

**TEC** | Tecnológico  
de Costa Rica

**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA  
ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA**



**COOPERATIVA DE CAFICULTORES DE DOTA R.L.  
COOPEDOTA R.L.**

**“Sistema de Gestión de Energía para el proceso de Pre-Secado y  
Secado del Beneficiado Seco del Café, en un producto primario  
de COOPEDOTA R.L. basado en la Norma ISO 50001”**

**Informe de Práctica de Especialidad para optar al Título Ingeniero  
en Mantenimiento Industrial, grado Licenciatura**

**SERGIO BERNAL BADILLA MONGE**

**CARTAGO, AGOSTO, 2020**

**Profesora Guía:**

**Ing. Rosa María Matarrita Chaves**

**Asesor Industrial:**

**Ing. Elías Cascante Ureña**

## **Agradecimiento**

*Primeramente a DIOS omnipotente, y la Virgencita de los Ángeles, por el resguardo y sostén de mi ser durante mis estudios.*

*A mis Padres José y Ana, mis Hermanos Pablo, Miguel y Gabriela; pilares de mi vida y testigos de las luchas titánicas que pasamos todos juntos para poder llegar a este momento.*

*A mi Vane, por ser parte de este apoyo incondicional ante todo y pese a todo.*

*A mis amigos y compañeros de apartamento, Andrey, Manuel, Rubier, Dilson, Juan y Jeimi, por haber hecho las dificultades más llevaderas, especialmente, Arturo, mi compañero inseparable.*

*A mis amigos Brian, Ricardo, Jose y Miguel, por ser más que amigos, hermanos; por ese apoyo y amor de familia.*

*A mis amigos y colegas Fabián, Sergio, Augusto, Asdrúbal, Estivens y María, gracias por su amistad, tiempo, compañía, criterio ingenieril y apoyo, siempre los llevaré en el alma.*

*A mis Profesores de formación universitaria de la Escuela de Ingeniería Electromecánica del TEC, especialmente, a los que más que Profesionales, se volvieron mis amigos.*

*A mi Profesora Guía, por su gran conocimiento como Ingeniera y Profesional, por ese apoyo y carisma durante este proceso.*

*A COOPEDOTA R.L. y los colaboradores que me brindaron su apoyo desinteresado para poder concluir esta etapa en mi formación.*

**Carrera evaluada y acreditada por:**

Canadian Engineering Accreditation Board

Bureau Canadien d'Accréditation des Programmes d'Ingénierie

**Datos personales**

Nombre completo: Sergio Bernal Badilla Monge

Número de cédula: 3-0453-0557

Número de carné: 201023737

Números de teléfono: 87989661/ 2541-1721 / 84384366

Correos electrónicos: sergibad01@gmail.com

Dirección exacta de domicilio: 2 km sur del parque, calle Higueronal portón largo a la derecha, Rincón de los Solís, Santa María de Dota, San José, Costa Rica.

**Datos generales de la empresa**

Nombre: COOPEDOTA R.L.

Actividad Principal: Beneficiado, Industrialización y Comercialización del café

Dirección: Costado Norte de la plaza de deportes de Santa María, Dota, San José, Costa Rica.

Contacto: Carolina Garro Garro (cgarro@coopedota.com), Departamento Recursos Humanos.

Elías Cascante Ureña (ecascante@coopedota.com), Dirección de Producción.

Teléfono: 2541-2828/ 2541-2728

## Contenido

Índice de Tablas.....	8
Índice de Imágenes .....	9
Siglas .....	10
Resumen .....	11
Abstract.....	12
Introducción.....	13
Capítulo 1.Generalidades del Proyecto .....	15
1.1.    Reseña Empresa.....	15
1.1.1.    Ubicación Geográfica.....	17
1.1.2.    Organigrama .....	19
1.1.3.    Proceso Productivo.....	20
1.2.    Justificación .....	21
1.3.    Planteamiento del Problema .....	23
1.4.    Objetivos.....	24
1.4.1.    Objetivo General.....	24
1.4.2.    Objetivos Específicos .....	24
1.5.    Alcance General.....	25
1.6.    Supuestos y Limitaciones .....	25
1.6.1.    Supuestos .....	25
1.6.2.    Limitaciones .....	26
Capítulo 2. Marco Teórico.....	28
2.1.    Antecedentes .....	28
2.1.1.    Antecedentes Teóricos.....	28
2.1.2.    Antecedentes de Campo .....	30
2.2.    Energía .....	30
2.3.    Entalpía de Vaporización.....	30
2.4.    Poder Calórico .....	31
2.5.    Sistema de Gestión Energética .....	31

