

## CAPÍTULO 2

# De la expectativa a la realidad

### RESUMEN

En este capítulo se muestra el proceso de financiación del proyecto de la planta, luego de que la Universidad Cooperativa de Colombia retomara la credibilidad del pequeño productor. La confianza, las alianzas y los intentos fallidos en los proyectos presentados a nivel nacional dan sus frutos con la aprobación del proyecto de la Planta de Torrefacción propuesto por la Universidad. Se explican los pormenores de la ejecución del proyecto y lo relacionado con la infraestructura física. De otro lado, se describen los aspectos técnicos requeridos en el proceso investigativo, el proceso torrefactor de la planta construida, los aspectos de mayor relevancia en la ingeniería del proyecto, el proceso realizado para la puesta a punto en la Institución Educativa de Desarrollo Rural de La Unión y la situación actual del proyecto.

**Palabras clave:** ingeniería, diagnóstico, curvas de tostión, volúmenes, puesta a punto.

---

#### *Cómo citar este capítulo:*

Arellano Rosero, C. y Narvárez De La Rosa, G. A. (2016). De la expectativa a la realidad. En *Innovación social a partir de la generación de valor en cafés de alta calidad en el departamento de Nariño* (pp. 37-66). Bogotá: Ediciones Universidad Cooperativa de Colombia.  
doi: <http://dx.doi.org/10.16925/9789587600339>



## CHAPTER 2

# Expectation vs. reality

### ABSTRACT

This chapter shows the funding process for the plant project after the University regained small producers' credibility. Trust, alliances, and failed attempts in projects submitted at national level have given results with the approval of the Roasting Plant project proposed by the Universidad Cooperativa de Colombia. The details of the project implementation and those related to physical infrastructure are explained. Furthermore, it describes the technical aspects required in the research process, the roasting process of the plant built, the most important aspects in the project engineering, the process carried out for fine tuning at the La Union Educational Institution for Rural Development, and the project's current status.

**Keywords:** engineering, diagnosis, roasting curves, volumes, fine tuning.

## FINANCIACIÓN

Lograda la confianza, con aliados en total cooperación y prejuicios superados, la cristalización del proyecto es cada vez más cercana. Con todo, para la puesta en marcha fue necesario consultar a expertos. Entre ellos, al caficultor nariñense por su amplia trayectoria en producción, tostión y comercialización; a investigadores de universidades regionales y nacionales por su conocimiento técnico y científico en tecnificación, diseño y construcción de sistemas prototipo electrónicos y tecnológicos; y a expertos en el comercio de café a nivel internacional:

Hasta ahora, la torrefacción en Nariño se ejecuta con tecnologías deficientes en control de temperatura y conservación de calidad del grano. El café especial requiere cuidado particular en dichos aspectos. La planta modular cuenta con mecanismos innovadores que permitirán ejecutar una tostión precisa y compenetrada con el grano nariñense (Guillermo Torres Daza, director de la Fundación Social Regional Nariño e integrante de la Comisión Regional de Competitividad de Nariño).

Sin duda, la tecnificación del proceso del café requiere inversión en innovación tecnológica. Para este caso, los recursos invertidos en la Planta de Torrefacción se verán compensados en el costo-beneficio que de ella se desprende; así, por ejemplo, se esperan niveles favorables de sobreprecio de café especial, trascender a mercados extranjeros y comercialización de subproductos.

En total, con el ejercicio de la Planta de Torrefacción, el pequeño productor espera ratificar su presencia en la cadena de valor del café, fortalecer el eslabón agroindustrial, mejorar la calidad del grano, ampliar el mercado, construir conocimiento desde el intercambio y la transferencia permanente de saber y, sobre todo, obtener sobreprecios que compensen su trabajo y lo construido hasta ahora: un grano especial, talento humano capacitado, reestructura organizacional, asociatividad y creación de nuevas empresas. El emprendimiento y la capacidad de riesgo del caficultor de la región son características que, en definitiva, le han permitido evolucionar en la cadena.

En julio del 2011, el proyecto “Diseño, construcción y puesta a punto de un Sistema de Producción Prototipo Modular para la trilla, selección, tostión, molienda y empaque de cafés especiales de Nariño” es aprobado en sesión ordinaria de la Comisión (Comisión Regional de Competitividad de Nariño, 2011b, p. 4). Con el fin de optimizar los procesos logísticos, administrativos y de seguimiento, se determina diseñar, construir,

normalizar y estandarizar la planta en Pasto para luego trasladarla y montarla en el municipio de La Unión.

Como los aportes los hacen instituciones tanto privadas como públicas, se firma convenio de interés social entre dos de las seis entidades gestoras: Gobernación de Nariño y Universidad Cooperativa de Colombia. Se inicia entonces formalmente la ejecución del proyecto. Materiales, suministros, maquinaria, materia prima, conocimiento (investigadores, catadores, torrefactores), logística, alquiler de instalaciones y laboratorios, entre otros, fueron los rubros ejecutados con los recursos aportados.

En ese entonces, la Universidad se encontraba en plena ejecución de obra de ampliación de la sede, razón por la cual se decide, en principio, alquilar un sitio cercano previa inspección y evaluación del lugar. De hecho, la planta inicia a construirse en una bodega del sector Briceño, cuya infraestructura cuenta con un área total de 432 m<sup>2</sup> y una altura interna de 7,80 m, muros de ladrillo visto, piso en concreto reforzado, servicios públicos (agua potable, energía eléctrica, alcantarillado, recolección de basuras), servicio de comunicación y entrega de gas propano.

El grupo investigador ejecutor, conformado por un experto en diseño de maquinaria y equipos, un experto en procesos de estandarización y normalización, un experto en control de producción e investigación de operaciones, y un experto en comercialización y formulación y evaluación de proyectos, pone en marcha un plan operativo que permitió cumplir con los objetivos propuestos.

Uno de los resultados más representativos del proyecto es haber identificado, diseñado y ejecutado, entre investigadores y catadores, cierto tipo de curvas de tostión que realzarían al máximo los aromas y sabores de la taza de café especial.

### **Aspectos técnicos**

El diagnóstico realizado en las pequeñas unidades de producción de café especial de la zona norte evidenció diversas problemáticas relacionadas con el cultivo del café, tanto en producción primaria como en manejo poscosecha, valor agregado, comercialización y distribución. Según Cháves (2009), los pequeños productores de café cuentan con infraestructura y equipos básicos para el beneficio; sin embargo, en los procesos de transformación, estos no plantean estándares tecnológicos significativos, ni la calidad suficiente.

La mayoría de tecnologías adquiridas en el norte nariñense no se ajustan a las características y los requerimientos técnicos de las materias primas, y no garantizan niveles de calidad acordes con las exigencias del cliente, lo cual limita la calidad del producto y el rendimiento del sistema.

De otra parte, en las empresas observadas, la deficiente planificación en el diseño del sistema de producción y de infraestructura necesaria para su operación ha demostrado evidentes problemas de integración y diseño de conjunto. Además, el diseño de operaciones y máquinas que se han ido incorporando en el camino, adaptando las instalaciones existentes, ha contribuido a la asignación y utilización de espacios físicos, genera ociosidad o hacinamiento, eleva la inversión inicial y afecta la viabilidad de proyectos durante la fase de ejecución.

**Tabla 1.**  
*Presupuesto global del proyecto*

RUBRO	FUENTES DE FINANCIACIÓN (MILES DE PESOS)											
	UNIVERSIDAD COOPERATIVA DE COLOMBIA		GOBERNACIÓN DE NARIÑO		FUNDACIÓN SOCIAL		UNIVERSIDAD DE NARIÑO		SENA		TOTAL	
	ESPECIE	EFFECTIVO	ESPECIE	EFFECTIVO	ESPECIE	EFFECTIVO	ESPECIE	EFFECTIVO	ESPECIE	EFFECTIVO		
Personal	55.000	-	-	-	-	-	29.000	-	15.000	-	99.000	
Equipos	-	10.000	-	33.500	-	-	-	-	-	-	43.500	
Viajes	-	-	-	-	4000	-	-	-	-	-	4000	
Salidas de campo	-	-	-	-	10.000	10.000	-	-	-	-	20.000	
Materiales, suministros	-	8000	-	6500	-	-	-	-	-	-	14.500	
Servicios técnicos	-	-	-	-	-	-	-	-	20.000	-	20.000	
Otros	-	-	-	10.000	-	-	-	-	-	-	10.000	
<b>Total</b>	<b>55.000</b>	<b>18.000</b>	<b>-</b>	<b>50.000</b>	<b>14.000</b>	<b>10.000</b>	<b>29.000</b>	<b>-</b>	<b>35.000</b>	<b>-</b>	<b>211.000</b>	

*Nota.* Adaptada de Diseño, construcción y puesta a punto de un sistema de producción prototipo modular para la trilla, selección, tosición, molienda y empaque de Café Especial de Nariño, G. A. Narváez y M. Argotty, 2011, p. 78.



**Figura 1.** Máquina trilladora ING-UT-80 Ingesec. Elaboración propia.

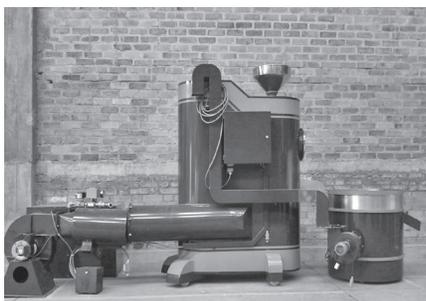
En ese sentido, las dificultades con la gestión de operaciones, como el bajo rendimiento del material dentro del proceso, correspondiente al 60% del material que ingresa al sistema (incluyendo mermas y pérdidas), y una tasa de desperdicio del 40% de materia prima, son causadas por: la estructura de funcionamiento de las operaciones; la puesta a punto del sistema de producción; la inexistente normalización y estandarización de los métodos de trabajo, o los deficientes tiempos de ejecución determinantes del nivel de competitividad del sistema y del sector.

