspar, y S. Mulholland, Eds., «Coffee», en Commodity Investing, Hoboken, NJ, USA: John Wiley & Sons, Inc., 2015, pp. 189-196.
- [38] G. V. de Melo Pereira et al., «Exploring the impacts of postharvest processing on the aroma formation of coffee beans – A review», Food Chemistry, vol. 272, pp. 441-452, ene. 2019.
- [39] C. H. J. Brando, «Harvesting and Green Coffee Processing», en Coffee: Growing, Processing, Sustainable Production, J. N. Wintgens, Ed. Weinheim, Germany: Wiley-VCH Verlag GmbH, 2004, pp. 604-715.
- [40] S. Velásquez, N. Peña, J. C. Bohórquez, N. Gutierrez, y G. L. Sacks, «Volatile and sensory characterization of roast coffees – Effects of cherry maturity», Food Chemistry, vol. 274, pp. 137-145, feb. 2019.
- [41] C. Soto, Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo, Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, y Programa Cooperativo Regional para el Desarrollo Tecnológico y Modernización de la Caficultura, Guía técnica para el beneficiado de café protegido bajo una indicación geográfica o denominación de origen. Guatemala: IICA, 2010.
- [42] «Coffee: Coffea arabica L; C. robusta Lindeu (Rubiaceae)», en Natural Food Flavors and Colorants, Chichester, UK: John Wiley & Sons, Ltd, 2017, pp. 152-155.
- [43] PERFECT DAILY GRIND, Recolección a Mano Vs Recolección Mecánica: Pros & Contrás, [en línea], <https://www.perfectdailygrind.com/2017/07/recoleccion-mano-vs-recoleccion-mecanica-pros-contras/>, Consultado 10-03-2019.

- [44] F. Á. Mejía, C. E. O. Tascón, y J. R. S. Uribe, «Evaluation of Mechanical Beaters in Coffee Harvesting», n.º 66, p. 10, 2013.
- [45] C. E. O. Tascón, R. B. Mora, F. Á. Mejía, I. D. A. Tórres, y C. A. R. Gómez, «COSECHA DEL CAFÉ CON VIBRADORES PORTÁTILES DEL TALLO», p. 12.
- [46] E. O. Chacón, «Evaluación de los sistemas tradicional y ecológico de beneficio húmedo de café», p.52
- [47] Digital repository of the National Coffee Research Centre – CENICAFE, Beneficio ecológico del café, [en línea], <http://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/882/4/3.%20Beneficio%20ecol%c3%b3gico.pdf>, Consultado 29-05-2019.
- [48] C. E. O.- Tascón y G. Roa-Mejía, «EL DESMUCILAGINADO MECÁNICO DEL CAFÉ», p. 7.
- [49] Avances técnicos Cenicafe, factores, procesos y controles en la fermentación del café, [en línea], <https://www.cenicafe.org/es/publications/avt0422.pdf>, Consultado 10-03-2019.
- [50] Digital repository of the National Coffee Research Centre – CENICAFE, Secado del café, [en línea], <http://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/882/5/4.%20Secado%20del%20caf%c3%a9.pdf>, Consultado 10-06-2019.
- [51] C. E. Oliveros-Tascón y J. R. Sanz-Uribe, «Ingeniería y café en Colombia», revista de ingeniería, p. 16.
- [52] COFFEEIQ, Secado de Café al Sol y Mecánico, [en línea], <https://www.coffeeiq.co/secado-de-cafe-al-sol-y-mecanico/>, Consultado 29-04-2019.
- [53] J. H. Arismendy, «Evaluación del proceso de secado del café y su relación con las propiedades físicas, composición química y calidad en taza», p. 100.
- [54] S. C. Fonseca y O. R. Hernández, «Diseño de un secador para café mediante el calentamiento del aire en dos etapas utilizando energía solar», p. 146.
- [55] Cartilla 21, Beneficio del café II: secado del café pergamino, [en línea], https://www.cenicafe.org/es/publications/cartilla_21._Secado_del_cafe.pdf, Consultado 29-04-2019.
- [56] J. Müller y W. Mühlbauer, «Solar Drying», en *Modern Drying Technology*, E. Tsotsas y A. S. Mujumdar, Eds. Weinheim, Germany: Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, 2014, pp. 199-243.
- [57] J. A. Castellón y W. L. Espinoza, «Validación del uso de un secador Solar de Café pergamino, en fincas de pequeños productores del municipio de San Rafael del Norte»
- [58] D. A. Zambrano-Franco, U. López-Posada, N. Rodríguez-Valencia, y C. A. Ramírez-Gómez, «PASERAS SOLARES DE BAJO COSTO PARA SECAR CAFÉ», p. 12.
- [59] C. E. Oliveros-Tascón, C. A. Ramírez-Gómez, J. R. Sanz-Uribe, y A. Peñuela-Martínez, «SECADOR SOLAR DE TÚNEL PARA CAFÉ PERGAMINO», p. 8.
- [60] PERFECT DAILY GRIND, ¿Cómo Afecta la Fermentación el Desarrollo de los Sabores del Café?, [en línea], <https://www.perfectdailygrind.com/2017/08/como-afecta-la-fermentacion-el-desarrollo-de-los-sabores-del-cafe/>, Consultado 09-07-2019.