2.6.	Política Energética .....	32
2.7.	Línea Base Energética (LBEn) .....	32
2.8.	Eficiencia energética.....	32
2.9.	Coefficiente de Pearson (r).....	32
2.10.	Indicador de Desempeño Energético (IDEn) .....	33
2.10.1.	Tasa de decrecimiento del consumo de energía .....	33
2.10.2.	Valor porcentual de la energía según los costos del producto.....	34
2.10.3.	Índice energético con respecto a la producción.....	34
2.10.4.	Índice de Disponibilidad Equipos .....	34
2.11.	Indicadores Financieros.....	35
2.12.	Cuadro de Mando Integral.....	36
2.13.	Oportunidades de Ahorro de Energía.....	36
2.14.	Beneficiado de Café .....	37
2.14.1.	Beneficiado Húmedo: .....	37
2.14.2.	Beneficiado Seco: .....	39
2.15.	Café Micro-lote .....	41
2.16.	Tarifas Eléctricas.....	42
Capítulo 3.	Diagnóstico de las Condiciones de la Organización.....	44
3.1.	Comprensión de la organización y su contexto .....	44
3.1.1.	Factores internos.....	44
3.1.2.	Factores externos .....	45
3.1.3.	Partes Interesadas necesidades y expectativas.....	45
3.1.4.	Determinación de los Alcances y Limitaciones para el planteamiento del SGEn	46
3.1.5.	Liderazgo y Compromiso .....	48
Capítulo 4.	Metodología y Equipos.....	49
4.1.	Revisión y análisis de documentación disponible .....	50
4.1.1.	Recopilación o Información documentada.....	50
4.1.2.	Definición de la política energética .....	54
Capítulo 5.	Hallazgos .....	55
5.1.	Planificación del Sistema de Gestión de Energía .....	55

5.1.1.	Equipos Fase Beneficiado Seco.....	55
5.1.2.	Proceso Micro-lote .....	58
5.2.	Operación del Sistema de Gestión de Energía.....	63
5.2.1.	Medidor de Energía Multifuncional .....	63
5.2.2.	Exactitud y confiabilidad del equipo de medición .....	66
5.3.	Evaluación del Sistema de Gestión de Energía .....	67
5.3.1.	Red de Distribución Eléctrica instalada en la empresa.....	68
5.3.2.	Generalidades de las mediciones.....	69
5.3.3.	Mediciones en ventilador centrífugo con paros por hora pico. ....	70
5.3.4.	Mediciones en ventilador centrífugo sin paros.....	73
5.3.5.	Mediciones en la secadora cilíndrica (Guardiola) en vacío.....	74
5.3.6.	Mediciones en la secadora cilíndrica (Guardiola) a plena carga. ....	76
5.3.7.	Cálculo de Monto Eléctrico del Procesamiento del Café Micro-lotes en la Cosecha 2019-2020.....	78
Capítulo 6.	Modelo Energético para COOPEDOTA R.L. ....	82
6.1.	Balance de Energía para la obtención de indicadores energéticos .....	82
6.2.	Cuadro de Mando Integral, basado en indicadores estratégicos según el periodo de Cosecha .....	85
6.3.	Oportunidades de Ahorro.....	86
6.4.	Monitoreo en Tiempo real .....	90
Conclusiones.....		94
Bibliografía.....		96
Apéndices y Anexos .....		102
Apéndice 1.	Metodología Planteada .....	103
Apéndice 2.	Carta Aceptación de Proyecto por parte de COOPEDOTA R.L. ....	104
Apéndice 3.	Política Energética Aprobada por COOPEDOTA R.L. ....	105
Apéndice 4.	Calculo de Energía de vaporización para secar Café .....	106
Apéndice 5.	Mediciones ventilador con paros.....	107
Apéndice 6.	Mediciones ventilador sin paros .....	107
Apéndice 7.	Mediciones del motor de la secadora sin carga .....	108
Apéndice 8.	Mediciones del motor de la secadora con carga .....	108

Apéndice 9.Tasa de Decrecimiento del Consumo de Energía y Costo Energía de la Cosecha 2019-2020.....	109
Apéndice 10. Pendiente del Consumo Energético vs Producción Mensual (3A).....	109
Apéndice 11.Consumo de Energía respecto a la Producción (3A) y Disponibilidad de equipos (3A) .....	110
Apéndice 12.Costo y Consumo de leña (3A) con paros y sin paros.....	110
Apéndice 13. Cuadro de Mando Integral.....	110
Apéndice 14. Indicadores Costo de la Energía para los equipos (3A) con paros y sin paros y su período respectivo.....	112
Apéndice 15.Fichas Técnicas de los Equipos en el Proceso de Secado para Café Micro-lote. ....	113
Anexo 1.Rendimientos de Café para proceso de Café Micro-lote.....	115
Anexo 2. Proforma Plataforma Tecnológica de Monitoreo.....	116