Además, se identificaron problemáticas en las operaciones que intervienen en la transformación del café, las cuales fueron objeto de análisis para el diseño o la mejora de las tecnologías utilizadas en su transformación, por ejemplo la trilla, que es una operación de extracción de la corteza del grano de café. En el diagnóstico, se determinó que las tecnologías utilizadas para el proceso de trilla no se ajustan a las características granulométricas, de densidad y tamaño del grano; el descortezado daña el producto y baja la productividad del sistema, aumentando la tasa de desperdicio hasta en un 25% respecto al estándar del 14% definido por Cenicafé (Centro Nacional de Investigaciones de Café).

En cuanto a la selección del café por tamaño, densidad y color, en el orden de las variables las tecnologías existentes deben ajustarse a las características físicas del grano cuando la calidad y el tamaño del café no son homogéneos. En las empresas torrefactoras nariñenses, la selección del grano es una actividad costosa, dado que demanda la vinculación de personal dedicado a la separación de granos defectuosos.

En la fase de tuestión, la calidad del café está determinada por el tiempo de exposición al calor; cuando sobrepasa estos niveles, el producto no logra las características de sabor, cuerpo y aroma requeridas por el consumidor. Por lo tanto, la tuestión debe ser uniforme, en una relación tiempo-calidad que viabilice los costos de producción.

En ese mismo sentido, la calidad de la molienda está determinada por la granulometría del café fraccionado durante el proceso. Mientras más fina sea, mejores



**Figura 2.** Máquina tostadora de lecho fluido ING-ROST-15 Ingesec. Elaboración propia.

características de aroma y sabor se obtienen durante su preparación. Sin embargo, se determinó que la temperatura de fricción afecta la calidad del producto cuando esta última supera la temperatura de tuestión; de tal modo, dichas características se consideraron en el diseño y la construcción de los mecanismos a utilizarse en el proceso de molienda.

La precisión del proceso de empaque es un determinante del nivel de productividad, de la tarea y del rendimiento del material. El empaque es el que asegura las características de calidad del producto: presentación, aroma y sabor. Entonces, en el diseño y el mejoramiento de tecnologías de empaque se consideraron los mínimos márgenes de desperdicio generados durante la operación (alrededor del 2%).

En resumen, tras el análisis de las problemáticas anteriores, con la Planta de Torrefacción construida se buscó generar alternativas de solución desarrollando tecnologías endógenas que respetan las características y cualidades del café nariñense, a través del diseño y la construcción de un sistema de producción prototipo modular con el cual se pretende transferir el conocimiento, capacitar e implementarlo en los diferentes municipios productores del departamento de Nariño.

Para la etapa de diseño y construcción, el interés del proyecto radicaba en diseñar y construir la totalidad del sistema de producción, pero dada su complejidad, se requerían muchos más recursos económicos de los aprobados. A fin de subsanar el hecho, y atendiendo las recomendaciones de los catadores, se determinó adquirir las máquinas trilladora y tostadora, y fabricar los demás elementos tecnológicos, con el fin de optimizar los recursos asignados.

Por consiguiente, se adquiere una unidad de trilla que cumple tanto la función de trilla como la de selección. Esta maquinaria optimiza el proceso gracias a su funcionamiento, operación, costo y, sobre todo, conservación de las características del grano; además, asume diferentes tamaños, capacidades de operación y formas como valor agregado de fábrica.

Se adquiere, también, una máquina tostadora de lecho fluido. La bondad de esta maquinaria radica en que el aire caliente que contiene suspende el grano en su interior, facilitando uniformidad en la tuestión ejecutada de afuera hacia adentro del grano.

Otra de sus funciones importantes es que permite programar curvas de tuestión estándares y particulares, apuntándole a la satisfacción de paladares particulares y regulares. Resalta aroma, sabor, nivel de acidez y demás características. La tuestión es un proceso que debe ejecutarse con total perfección; de ello depende la conservación de la calidad especial del grano, máxime cuando la humedad, el peso y el tamaño varían por cada cosecha:

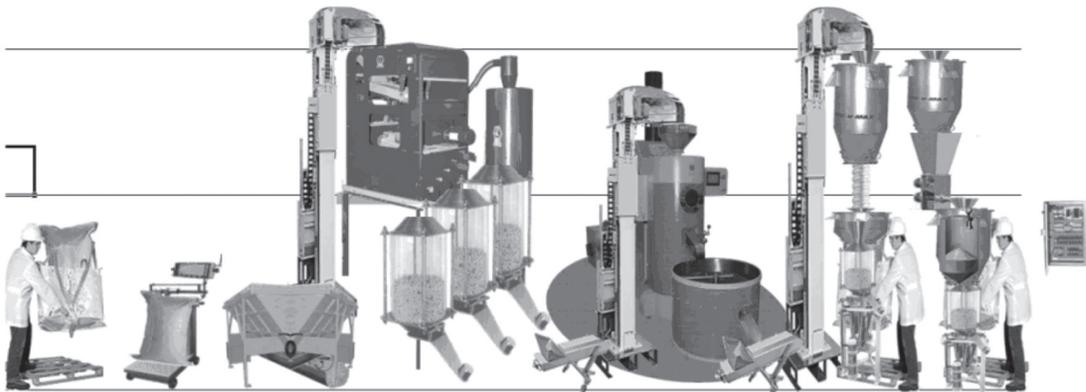
Al revisar las investigaciones sobre sistemas de producción de café, el grupo de investigación logró determinar que de las distintas tecnologías utilizadas en el proceso de tuestión, son las máquinas tostadoras de lecho fluido las de mayor demanda, sobre todo en industrias de Bogotá. Su característica principal es la forma como se suspende el grano en el aire caliente, lo que le permite una tuestión uniforme y otorgarle ciertas condiciones especiales al producto (Mauricio Argotty Erazo, investigador de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Cooperativa de Colombia).

Gracias a las máquinas adquiridas, se diseñó la planta con capacidad de operación acorde con una demanda probable de consumo de cafés especiales (volúmenes en el rango 10-20 kg/18 minutos), con los que se obtendrían tazas de 86 puntos o más en la escala SCAA<sup>1</sup>. Los volúmenes se determinaron con base en lo sugerido por la industria. Volúmenes de producción superiores implicarían mayor inversión, infraestructuras más robustas y considerables cosechas de café especial que suplan tales volúmenes. Luego, se continuó con el diseño de la infraestructura física que daría flexibilidad y capacidad de operación al sistema de producción.

Se distribuyó la planta en varias áreas, de acuerdo con los requerimientos técnicos del sistema de producción basados en el diagnóstico realizado en la Planta de Asprounión (Narváez y Argotty, 2012):

- \* Áreas para instalación, maniobra y mantenimiento de máquinas y equipos.
- \* Espacios físicos para almacenamiento de materias primas e insumos.
- \* Espacios físicos para almacenamiento de productos terminados.
- \* Áreas para flujo de personal.

Una vez diagnosticado el sector torrefactor nariñense y aprobado el presupuesto, instalaciones y maquinaria a diseñar y fabricar, el equipo investigador modela el sistema de producción deseado (figura 3).



**Figura 3.** Sistema de producción aprobado. Tomada de *Diseño, construcción y puesta a punto de un sistema de producción prototipo modular para la trilla, selección, tuestión, molienda y empaque de café especial de Nariño*, G. A. Narváez y M. Argotty, 2012, p. 27.

Se diseñaron y construyeron prototipos del elevador de cangilones y máquina empaadora. La razón: medir las capacidades de resistencia en el elevador, y lograr eficiencia y exactitud en la empaadora. Las maquetas, los planos, los prototipos, los diseños, las simulaciones y las pruebas de funcionamiento se validaron desde la experticia del equipo ejecutor y la asesoría de tres catadores Q nariñenses.

Es común que la industria colombiana oferte sistemas de producción “llave en mano”, es decir, construidos y puestos a punto por el fabricante. El comprador recibe la llave para operar inmediatamente, pero se supedita al proveedor en todo lo relacionado con

1 Asociación Americana de Cafés Especiales, por sus siglas en inglés.

mantenimiento, reparación y demás situaciones que se presenten en adelante con el funcionamiento.

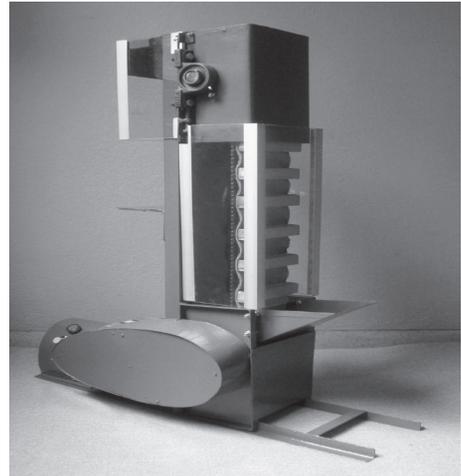
Esta situación obliga al dueño del sistema a incrementar ostensiblemente costos de mantenimiento luego de vencida la garantía. Las particularidades de la planta son su marca innovadora: funcional, flexible, modular, y con capacidad de montaje y desmontaje que facilita su traslado a cualquier región del departamento. Ha sido fabricada de acuerdo con las características del grano nariñense, y opera bajo lineamientos normalizados y estandarizados, de modo que se garantice la calidad del producto final:

La planta lleva inmerso un conjunto de soluciones, o línea de producción adaptada a una capacidad de operación mínima pero ágil, eficiente, generando producto de calidad, competente y rentable. Todo esto gracias al proceso juicioso de estandarización y normalización (Mauricio Argotty Erazo, investigador Facultad Ingeniería de la Universidad Cooperativa de Colombia).