- [61] J. M. Gutiérrez-Flórez y H. Copete-López, «Hacia la Mejora del Secado Mecánico del Café en Colombia», *Tecnológicas*, n.º 23, p. 109, dic. 2009.
- [62] Evaluación de los sistemas tradicional y ecológico de beneficio húmedo de café Ever O. Chacón Cáliz ZAMORANO Carrera de Ciencia y Producción Agropecuaria Diciembre,
- [63] A. Parra-Coronado, G. Roa-Mejía, y C. E. Oliveros-Tascón, «SECAFÉ Parte I: modelamiento y simulación matemática en el secado mecánico de café pergamino», *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, vol. 12, n.º 4, pp. 415-427, ago. 2008.
- [64] Kimera, Secado mecánico del café, [en línea], <http://www.kimera.com/RLCF/RECURSOS/BIBLIOTECA%20CAFETERA/Z%20%20CENICAFE%20AVANCES%20TECNICOS/AT%20282ok%20secado%20mecanico%20cafe.pdf>, Consultado 09-07-2019
- [65] M. Castaño, «DISEÑO DE UNA PROCESADORA DE CAFÉ PARA EL SECTOR CAFETERO DEL PAÍS», p. 57, 2015
- [66] Cenicafé, Beneficio del café en Colombia, [en línea], https://www.cenicafe.org/es/publications/Final_libro_Beneficio_isbn.pdf, Consultado 09-07-2019
- [67] «PROPUESTA DE UNA PLANTA PROCESADORA DE CAFÉ, APLICANDO EL MODELO DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA», p. 261.
- [68] A. R. A. Guanga, «los Trabajos de Titulación.»», p. 220.
- [69] I. Qu, «Curso De Tecnología Del Café. Capítulo 1.»», p. 244.
- [70] I. R. A. Guzmán, «Ing. Marco Augusto Conde Sánchez», p. 94.
- [71] J. Baggenstoss, D. Thomann, R. Perren, y F. Escher, «Aroma Recovery from Roasted Coffee by Wet Grinding», *Journal of Food Science*, vol. 75, n.º 9, pp. C697-C702, nov. 2010.
- [72] J. Baggenstoss, D. Thomann, R. Perren, y F. Escher, «Aroma Recovery from Roasted Coffee by Wet Grinding», *Journal of Food Science*, vol. 75, n.º 9, pp. C697-C702, nov. 2010.
- [73] Cenicafé, Trilla y clasificación, [en línea], <http://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/831/15/15.%20Trilla.pdf>, Consultado 09-07-2019
- [74] N. Marco, «Tipos de tostadores», p. 57, 2016
- [75] Fórum del café, Tostado y molido del café, [en línea], https://www.forumdelcafe.com/sites/default/files/biblioteca/f_07-tostado_y_molido.pdf, Consultado 10-07-2019
- [76] Jotagallos, MANUAL TECNICO DE FUNCIONAMIENTO E INSTALACIÓN, [en línea], <http://www.jotagallos.com/agricola/assets/manual-despulpadora.pdf>, Consultado 25-05-19
- [77] R. Escobar, M. Arestegui, A. Moreno, y L. Sánchez, «Esta publicación se realizó en el marco del Proyecto Energía, Desarrollo y Vida - EnDev/GIZ», p. 54.