## Índice de Tablas

<b>Tabla 1.</b> Tarifa Eléctrica COOPESANTOS R.L. meses de marzo y abril 2020 .....	43
<b>Tabla 2.</b> Distribución de Café Cosecha 2018-2019 y Cosecha 2019-2020 .....	51
<b>Tabla 3.</b> Fanegas Recibidas de Cafés Micro-lotes durante la Cosecha 2019-2020.....	51
<b>Tabla 4.</b> Datos de Leña utilizada para Cafés Micro-lotes.....	52
<b>Tabla 5.</b> Duración del proceso para Cafés Micro-lotes .....	53
<b>Tabla 6.</b> Facturación Eléctrica Cosecha 19-20 .....	53
<b>Tabla 7.</b> Secadoras tipo Guardiola Fase de Beneficiado Seco.....	55
<b>Tabla 8.</b> Ventiladores de Secadoras tipo Guardiola Fase de Beneficiado Seco .....	57
<b>Tabla 9.</b> Equipos del “Micro-beneficio” involucrados en el Proceso de Beneficiado Húmedo de Café Micro-lote en COOPEDOTA R.L.....	58
<b>Tabla 10.</b> Equipos involucrados en el Proceso de Beneficiado Seco de Café Micro-lote en COOPEDOTA R.L.....	61
<b>Tabla 11.</b> Variables del Horno y Secadora .....	69
<b>Tabla 12.</b> Datos válidos para el ventilador con paros.....	72
<b>Tabla 13.</b> Datos válidos para ventilador sin paros.....	73
<b>Tabla 14.</b> Datos válidos para secadora sin carga .....	75
<b>Tabla 15.</b> Datos válidos para secadora con carga .....	78
<b>Tabla 16.</b> Monto Eléctrico según volumen de procesamiento de café .....	79
<b>Tabla 17.</b> Monto Eléctrico según el sector de la Cooperativa .....	80

<b>Tabla 18.</b> Monto Eléctrico del Proceso de Café Micro-lote. ....	81
<b>Tabla 19.</b> Consumo Energético según los equipos por subproceso.....	82
<b>Tabla 20.</b> Indicadores Energéticos de volumen y peso según los equipos por subproceso. 83	
<b>Tabla 21.</b> Indicadores Energéticos de volumen y peso para el proceso de Micro-lotes.....	84
<b>Tabla 22.</b> Indicadores Costos de la energía con paros y sin paros .....	87
<b>Tabla 23.</b> Ahorro según consumo de leña .....	88
<b>Tabla 24.</b> Indicador Costo de la Energía para Secadora sin Carga.....	89
<b>Tabla 25.</b> Análisis de la Propuesta.....	92
<b>Tabla 26.</b> Índices Financieros de la Propuesta.....	92

## Índice de Imágenes

<b>Imagen 1.</b> Foto de COOPEDOTA R.L. Fuente: Esencial Costa Rica.....	17
<b>Imagen 2.</b> Mapa de ubicación de la Planta de COOPEDOTA R.L. Fuente: Google Maps, 2020 <a href="https://www.google.com/maps/@9.6548223,-83.9708053,16z">https://www.google.com/maps/@9.6548223,-83.9708053,16z</a> .....	18
<b>Imagen 3.</b> Organigrama COOPEDOTA R.L. Fuente: COOPEDOTA R.L.....	19
<b>Imagen 4.</b> Proceso Productivo COOPEDOTA R.L. Fuente: Elaboración Propia, Lucidchart .....	21
<b>Imagen 5.</b> Esquema Desviación Teórico vs Realidad. Fuente: Elaboración Propia.....	23
<b>Imagen 6.</b> Etapa Beneficiado 1. Fuente: Guía para el Establecimiento de Módulos para Micro-beneficiado de Café.....	39
<b>Imagen 7.</b> Etapa Beneficiado 2. Fuente: Guía para el Establecimiento de Módulos para Micro-beneficiado de Café.....	40
<b>Imagen 8.</b> Proceso Productivo Café Micro-lote. Fuente: Elaboración Propia, Lucidchart .	42
<b>Imagen 9.</b> Gráfica de Distribuciones de Café en la cosecha 2019-2020.Fuente: Elaboración Propia.....	47
<b>Imagen 10.</b> Diagrama de Venn para el Proceso de Beneficiado Seco para Café Micro-lote. Fuente: Elaboración Propia, Lucidchart .....	48
<b>Imagen 11.</b> Fases de la evolución de la gestión del conocimiento en mantenimiento industrial. Fuente: Planteamiento de un modelo de mantenimiento industrial basado en técnicas de gestión del conocimiento .....	49
<b>Imagen 12.</b> Foto de Micro-beneficio para Proceso Café Micro-lote Fuente: Elaboración Propia.....	60
<b>Imagen 13.</b> Foto de Carga de la Secadora Horizontal Cilíndrica tipo Guardiola utilizada para el Proceso de Café Micro-lote. Fuente: Elaboración Propia.....	62
<b>Imagen 14.</b> Foto de horno de fabricación intrínseco exclusivo para la Guardiola utilizada en el Proceso de Café Micro-lote. Fuente: Elaboración Propia.....	63