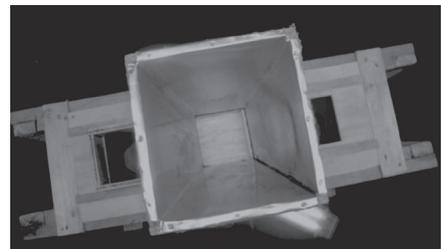
El sistema de producción se compone de: estibas de almacenamiento, báscula, elevadores de cangilones, máquina trilladora, silos de almacenamiento, máquina tostadora, banda transportadora, dosificadoras y empacadoras. La versatilidad para no maltratar el producto por exceso de transporte, la facilidad en el monitoreo de cada operación, la reducción en consumo energético, la asequibilidad en precio y la disminución del tiempo en la manipulación del material se suman a las ventajas que ofrece este sistema.

La consolidación del proyecto ha recorrido varias etapas; se inició con el acercamiento a los caficultores, pasando por el diagnóstico, la retroalimentación de expertos, el diseño, la construcción y puesta a punto, y la ingeniería del proyecto, entre otros procesos.

A partir de este momento, el lector encontrará un resumen del soporte teórico que sustenta la investigación desde el diseño de maquinaria hasta el proceso de empaque, y se ampliará información en lo relacionado con las curvas de tostión y los diseños propios de la investigación. En seguida, a manera de contextualización técnica, se explicitan dos grandes etapas: primero, el proceso torrefactor diseñado, construido,



**Figura 4.** Prototipo elevador de cangilones. Tomada de *Diseño, construcción y puesta a punto de un sistema de producción prototipo modular para la trilla, selección, tostión, molienda y empaque de café especial de Nariño*, G. A. Narváez y M. Argotty, 2012, p. 27.



**Figura 5.** Prototipo empacadora. Tomada de *Diseño, construcción y puesta a punto de un sistema de producción prototipo modular para la trilla, selección, tostión, molienda y empaque de café especial de Nariño*, G. A. Narváez y M. Argotty, 2012, p. 27.



**Figura 6.** Construcción de elevadores y silos de almacenamiento. Elaboración propia.

estandarizado y puesto a punto; y segundo, lo concerniente a la ingeniería del proyecto.

#### *Sustento teórico y curvas de tostión*

El proceso científico-técnico de la torrefacción de café especial está sustentado en bases teóricas y conceptuales de los más representativos autores en temas de diseño y construcción de maquinaria, distribución en planta, planificación de la producción, entre otros aspectos.

La experiencia y asesoría de inventores y adaptadores de maquinaria industrial llevó a los investigadores a ejecutar con acierto los cálculos en diámetro, temperatura, humedad y otras características organolépticas del grano de café, necesarias para el diseño y construcción de maquinaria destinada al proceso de trilla y torrefacción de café. En la figura 6, se observa al investigador Narváez De La Rosa en la construcción del sistema en pleno.

Igualmente, se recabó en la teoría de Chauvel (1998), quien afirma que toda maquinaria es susceptible de detenerse por mantenimiento preventivo y por preparación, ajuste y cambio de materiales, problemas que derivan en reducciones de la tasa de producción de la maquinaria. Para mitigar tales problemas, se evaluó la tasa de utilización de la máquina y se redujo el riesgo a fin de lograr un flujo continuo de tostado.

Considerando la diferencia entre capacidad efectiva y capacidad real<sup>2</sup>, se ajustó la capacidad real por cada máquina a la capacidad real de la línea de producción y esta última se ajustó a la producción de café, eliminando cuellos de botella.

A su vez, se determinó que el material de fabricación ideal es el acero inoxidable dado su perfecto acople con la humedad del café, y porque además no se generan problemas en el rozamiento del grano con la máquina, ni habría dificultad con la temperatura a que debe someterse la materia prima; todo ello lleva a preservar la calidad del grano.

<sup>2</sup> Capacidad efectiva es la mayor tasa de producción razonable a lograrse en planta y capacidad real es la cantidad de producto obtenida por periodo de tiempo (Fernández, 2006).

Esta determinación se tomó con base en lo descrito por Molera (1990), quien afirma que la superficie de un material es de interés tecnológico, puesto que debe resistir la fatiga y la corrosión; es el caso de los aceros especiales AISI 442, los cuales tienen un elevado contenido en carbono que les permite contar con características particulares de resistencia a la oxidación en caliente.

Los investigadores inspeccionaron las bondades y desventajas de los diseños y objetos existentes en el mercado nacional, en atención al análisis de García y Cloquell (2001), quienes argumentan la necesidad de investigarlos con minucia para identificar inconsistencias aparentes.

El propósito de la inspección radicaba en lograr diseños funcionales con características físicas que preservaran la calidad del grano de café nariñense, pues se ha podido determinar que este pierde su especial característica en procesos complejos como la tostión. Los investigadores ejecutaron el sistema de producción de manera que el grano llegue a producto terminado con niveles de taza competitivos.

Reafirmando la teoría de García y Cloquell, los investigadores aprovechan el aporte de Vilchis (2002) y su método taxonómico, con el cual el analista se acerca al lenguaje de los objetos para organizar racional y objetivamente su estructura en función del usuario y del mercado.

A fin de mitigar la carente integración hombre-máquina-operación, presente en un número considerable de sistemas de producción que se han construido con tecnologías independientes, se hizo uso del Método SLP – Planeación Sistemática de la Distribución en Planta de Muther (1981).

Mediante este método resultó factible ejecutar de forma organizada la planeación de la distribución en cuatro fases: localización, diseño global, preparación en detalle e instalación, y así conseguir un sistema de producción generador de valor agregado.

Se prestó total atención a la selección de la maquinaria para la trilla, proceso en el que se extrae el pergamino o la corteza de la almendra de café seco. Esta fase data de tiempo atrás y en sus inicios se llevaba a cabo majando las gavillas del cereal contra una superficie dura denominada majadera. El etnólogo sueco Dag Trotsig (citado en Caro, 1983) afirmaba que este proceso se ejecutaba con mayal casi desde el periodo del Neolítico, y que se aplicó en Europa occidental y en el Viejo Continente.

El trillo consistía en una plancha de madera, cuya parte inferior tenía incrustadas piedras cortantes y el frente curvado hacia arriba como trineo. Era arrastrado por bueyes o caballerías sobre la parva extendida y luego se hacía la limpia por medio del aventado (Caro, 1983).

Actualmente, existen diferentes tipos de tecnología basada en la fricción. Esta función permite decorticar el grano. El dispositivo debe recibir un flujo continuo de material para garantizar un descortezado continuo. El material de fabricación es en acero bonificado tratado térmicamente para soportar durante mucho tiempo el decorticado del grano de café (Promain Ingeniería, 2009).

La trilladora del sistema de producción construido cuenta con una tolva de acopio de material y con un sistema de calibración de flujo de material desde la tolva hasta el proceso de trilla. Así, se tiene un nivel de flexibilidad capaz de balancear la línea de producción

y con ello asegurar flujos continuos de material acordes con las velocidades de operación de los equipos en operaciones posteriores.

Se utilizaron piñones de cadena con rodamientos en montaje tipo pedestal, procurando que la transmisión fila del movimiento entre ejes, cuando se traslade el cisco de café hacia el ciclón y luego al silo de almacenaje, se ejecute de forma segura.

En la fase de tostión, se logró contar con un café tostado en el punto ideal de aroma y peso. En este proceso, el Catador Q tuvo una de sus más importantes colaboraciones. Con él, se analizaron y crearon distintas curvas de tostión a fin de satisfacer el paladar de los clientes nacionales y extranjeros.

Es importante lograr un tueste óptimo que preserve las características organolépticas del grano. A saber de Antoine-François de Fourcroy (1808), en esta fase se presenta la primera alteración de una materia vegetal seca antes de la descomposición total. Hacia finales del siglo xiv ya se hablaba de punto de tostión.

El punto de tostión, según lo manifiesta Ramírez (1974), se deduce por el color y la cantidad de humo que desprende, más exactamente por la apariencia física que el grano adquiere. Chevallier (1855) lo demuestra afirmando que el café tostado, al tomar un color ligeramente rojizo, conserva en ese punto el máximo de aroma y peso. A pesar de perder 15% de peso, incrementa en 30% su volumen primitivo. Cuando al continuar con la tostión el grano toma un color castaño, la pérdida de peso asciende a 20% y el volumen a 53%, por lo cual se concluye que el grado más alto de tostión no incrementa la pérdida a más de un 25%.

Detengámonos en este complejo proceso, de modo que el lector logre identificar las curvas de tostión diseñadas en la investigación y que han sido uno de los resultados de mayor relevancia.

El proceso de café tostado cuenta con un elemento primordial denominado curvas de tostión. Estas curvas son variaciones esenciales en las temperaturas del proceso de tostión del café, ya que permiten mejorar la calidad final del café tostado. Las curvas de tostión se preparan antes de iniciar el proceso y dependen de la calidad y el tipo de tostión del café, el nivel que se pretende alcanzar y el sabor final que se desea obtener.