[78] Portafolio, La producción de café creció 4% interanual, en septiembre,[en línea], <https://www.portafolio.co/economia/la-produccion-de-cafe-en-colombia-septiembre-de-2019-534262>, Consultado 03-11-2019.

[79] J. Montilla-Pérez, J. Arcila-Pulgarín, M. Aristizábal-Loaiza, E. C. Montoya, G. I. Puerta-Quintero, y C. E. Oliveros-Tascón, «PROPIEDADES FÍSICAS Y FACTORES DE CONVERSIÓN DEL CAFÉ EN EL PROCESO DE BENEFICIO», p. 8.

[80] Cenicafe, Manejo de subproductos, [en línea],https://www.cenicafe.org/es/index.php/cultivemos_cafe/manejo_de_subproductos, Consultado 03-11-2019

[81] V. Edith , TRATAMIENTO DE AGUAS MIELES DEL CAFÉ CON MICROORGANISMOS EFICIENTES (EM), EN BIODIGESTORES – PICHANAQUI - JUNÍN, [en línea], <http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/4025/Valle%20Mu%C3%B1oz.pdf?sequence=1&isAllowed=y>, Consultado 05-11-19.

[82] N. Rodríguez-Valencia, «ENSILAJE DE PULPA DE CAFÉ», p. 8.

[83] Ciencia Hombre, El ensilaje: ¿qué es y para qué sirve?, [en línea] <https://www.uv.mx/cienciahombre/revistae/vol24num2/articulos/ensilaje/>, Consultado 04-11-19

[84] Fidar, Utilización de los residuos orgánicos en la agricultura, [en línea] http://ciat-library.ciat.cgiar.org/Articulos_CIAT/Residuos_Organicos_Agricultura_FIDAR.pdf, Consultado 04-11-19.

[85] J. E. Braham, Pulpa de café composición, tecnología y utilización. Guatemala: INCAP, 1978.

[86] Cenicafe, Produzca abono orgánico en la finca, [en línea], <https://www.cenicafe.org/es/documents/cartillaCafeteraCapitulo8.pdf>, Consultado 04-11-19

[87] N. M. Clavijo y A. A. R. Jiménez, «Evaluación de diferentes métodos para la transformación de la pulpa de café en abono orgánico en fincas cafeteras», p. 124

[88] Cenicafe ,Lombricultura con subproducto de café, [en línea], <http://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/882/7/6.%20Lombricultura%20con%20subproductos%20caf%C3%A9.pdf>, Consultado 04-11-19.

ANEXOS

Anexo 1 Diagrama P&ID de la planta procesadora de café

B-1 Capacidad: Material: acero inox	CH-1 Capacidad: Material: acero inox Dimensiones: 0.8 x 0.8 x 0.8 m	DS-1 Capacidad: 450 Kg/h Dimensiones: 25*75*30 cm Potencia (HP): 0.5	S-1 Capacidad: 400 Kg/h Dimensiones: D 40 cm L 60 cm Material: acero inox	TV-1/2 Capacidad: 1 m ³ Dimensiones: D 40 cm L 60 cm Material: acero inox	LH-1 Capacidad: 300 Kg/h Consumo de agua: 0.3-0.7 L/Kg Potencia (HP): 0.3 Dimensiones: D 30 cm L 100 cm	D-1 Capacidad: 375 Kg cps/día Combustible: gas Potencia (HP): 2 Consumo combustible: 1.6 lb/@ cps Dimensiones: 20*55*44 cm	S-2 Capacidad: 100 Kg/h Voltaje: 110 v Potencia (HP): 2	TS-1 Capacidad: 12 Kg /bache Tiempo ciclo: 20 min/bache Potencia (HP): 1 Combustible: gas	MO-1 Capacidad: 100 Kg/h Potencia (HP): 3
--	---	--	---	--	--	--	---	--	--