En el proceso de torrefacción no existe una regla única para establecer las curvas de tostión del café, por cuanto cada tostador aprecia ciertas curvas de tostión para la elaboración de su café tostado. Un hecho sí es claro: las curvas ayudan a mejorar el nivel y el sabor de la tostión del café, teniendo en cuenta el factor temperatura como marco principal para obtener la tostión deseada (Café London, 2010).

En los siguientes apartes, se detallan aspectos concernientes a la tostión en cuanto a características, tiempos, tueste maestro y curvas sobre perfiles, y se detallan las curvas diseñadas en la investigación.

#### *Características aromáticas en la curva de tostión*

Una tostadora consta de las siguientes partes:

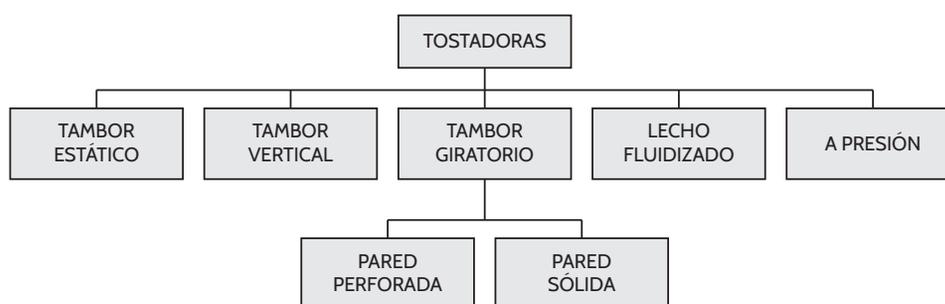
- \* Tolva de alimentación.
- \* Cámara de combustión.

- \* Cámara de torrefacción.
- \* Cámara de enfriamiento o vasca y salida de humos.

Las tostadoras de tambor son las más usadas por los consumidores debido al contacto de las paredes del equipo con el grano; las tostadoras de lecho fluido cuentan con un sistema de precalentamiento de aire, el cual es puesto en contacto con el grano de café.

En la actualidad, los equipos para tostado y enfriado aplican simultáneamente la conducción, la convección y la radiación del calor, lo que disminuye los tiempos de tuestión y aumenta la capacidad de los equipos.

El esquema de clasificación, de acuerdo con el principio mecánico por el cual se le transmite calor al grano de café, y algunos ejemplos de la distribución de la transferencia de calor, se observan en la figura 7.



**Figura 7.** Esquema de clasificación de acuerdo con el principio mecánico. Tomado de *Aspectos de calidad del café para la industria torrefactora nacional. Vademécum del Tostador Colombiano* por Federación Nacional de Cafeteros, 1995. Recuperado de [http://www.iue.edu.co/portal/images/negocios\\_internacionales/cafe/LACALIDADENLAINDUSTRIADELCAFE.pdf](http://www.iue.edu.co/portal/images/negocios_internacionales/cafe/LACALIDADENLAINDUSTRIADELCAFE.pdf)

El proceso de transformación del café determina el sabor y las características de la bebida, el cuerpo y el grado de acidez. Así se obtienen notas únicas de cuerpo, dulzor y fragancia.

**Tabla 2.**  
Efecto de granos de café con base en aumento de temperatura

TEMPERATURA (°C)	REFERENCIA DE LOS GRANOS
100	Son de color dorado y desprenden un olor parecido al del pan tostado, que pronto se convertirá en el aroma sublime del café.
150-180	Aumentan de tamaño, son brillantes y de color marrón.
200-230	La tuestión está en el nivel óptimo y el café adquiere su sabor típico. Una vez extraído de la tostadora, el café se enfría rápidamente con flujos de aire frío.

*Nota.* Adaptado de Café Bunte. (s. f.). *El Tueste*. Recuperado de <http://www.cafebunte.com.mx/el-cafe/el-tueste>

#### *Tiempo de duración del café después de la tuestión*

El grano de café verde conserva casi intactos todos sus aromas potenciales durante un periodo de hasta dos años, pero una vez tostado comienzan a producirse procesos de degradación en corto tiempo.

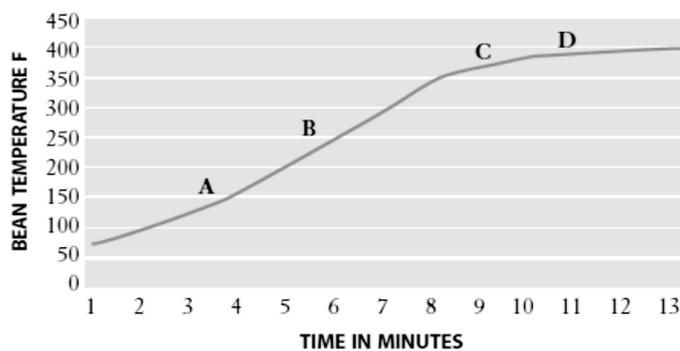
Además, en el café en grano, el periodo óptimo de consumo (una vez abierto el envase) es de hasta 35 días después del tueste, mientras que en el café molido es de unas 8 horas, a partir de las cuales perderá alrededor del 70% de sus propiedades aromáticas

y de sabor (Infusionistas, 2010). Concluido este proceso, el café queda en espera de ser enfriado y empacado directamente en grano o de ser enviado a los molinos.

Durante este proceso, el tostador debe mantener una constante supervisión del grano, que no tolera ningún tipo de error ni distracción. Con el tostado resaltan las cualidades del café, por eso debemos tener mucho cuidado antes, durante y después de tostar el café (Servicio Nacional de Aprendizaje [SENA], 2008, p. 19).

#### *Curva de grano de café tostado*

Como indica el gráfico de tuestión, las letras corresponden al *roastmaster* (tostado maestro). El tostado maestro tiene una curva para tostar, equilibrar y asegurar un aumento gradual de la temperatura del grano.



**Figura 8.** Curva de grano de café tostado. *Create the perfect light roast. Roast is proud to present your daily coffee industry web resource*, W. J. Boot, 2004, pp. 6-7.

La mejor manera de lograr el tostado maestro es mediante la reducción del suministro de calor, a tal punto que los granos continúen la tuestión gradual y lentamente. Al inicio de la primera grieta, el calor en el interior de los granos de café se convierte en exotérmico, lo cual genera calor y acelera el proceso de tuestión. Así, se produce un toque amargo, astringente, conocido como tueste malta; el *roastmaster* logra reducir el suministro de calor a tiempo para mantener el control del proceso.

En el intervalo A, la humedad contenida en la estructura de la célula de los granos se calienta y, con el tiempo, se inicia la etapa de ebullición y evaporación. El proceso de tostado en este punto dura de tres a cuatro minutos, en los que los granos comienzan a girar lentamente y se tornan de color dorado.

En el intervalo B, que dura de seis a siete minutos, el café desarrolla un color más pardo y los granos comienzan a expandirse. El toque de aroma de café comienza a emerger y la primera grieta se acerca, cuya superficie es bastante suave.

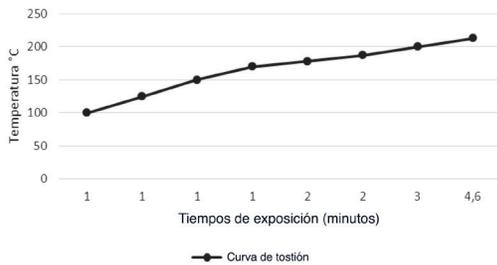
En el intervalo C-D, se puede detallar cómo los granos interactúan en un proceso físico más conocido como “crispeteo”. En esta etapa, es mayor la temperatura del grano y el tiempo de duración es de nueve a diez minutos. Como se observa, existe una diferencia marginal de color entre la etapa C y D. Esto es exactamente lo que se desea obtener con un estilo tostado ligero. Después de la etapa D, se obtiene un tueste oscuro ligero y de buen gusto con un sabor deliciosamente complejo (Boot, 2004, p. 6).

Con base en la teoría de curvas de tostión, en la investigación se diseñaron las siguientes curvas:

**Tabla 3.**  
Temperatura y tiempo - curva de tostión caramelo

TEMPERATURA (°C)	TIEMPO (MINUTOS)
100	1
125	1
150	1
170	1
178	2
187	2
200	3
213	4,6

Nota. Tomado de *Diseño, construcción y puesta a punto de un sistema de producción prototipo modular para la trilla, selección, tostión, molienda y empaque de Café Especial de Nariño*. A. G. Narváez y M. Argotty, 2013.



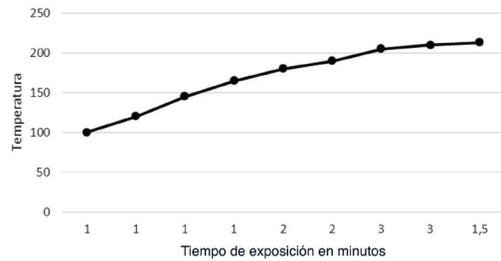
**Figura 9.** Curva de tostión caramelo. Tomado de *Diseño, construcción y puesta a punto de un sistema de producción prototipo modular para la trilla, selección, tostión, molienda y empaque de Café Especial de Nariño*, por A. G. Narváez y M. Argotty, 2013.

**Tabla 4.**  
Temperatura y tiempo - curva de tostión expreso

TEMPERATURA (°C)	TIEMPO (MINUTOS)
100	1
120	1
145	1
165	1
180	2
190	2
205	3

TEMPERATURA (°C)	TIEMPO (MINUTOS)
210	3
213	1,5

Nota. Tomado de *Diseño, construcción y puesta a punto de un sistema de producción prototipo modular para la trilla, selección, tostión, molienda y empaque de Café Especial de Nariño*, por G. Narváez y M. Argotty, 2013.



**Figura 10.** Curva de tostión expreso. Tomado de *Diseño, construcción y puesta a punto de un sistema de producción prototipo modular para la trilla, selección, tostión, molienda y empaque de Café Especial de Nariño*, por G. A. Narváez y M. Argotty, 2013.

**Tabla 5.**  
Temperatura y tiempo - curva de tostión pasillas

TEMPERATURA (°C)	TIEMPO (MINUTOS)
100	1
130	1
150	1
165	1
190	2
195	2
205	3
210	3
213	2,5

Nota. Tomado de *Diseño, construcción y puesta a punto de un sistema de producción prototipo modular para la trilla, selección, tostión, molienda y empaque de Café Especial de Nariño*, por G. A. Narváez y M. Argotty, 2013.

Para la puesta a punto del sistema de producción, se llevaron a cabo un sinnúmero de pruebas experimentales en cada uno de los procesos hasta el punto de normalizarlos y estandarizarlos, para luego transferir la planta a la IEDR, donde se han

replicado las curvas de tostión definidas en los ensayos ejecutados en la Universidad y los demás procesos que el sistema encierra.

Continuemos con la molienda. Para Ortiz (2003), es el fraccionamiento en trozos más pequeños o la trituración propiamente dicha. No obstante, cuando el grano se rompe hasta conseguir partículas más pequeñas formando una harina, se habla de molienda. En esta operación, se extraen los componentes solubles y volátiles del café tostado.

Para finalizar el proceso torrefactor, se dosifican las cantidades en empaques de forma y volumen variado. La empacadora fabricada por los investigadores permitió la disminución de pérdidas y la reducción de la exposición del producto ante agentes atmosféricos, utilizando materiales de empaque de alta impermeabilidad para este fin y sobre todo para garantizar la conservación de las propiedades originales del café.

### *Resumen proceso torrefactor*

- \* Se inicia con la recepción y el almacenamiento del café en las áreas dispuestas. En esta etapa, se hace un primer control valorando el producto cualitativa y cuantitativamente; el objetivo es determinar qué materia prima se acepta y cuál se rechaza, de acuerdo con sus condiciones físicas.
- \* La materia prima aprobada se dispone en estibas<sup>3</sup> de almacenamiento en madera hasta tanto inicia el proceso de torrefacción.
- \* Luego, la materia prima pasa a la báscula de pesaje. Se toman registros para determinar el rendimiento del producto desde el ingreso hasta la salida como producto terminado en dos presentaciones: tostado y molido.
- \* En seguida, se descarga la materia prima sobre una tolva de recepción que alimenta el primer elevador de cangilones. Este equipo traslada el café pergamino hasta la tolva de recepción de la máquina trilladora.
- \* En la trilladora ocurren dos procesos. En el primero el grano de café es trillado o descortezado y seleccionado por tamaño. Luego se deposita en tres silos diferentes a través del segundo elevador de cangilones. El segundo es la extracción del cisco del café que se utilizará como combustible de la máquina secadora.
- \* Desde los silos de almacenamiento por tamaño, el grano se dispone en una banda transportadora para la selección manual y el desecho de aquellos físicamente defectuosos (pasillas, cafés picados, cafés con pigmentaciones diferentes, entre otros).

Esta etapa de control de calidad permite seleccionar granos con los requisitos físicos adecuados en el procesamiento de café especial, de acuerdo con las sugerencias de los catadores Q, de algunos pequeños productores y del Comité Departamental de Cafeteros de Nariño. Se determinó ejecutar esta operación debido a que la unidad de trilla separa el grano por densidades, y desecha únicamente materiales con densidades diferentes de las del grano de café (ramas, pequeñas piedras, hojas y otros elementos).

<sup>3</sup> Bases en madera sobre las que se dispone el producto para facilitar su transporte de un lugar a otro.



**Figura 11.** Trilladora en proceso de torrefacción. Elaboración propia.

- \* El grano seleccionado se almacena temporalmente en silos, para luego depositarlo en baches de 12 kg en la máquina tostadora. Luego de la tosti3n, se descarga en un tambor de enfriado hasta alcanzar un nivel de temperatura ideal y se traslada desde el tercer elevador de cangilones a otro tipo de silo de almacenamiento para la desgasificaci3n. En el proceso de tosti3n, el caf3 libera cierto porcentaje de agua o humedad. La desgasificaci3n permite garantizar las condiciones de calidad requeridas en la etapa de empaque.

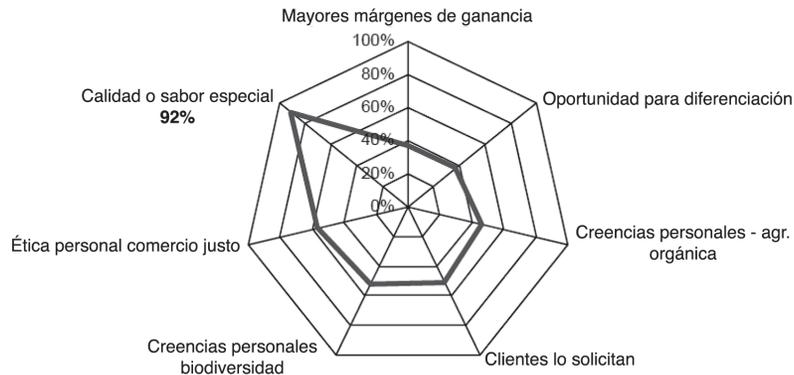


**Figura 12.** Banda transportadora. Elaboraci3n propia.

- \* El grano tostado y desgasificado se divide; una parte pasa al proceso de molienda y se almacena temporalmente como caf3 molido, mientras que la otra parte es el caf3 tostado en grano. Ambos son empacados.
- \* Con el producto empacado, se hace el embalaje en cajas, en presentaciones de 200 g, 500 g y 1000 g. Cada presentaci3n se codifica y se etiqueta.
- \* Finalmente, el caf3 empacado y embalado se traslada al 3rea de almacenamiento de producto terminado, dispuesto en lotes y de acuerdo con la l3nea de producci3n, lo que facilita el embarque hasta el consumidor final o el distribuidor.

### Ingeniería del proyecto

Actualmente, en el momento de la compra, los tostadores prefieren cafés con calidad y sabor especial, entre los cuales el café de Nariño tiene gran potencial. La figura 13 muestra las preferencias de los tostadores según la Federación Nacional de Cafeteros.



**Figura 13.** Características del café preferidas por tostadores. Aspectos de calidad del café para la industria torrefactora nacional. Vademécum del Tostador Colombiano, por Federación Nacional de Cafeteros, 1995. Recuperado de [http://www.iue.edu.co/portal/images/negocios\\_internacionales/cafe/LACALIDADENLAINDUSTRIADELCAFE.pdf](http://www.iue.edu.co/portal/images/negocios_internacionales/cafe/LACALIDADENLAINDUSTRIADELCAFE.pdf)

La demanda del consumo de café especial en Nariño se proyectó con base en el crecimiento poblacional de Pasto desde el 2013 hasta el 2019, de acuerdo con lo analizado por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE).

Para determinar la capacidad del sistema de producción, se tomaron como punto de referencia tres escenarios con distintas capacidades de producción. Se consideró como restricción la línea de producción de las operaciones de trilla, tuestión, molienda y empaque, lo cual dio como resultado lo que se muestra en la tabla 7.

La tabla muestra que para una tostadora con capacidad de producción de 18 kg cada 16 minutos, el sistema de producción tiene una capacidad anual de 130 toneladas de café, lo cual satisface la demanda proyectada.

Ahora bien, de acuerdo con el estudio se determinó el porcentaje de uso de la capacidad instalada del sistema de producción, entendido este como la máxima producción que se puede conseguir en condiciones reales.

Como el tamaño del sistema de producción es de 130 toneladas/año, esta proyección de uso de capacidad instalada se ajusta a la demanda proyectada y la cubre en su totalidad, a pesar de que se evidencian porcentajes de capacidad ociosa que irán disminuyendo con el incremento de la demanda.

Otro aspecto analizado fue el punto de equilibrio, con el cual se determinan las ventas mínimas requeridas para no generar pérdidas del ejercicio. Para el cálculo, se determinaron costos variables y fijos, desde donde se obtuvo el punto de equilibrio en ingreso y en unidades por producto, así:

$$\text{Punto equilibrio } \$ = \left[ 170.266.828 / \left( 1 - (318.999.077 / 754.816.000) \right) \right]$$

$$\text{Punto equilibrio } \$ = 294.894.758$$

Tabla 6.  
Proyección de la demanda

PROYECCIÓN DEMANDA											
AÑO	POBLACIÓN	% PARTICIPACIÓN	PERSONAS CONSUMEN 2 VECES AL DÍA	GR PARA 2 TAZAS DE CAFE	GR CONSUMO CAFE/DIA	GR CONSUMO CAFE/DIA	TON CONSUMO CAFE/DIA	TON CONSUMO CAFE/MES	% PARTICIPACIÓN	PRODUCCIÓN TON/MES	DEMANDA TON/AÑO
2013	417.484	38%	179.518	10	1.795.181	1,8	53,9	2,7	5%	2,7	32
2014	422.619	38%	181.726	10	1.817.262	1,8	54,5	2,7	5%	2,7	33
2015	427.817	38%	183.961	10	1.839.614	1,8	55,2	2,8	5%	2,8	33
2016	433.079	38%	186.224	10	1.862.242	1,9	55,9	2,8	5%	2,8	34
2017	438.406	38%	188.515	10	1.885.147	1,9	56,6	2,8	5%	2,8	34
2018	443.799	38%	190.833	10	1.908.334	1,9	57,3	2,9	5%	2,9	34
2019	449.257	38%	193.181	10	1.931.807	1,9	58,0	2,9	5%	2,9	35

Nota. Tomado de Diseño, construcción y puesta a punto de un sistema de producción prototipo modular para la trilla, selección, tostión, molienda y empaque de Café Especial de Nariño, por G. A. Narváez y M. Argotty, 2013.

Tabla 7.  
Capacidad de producción

OPERACIÓN	CAPACIDAD (TON/AÑO)
Trilla	154
Tostión	130
Molienda	712
Empaque	13.824

Nota. Tomado de Diseño, construcción y puesta a punto de un sistema de producción prototipo modular para la trilla, selección, tostión, molienda y empaque de Café Especial de Nariño, por G. A. Narváez y M. Argotty, 2013.

**Tabla 8.**  
*Análisis de capacidad*

AÑO	DEMANDA (TON/AÑO)	CAPACIDAD INSTALADA (TON/AÑO)	PRODUCCIÓN (TON/AÑO)	CAPACIDAD UTILIZADA (%)	CAPACIDAD OCIOSA (%)	DEMANDA SATISFECHA (%)	DEMANDA INSATISFECHA (%)
2014	33	130	33	25	75	100%	0%
2015	33	130	33	26	74	100%	0%
2016	34	130	34	26	74	100%	0%
2017	34	130	34	26	74	100%	0%
2018	34	130	34	27	73	100%	0%

*Nota.* Tomado de Diseño, construcción y puesta a punto de un sistema de producción prototipo modular para la trilla, selección, tostión, molienda y empaque de Café Especial de Nariño, por G. A. Narváez y M. Argotty, 2013.

**Tabla 9.**  
*Punto de equilibrio en unidades*

PRODUCTO	CANTIDAD	PRECIO	INGRESOS
Café especial molido 250 gramos	15.002	5500	82.512.523
Café especial molido 500 gramos	6501	11.000	71.510.854
Café normal 250 gramos	13.002	2400	31.204.736
Café normal 500 gramos	14.252	4800	68.410.383
Café especial en grano 1000 gramos	1875	22.000	41.256.262
Total	50.633		294.894.758

*Nota.* Tomado de Diseño, construcción y puesta a punto de un sistema de producción prototipo modular para la trilla, selección, tostión, molienda y empaque de Café Especial de Nariño, por G. A. Narváez y M. Argotty, 2013.

*Configuración del sistema de producción*

Las industrias dedicadas al procesamiento de insumos y a su transformación en producto terminado son autónomas al momento de definir un determinado sistema de producción: será aquel que satisfaga las necesidades de rentabilidad empresarial esperadas por el socio o dueño.

Así, a partir del nivel de producción y la demanda proyectada, que para la investigación oscila entre 32 y 35 toneladas/año, más los análisis en la línea de producción, se pudo determinar la requisición de materia prima, porcentaje de desperdicio y mano de obra necesaria.

**Tabla 10.**  
*Materia prima por producto*

PRODUCTO	CANTIDAD DE MATERIA PRIMA (KG)
Café especial molido 250 gramos	14.574
Café especial molido 500 gramos	12.631
Café normal 250 gramos	12.631
Café normal 500 gramos	27.690
Café especial en grano 1000 gramos	7287

*Nota.* Tomado de *Diseño, construcción y puesta a punto de un sistema de producción prototipo modular para la trilla, selección, tostión, molienda y empaque de Café Especial de Nariño*, por G. A. Narváez y M. Argotty, 2013.

**Tabla 11.**  
*Porcentaje de desperdicio por operación*

OPERACIÓN	DESPERDICIO (%)
Trillado y limpiado	20
Selección por tamaño	1
Seleccionado por defectos	1
Tostión	10
Molienda	1
Empacado	1

*Nota.* Tomado de *Diseño, construcción y puesta a punto de un sistema de producción prototipo modular para la trilla, selección, tostión, molienda y empaque de Café Especial de Nariño*, por G. A. Narváez y M. Argotty, 2013.

**Tabla 12.**  
*Mano de obra requerida por actividad y maquinaria*

ACTIVIDAD	MÁQUINA	CANTIDAD A PRODUCIR	UNIDADES HORA MÁQUINA	TASA REAL UN/HR	CANT. REAL UN/HR (AÑO)	N.º MÁQUINAS (AÑO)	N.º M.O (AÑO)
Transporte	Elevadora	4175	3,09	2,781	5340	0,78	0,78
Trillado	Trilladora	4133	21,11	18,999	36.478	0,11	0,11
Transporte	Elevadora	4133	3,25	2,925	5616	0,74	0,74

ACTIVIDAD	MÁQUINA	CANTIDAD A PRODUCIR	UNIDADES HORA MÁQUINA	TASA REAL UN/HR	CANT. REAL UN/HR (AÑO)	N.º MÁQUINAS (AÑO)	N.º M.O (AÑO)
Selección	Banda transportadora	3265	32,28	29,052	55.780	0,06	0,06
Transporte	Elevadora	3265	3,00	2,700	5184	0,63	0,63
Transporte	Elevadora	3136	3,00	2,700	5184	0,60	0,60
Tostión	Tostadora	3136	4,90	4,410	8467	0,37	0,37
Transporte	Elevadora	3136	2,03	1,827	3508	0,89	0,89
Empaque	Empacadora	2791	10,90	9,810	18.835	0,15	0,15

*Nota.* Tomado de *Diseño, construcción y puesta a punto de un sistema de producción prototipo modular para la trilla, selección, tostión, molienda y empaque de Café Especial de Nariño*, por G. A. Narváez y M. Argotty, 2013.

Una vez determinada la estructura de producción, se hicieron los cálculos presupuestales de materia prima e insumos necesarios para producir café especial molido 250 g y 500 g; café normal 250 g y 500 g; y café especial en grano 1000 g. Los resultados fueron los que se muestran en las tablas 13, 14, 15, 16 y 17:

**Tabla 13.**

*Presupuesto materia prima e insumos café especial molido 250 g*

Presupuesto de materia prima e insumos (Costo por unidad de producción)								
Producto:	Café especial molido 250 gramos							
Unidad de Producción	Kilogramo de café		Proyección de Costos por unidad de producción					
Materia Prima e insumos (3)	Unidad	Cantidad	Valor Unitario Año1	Valor Total Año1	Valor Total Año2	Valor Total Año3	Valor Total Año4	Valor Total Año5
Sacos de café pergamino	Kg	14.573,90	3.717,0	54.171.186,3	55.790.904,8	57.319.575,6	58.672.317,5	59.968.975,8
Tanques de gas	unidades	41,00	87.800,0	3.599.800,0	3.707.434,0	3.809.017,7	3.898.910,5	3.985.076,5
<b>Total Costo unitario de materias primas e insumos</b>				<b>57.770.986</b>	<b>59.498.339</b>	<b>61.128.593</b>	<b>62.571.228</b>	<b>63.954.052</b>

*Nota.* Tomado de *Diseño, construcción y puesta a punto de un sistema de producción prototipo modular para la trilla, selección, tostión, molienda y empaque de Café Especial de Nariño*, por G. A. Narváez y M. Argotty, 2013.

**Tabla 14.**

*Presupuesto materia prima e insumos café especial molido 500 g*

Presupuesto de materia prima e insumos (Costo por unidad de producción)								
Producto:	Café especial molido 500 gramos							
Unidad de Producción	Kilogramo de café		Proyección de Costos por unidad de producción					
Materia Prima e insumos (3)	Unidad	Cantidad	Valor Unitario Año1	Valor Total Año1	Valor Total Año2	Valor Total Año3	Valor Total Año4	Valor Total Año5
Sacos de café pergamino	Kg	12.630,70	3.717,0	46.948.311,9	48.352.066,4	49.676.913,0	50.849.288,2	51.973.057,5
Tanques de gas	unidades	36,00	87.800,0	3.160.800,0	3.255.307,9	3.344.503,4	3.423.433,6	3.499.091,5
<b>Total Costo unitario de materias primas e insumos</b>				<b>50.109.112</b>	<b>51.607.374</b>	<b>53.021.416</b>	<b>54.272.722</b>	<b>55.472.149</b>

*Nota.* Tomado de *Diseño, construcción y puesta a punto de un sistema de producción prototipo modular para la trilla, selección, tostión, molienda y empaque de Café Especial de Nariño*, por G. A. Narváez y M. Argotty, 2013.

**Tabla 15.**  
Presupuesto materia prima e insumos café normal 250 g

Presupuesto de materia prima e insumos (Costo por unidad de producción)								
Producto:	Café normal 250 gramos							
Unidad de Producción	Kilogramo de café		Proyección de Costos por unidad de producción					
Materia Prima e insumos (3)	Unidad	Cantidad	Valor Unitario Año1	Valor Total Año1	Valor Total Año2	Valor Total Año3	Valor Total Año4	Valor Total Año5
Sacos de café pergamino	Kg	12.630,70	1.500,0	18.946.050,0	19.512.536,9	20.047.180,4	20.520.293,9	20.973.792,4
Tanques de gas	unidades	36,00	87.800,0	3.160.800,0	3.255.307,9	3.344.503,4	3.423.433,6	3.499.091,5
<b>Total Costo unitario de materias primas e insumos</b>				<b>22.106.850</b>	<b>22.767.845</b>	<b>23.391.684</b>	<b>23.943.728</b>	<b>24.472.884</b>

Nota. Tomado de *Diseño, construcción y puesta a punto de un sistema de producción prototipo modular para la trilla, selección, tostión, molienda y empaque de Café Especial de Nariño*, por G. A. Narváez y M. Argotty, 2013.

**Tabla 16.**  
Presupuesto materia prima e insumos café normal 500 g

Presupuesto de materia prima e insumos (Costo por unidad de producción)								
Producto:	Café normal 500 gramos							
Unidad de Producción	Kilogramo de café		Proyección de Costos por unidad de producción					
Materia Prima e insumos (3)	Unidad	Cantidad	Valor Unitario Año1	Valor Total Año1	Valor Total Año2	Valor Total Año3	Valor Total Año4	Valor Total Año5
Sacos de café pergamino	Kg	27.690,40	1.500,0	41.535.600,0	42.777.514,4	43.949.618,3	44.986.829,3	45.981.038,3
Tanques de gas	unidades	78,00	87.800,0	6.848.400,0	7.053.167,2	7.246.423,9	7.417.439,5	7.581.365,0
<b>Total Costo unitario de materias primas e insumos</b>				<b>48.384.000</b>	<b>49.830.682</b>	<b>51.196.042</b>	<b>52.404.269</b>	<b>53.562.403</b>

Nota. Tomado de *Diseño, construcción y puesta a punto de un sistema de producción prototipo modular para la trilla, selección, tostión, molienda y empaque de Café Especial de Nariño*, por G. A. Narváez y M. Argotty, 2013.

**Tabla 17.**  
Presupuesto materia prima e insumos café especial en grano 1000 g

Presupuesto de materia prima e insumos (Costo por unidad de producción)								
Producto:	Café especial en grano 1000 gramos							
Unidad de Producción	Kilogramo de café		Proyección de Costos por unidad de producción					
Materia Prima e insumos (3)	Unidad	Cantidad	Valor Unitario Año1	Valor Total Año1	Valor Total Año2	Valor Total Año3	Valor Total Año4	Valor Total Año5
Sacos de café pergamino	Kg	7.286,90	3.717,0	27.085.407,3	27.895.261,0	28.659.591,1	29.335.957,5	29.984.282,1
Tanques de gas	unidades	21,00	87.800,0	1.843.800,0	1.898.929,6	1.950.960,3	1.997.003,0	2.041.136,7
<b>Total Costo unitario de materias primas e insumos</b>				<b>28.929.207</b>	<b>29.794.191</b>	<b>30.610.551</b>	<b>31.332.960</b>	<b>32.025.419</b>

Nota. Tomado de *Diseño, construcción y puesta a punto de un sistema de producción prototipo modular para la trilla, selección, tostión, molienda y empaque de Café Especial de Nariño*, por G. A. Narváez y M. Argotty, 2013.

Tras el estudio de tiempos y movimientos, fue posible determinar que el sistema de producción presenta un promedio de 77 % de eficiencia, con una jornada laboral de 8 horas diarias torrefactando 280 kg de café especial y 216 kg de café pergamino.

Tabla 18.

Tiempo de fabricación de una unidad de producto

PRODUCTO	TIEMPO (SEG)	TIEMPO (MIN)
Café especial molido 250 gramos	25,7143	0,4328
Café especial molido 500 gramos	51,4286	0,8571
Café normal 250 gramos	33,1797	0,5530
Café normal 500 gramos	66,3594	1,1060
Café especial en grano 1000 gramos	102,8570	1,7143

Nota. Tomado de *Diseño, construcción y puesta a punto de un sistema de producción prototipo modular para la trilla, selección, tostión, molienda y empaque de Café Especial de Nariño*, por G. A. Narváez y M. Argotty, 2013.

El sistema de producción incluye, además, un programa de mantenimiento preventivo que propende a aumentar la productividad, incrementar la seguridad y la higiene en el trabajo, reducir los paros en producción, mitigar fallas, y disminuir costos de mantenimiento y operación.

El mantenimiento preventivo incluye: inspecciones rápidas, periódicas y planificadas de equipos; ajustes periódicos con operaciones de desmonte, y lubricación periódica de maquinaria para mitigar fallas por desgaste y limpieza. Cada máquina cuenta con una hoja de vida y un cronograma de mantenimiento.

El diseño y la distribución en planta se ejecutaron mediante la elaboración de una tabla cuadriculada para determinar el grado de relación de un proceso respecto al resto.

Tabla 19.

Tabla cuadriculada

		DESDE																
		RECEPCION MP	ALMACEN MP	TRILLADORA	SELECCIONADORA	VASCUA	ALMACEN TRILLA	LABORATORIO	TOSTADORAS	SUCCIONADORA	MOLINO	ALMACEN P/P	EMPACADORA	EMBALAJE	ALMACEN P/T			
HASTA	RECEPCION MP															1	0	0
	ALMACEN MP	48580														2	48580	1
	TRILLADORA		48580													3	48580	1
	SELECCIONADORA			38378												4	38378	1
	VASCUA				36859											5	36859	1
	ALMACEN TRILLA					36859										6	36859	1
	LABORATORIO						36859									7	36859	1
	TOSTADORAS							36859								8	36859	1
	SUCCIONADORA								32653							9	32653	1
	MOLINO									32653						10	32653	1
	ALMACEN P/P										32000					11	32000	1
	EMPACADORA											32000				12	32000	1
	EMBALAJE												32000			13	32000	1
	ALMACEN P/T													32000		14	32000	1
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14			
	48580	48580	38378	36859	36859	36859	36859	32653	32653	32000	32000	32000	32000	0				
	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0			
																13	13	

Nota. Tomado de *Diseño, construcción y puesta a punto de un sistema de producción prototipo modular para la trilla, selección, tostión, molienda y empaque de Café Especial de Nariño*, por G. A. Narváez y M. Argotty, 2013.

El estudio ambiental identificó los impactos en el medio ambiente generados en el proceso torrefactor del sistema de producción; el despulpado de cereza, el secado de café, el trillado de café pergamino, la tostión de café y el mantenimiento son las actividades que dañan el medio ambiente. Sin embargo, por cada actividad se han desarrollado estrategias para mitigar su impacto. Por ejemplo, en el despulpado de cereza se desarrolló un humedal de flujo subsuperficial que permite eliminar la carga orgánica en el agua.

El secado funciona con el cisco de café, que a pesar de presentar emisiones de gases, se encuentran dentro de los rangos permitidos por la Corporación Autónoma Regional (CAR) de Nariño. Resultado similar presenta el proceso de tostión con emisión de gases moderada y el 10 % de desperdicio de café de baja densidad que se mezcla con el café pasilla. En la trilla, alrededor de 20 % del material que entra es desperdicio llamado cisco; este es utilizado como combustible orgánico en el proceso de secado.

Por último, en la ingeniería del proyecto se hicieron las proyecciones de dos de los estados financieros básicos: balance general y estado de resultados, así como se muestra en las tablas 20 y 21.

**Tabla 20.**  
*Balance general proyectado*

	2012	2013	2014	2015	2016	2017
<b>ACTIVO CORRIENTE</b>						
Efectivo	270.000.000	458.860.371	681.195.368	912.833.806	1.178.264.833	1.452.201.401
Total activo corriente	270.000.000	458.860.371	681.195.368	912.833.806	1.178.264.833	1.452.201.401
Terrenos	0	30.600.000	62.411.940	94.944.027	127.892.706	161.382.135
Construcciones y edificios neto	0	24.225.000	48.096.330	71.143.168	93.083.284	113.968.669
Maquinaria y equipo de operación neto	0	52.188.300	100.471.483	143.640.198	180.986.099	212.510.362
Muebles y enseres neto	0	2.260.024	4.350.937	6.220.366	7.837.637	9.202.801
Equipo de oficina neto	0	2.872.320	5.118.850	6.647.535	7.406.273	7.380.643
Total activos fijos	0	112.145.644	220.449.539	322.595.294	417.206.000	504.444.611
Total otros activos fijos	0	0	0	0	0	0
Total activo	270.000.000	571.006.015	901.644.908	1.235.429.100	1.595.470.832	1.956.646.011
<b>PASIVO</b>						
Total pasivo	0	0	0	0	0	0

	2012	2013	2014	2015	2016	2017
<b>PATRIMONIO</b>						
Capital social	270.000.000	270.000.000	270.000.000	270.000.000	270.000.000	270.000.000
Reserva legal acumulada	0	0	29.560.601	61.817.191	93.645.850	127.553.937
Utilidades retenidas	0	0	266.045.413	556.354.717	842.812.646	1.147.985.434
Utilidades del ejercicio	0	295.606.015	322.565.893	318.286.588	339.080.875	334.512.446
Revalorización patrimonio	0	5.400.000	13.473.000	28.970.605	49.931.462	76.594.195
Total patrimonio	270.000.000	571.006.015	901.644.908	1.235.429.100	1.595.470.832	1.956.646.011
Pasivo + Patrimonio	270.000.000	571.006.015	901.644.908	1.235.429.100	1.595.470.832	1.956.646.011

*Nota.* Tomado de *Diseño, construcción y puesta a punto de un sistema de producción prototipo modular para la trilla, selección, tostión, molienda y empaque de Café Especial de Nariño*, por G. A. Narváez y M. Argotty, 2013.

**Tabla 21.**  
*Estado de resultados proyectado*

	2013	2014	2015	2016	2017
Ventas	754.816.000	801.689.460	823.638.750	868.621.800	887.853.220
Devoluciones y rebajas en ventas	0	0	0	0	0
Materia prima, mano de obra	270.082.301	278.157.695	285.779.348	292.523.827	298.988.052
Depreciación	8.042.894	16.404.334	24.955.056	33.615.276	42.417.627
Agotamiento	0	0	0	0	0
Otros costos	22.086.492	22.746.878	23.370.143	23.921.678	24.450.347
Utilidad bruta	454.604.313	484.380.553	489.534.203	518.561.018	521.997.194
Gasto de ventas	89.356.776	92.028.544	94.550.126	96.781.509	98.920.380
Gastos de administración	66.598.160	68.589.445	70.468.796	72.131.859	73.725.973
Provisiones	0	0	0	0	0
Amortización gastos	0	0	0	0	0
Utilidad operativa	298.649.377	323.762.564	324.515.281	349.647.650	349.350.841
<b>OTROS INGRESOS</b>					
Intereses	0	0	0	0	0

	2013	2014	2015	2016	2017
Otros ingresos y egresos	0	0	0	0	0
Revalorización de patrimonio	-5.400.000	-8.073.000	-15.497.605	-20.960.857	-26.662.733
Ajuste activos no monetarios	2.356.638	7.116.811	9.945.355	11.581.615	13.705.534
Ajuste depreciación acumulada	0	-240.483	-676.443	-1.187.533	-1.881.197
Ajuste amortización acumulada	0	0	0	0	0
Ajuste agotamiento acumulada	0	0	0	0	0
Total corrección monetaria	-3.043.362	-1.196.671	-6.228.693	-10.566.775	-14.838.395
Utilidad antes de impuestos	295.606.015	322.565.893	318.286.588	339.080.875	334.512.446
Utilidad neta final	295.606.015	322.565.893	318.286.588	339.080.875	334.512.446

*Nota.* Tomado de *Diseño, construcción y puesta a punto de un sistema de producción prototipo modular para la trilla, selección, tostión, molienda y empaque de Café Especial de Nariño*, por G. A. Narváez y M. Argotty, 2013.

## SITUACIÓN ACTUAL

En la actualidad, el sistema de producción se encuentra listo, estandarizado y dispuesto en las instalaciones de la IEDR, en donde periódicamente se reúnen los investigadores con personal encargado de operar la planta en la institución, a fin de cualificarles en normalización, estandarización, cuidado y mantenimiento de equipos, y seguridad industrial, entre otros aspectos.

La planta se encuentra en etapa de validación de funcionalidad en el mercado interno. El perfeccionamiento del proceso y de las curvas de tostión fue gracias a las pruebas ejecutadas con materia prima proveniente de La Unión, Buesaco, Chachagui, Taminango, Sandoná, Consacá y particulares de la capital nariñense. Estos ejercicios son prueba fehaciente del eco de la investigación en la región.

Tabla 22.

*Productos y volúmenes manufacturados*

PRODUCTO MAQUILADO	PRESENTACIÓN (G)	TIPO DE PRODUCTO	VOLUMEN MANUFACTURADO (UNIDADES)
Gema Café Gourmet	250	Café tostado molido	2800
	500	Café tostado molido	1440
	1000	Café tostado en grano	720
	2500	Café tostado en grano	300
Café Buchelly	250	Café tostado molido	1400
	500	Café tostado molido	720
	1000	Café tostado en grano	350
	2500	Café tostado en grano	150
Café Ventura	500	Café tostado molido	720
	1000	Café tostado en grano	350

*Nota.* Tomado de *Diseño, construcción y puesta a punto de un sistema de producción prototipo modular para la trilla, selección, tosti3n, molienda y empaque de Caf3 Especial de Nari3n*, por G. A. Narv3ez y M. Argotty, 2013.



Figura 14. Pruebas de torrefacci3n. Elaboraci3n propia.

Gracias a que el proceso cuenta con componentes innovadores, el elevador de cangilones triple ha sido patentado como modelo de utilidad por la Superintendencia de Industria y Comercio, mediante la Resoluci3n 60924 del 8 de octubre del 2014, mientras que la empacadora y el dise3n del proceso se encuentran en proceso de patentabilidad.

La finca cafetera de la IEDR de La Uni3n alberga el espacio f3sico donde se ha dispuesto el sistema de producci3n, que est3 perfectamente distribuido acorde con las normas exigidas por el Instituto Nacional de Vigilancia de Medicamentos y Alimentos (Invima).

En el siguiente capítulo y en las conclusiones, veremos los resultados más significativos de esta experiencia, contruidos desde la comunidad productora y los demás actores. Se rescatan además los logros, los aprendizajes y las propuestas aportadas por todos aquellos que fueron parte de la construcción de este trabajo.

## REFERENCIAS

- Boot, W. J. (2004). *Create the perfect light roast. Roast is proud to present your daily coffee industry web resource*. Recuperado de [http://www.roastmagazine.com/resources/Roasting101\\_Articles/Roasting/Roast\\_JulyAug04\\_RulngRoastLigtnUp.pdf](http://www.roastmagazine.com/resources/Roasting101_Articles/Roasting/Roast_JulyAug04_RulngRoastLigtnUp.pdf)
- Café Bunte. (s. f.). El Tueste. Recuperado de <http://www.cafebunte.com.mx/el-cafe/el-tueste>
- Café London. (2010). Café especial y de origen: curvas de tosti3n. Recuperado de <http://caferdelosrios.blogspot.com/2010/03/curvas-de-tostion.html>
- Caro Baroja, J. (1983). *Tecnología popular española*. Madrid: Editorial Nacional.
- Chauvel, T. (1998). *Administración de la producción*. Bogotá: McGraw-Hill.
- Chaves Ardila, L. G. (2009). El café tostado y molido: caracterización de la industria torrefactora nacional. *Umbral Científico*, (14), 98-106. Recuperado de: <http://www.redalyc.org/pdf/304/30415059009.pdf>
- Chevallier, A. (1855). *Diccionario de las alteraciones y falsificaciones de las sustancias alimenticias, medicamentosas y comerciales, con la indicación de los medios de reconocerlas*. Madrid: Manuel Álvarez.
- Comisión Regional de Competitividad de Nariño. (2010b). *Acta 006*. San Juan de Pasto: Comisión Regional de Competitividad de Nariño.
- De Fourcroy, A-F. (1808). *Sistema de los conocimientos químicos y de sus aplicaciones a los fenómenos de la naturaleza y del arte*. Madrid: Imprenta Real de Madrid.
- García, M. y Cloquell V. (2001). *Metodología del diseño industrial*. Valencia: Editorial Universidad Politécnica de Valencia.
- Federación Nacional de Cafeteros. (1995). *Aspectos de calidad del café para la industria torrefactora nacional. Vademécum del Tostador Colombiano*. Recuperado de [http://www.iue.edu.co/portal/images/negocios\\_internacionales/cafe/LACALIDADENLAIN-DUSTRIADELCAFE.pdf](http://www.iue.edu.co/portal/images/negocios_internacionales/cafe/LACALIDADENLAIN-DUSTRIADELCAFE.pdf)
- Fernández, A. (2006). *Estrategia de producción* (2.<sup>a</sup> ed.). Madrid: McGraw-Hill.
- Infusionistas. (2010). El tueste: color, aroma y sabor. Recuperado de <http://infusionistas.com/cafe/el-tueste-color-aroma-y-sabor/>
- Molera, P. (1990). *35 metales resistentes a la corrosión*. Barcelona: Editorial Marcombo.
- Narváez De La Rosa, G. A. y Argotty Erazo, M. (2011). *Diseño, construcción y puesta a punto de un sistema de producción prototipo modular para la trilla, selección, tosti3n, molienda y empaque de Café Especial de Nariño*. Primer Informe de Avance. San Juan de Pasto.
- Narváez De La Rosa, G. A., & Argotty Erazo, M. (2012). *Diseño, construcción y puesta a punto de un sistema de producción prototipo modular para la trilla, selección, tosti3n, molienda y empaque de Café Especial de Nariño*. Segundo Informe de Avance. San Juan de Pasto.

- Narváez De La Rosa, G. A. y Argotty Erazo, M. (2013). *Diseño, construcción y puesta a punto de un sistema de producción prototipo modular para la trilla, selección, tostión, molien- da y empaque de Café Especial de Nariño*. Informe Final. San Juan de Pasto.
- Ortiz, J. (2003). *Las máquinas agrícolas y su aplicación* (6.ª ed.). Barcelona, Madrid: Mun- di-Prensa Libros.
- Promaín Ingeniería. (2009). *Manual de operación y mantenimiento unidad de trilla ING- UT-60*. Bogotá: Promaín Ingeniería.
- Ramírez Antares, G. (1974). *Enciclopedia del desarrollo colombiano*. Bogotá: Canal Ramírez-Antares.
- Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA). (2008). *Beneficio ecológico, tostado, molido y empaçado de cafés de origen. Módulo 8 - Centro de Producción Limpia*. Bogotá: Autor.
- Vilchis, L. del C. (2002). *Metodología del diseño: Fundamentos teóricos* (3.ª ed.). México D.F.: UNAM.