<b>Imagen 15.</b> Medidor de energía multifuncional trifásico YIGEDIANQI 230/240 V, 50-60 Hz. Fuente: Amazon (2019). .....	64
<b>Imagen 16.</b> Diagrama de conexiones del medidor de energía multifuncional trifásico YIGEDIANQI 230/240 V, 50-60 Hz. Fuente: Amazon (2019). .....	65
<b>Imagen 17.</b> Foto en campo de pantalla del medidor de energía multifuncional trifásico YIGEDIANQI. Fuente: Propia .....	65
<b>Imagen 18.</b> Foto en campo de pantalla del medidor de energía multifuncional trifásico YIGEDIANQI. Fuente: Propia .....	66
<b>Imagen 19.</b> Clase 0.5 Precisión del medidor. Fuente: SATEC (2018). .....	67
<b>Imagen 20.</b> Posibles derivaciones de una red trifásica 120/240 V. Fuente: Electro-zona... 68	
<b>Imagen 21.</b> Grafica de ventilador con paros. Fuente: Elaboración Propia .....	71
<b>Imagen 22.</b> Grafica de regresión para ventilador con paros. Fuente: Elaboración Propia ...	72
<b>Imagen 23.</b> Gráfica de secadora sin carga. Fuente: Elaboración Propia .....	74
<b>Imagen 24.</b> Gráfica de tendencia para secadora sin carga. Fuente: Elaboración Propia .....	75
<b>Imagen 25.</b> Grafica de secadora con carga. Fuente: Elaboración Propia .....	76
<b>Imagen 26.</b> Gráfica de regresión para secadora con carga. Fuente: Elaboración Propia.....	77
<b>Imagen 27.</b> Cuadro de Mando Integral (BSC). Fuente: Elaboración Propia .....	86
<b>Imagen 28.</b> Historial de Cosechas. Fuente: Elaboración Propia.....	91

## Siglas

BCCR: Banco Central de Costa Rica

BSC: Balance Score Card (Cuadro de Mando Integral)

Caj: Cajuela

CEC: Valor porcentual del consumo de energía con respecto a los costos totales.

CENICAFE: Centro Nacional de Investigación de café; Colombia

Fan: Fanega

Fan Perg. Húm: Fanega de café pergamino húmedo

FF: Fanegas Fruta

FNE: Flujo neto de efectivo

ICAFE: Instituto del Café de Costa Rica

IDEn: Indicador de Desempeño Energético

IE: Índice energético con respecto a la producción.

kg: kilogramo

kJ: kilojoule

kWh: kilowatt hora

LBEn: Línea Base Energética

MJ: Mega-joule

m<sup>3</sup>: metro cúbico

Per. Seco: Café pergamino seco

SCA: Specialty Coffee Association

SGEn: Sistema de Gestión Energética

TDE: Tasa de decrecimiento del consumo de energía.

TIA: Totally Integrated Automation (Automatización totalmente integrada)

TIR: Tasa interna de retorno

TRC: Tiempo de recuperación de capital

TREMA: Tasa de rendimiento mínima aceptable

VAN: Valor Actual Neto

VP: Valor Presente (valor actual)

3A (AAA): Café Micro-lote

## Resumen

El cultivo de café en Santa María de Dota, inició con 27 plantas hace más de 60 años, COOPEDOTA R.L. fue fundada en 1960, con más de 900 asociados productores, actualmente, recibe y procesa en promedio 65 mil fanegas fruta (1 Fanega=20 cajuelas). Reconocida por su calidad a nivel mundial, comercializa café tostado a nivel país, produce el primer café carbono neutro del mundo (actualmente) y exporta a varias partes del globo.

Se pudo demostrar, que no existen datos energéticos de la fase más crítica del Beneficiado Seco, por lo que se desarrolló un Sistema de Gestión de Energía para uno de los procesos del beneficiado de café, específicamente, en *Café Micro-lotes*; basándose en la planificación de la norma ISO 50001, generando distintos indicadores de conocimiento, medición y control de energía en los distintos subprocesos. Se logró obtener una línea base tomando en cuenta los equipos pertenecientes a este proceso, además de las variables de funcionamiento. Dichos equipos se analizaron mediante un horario de operación; además del funcionamiento con paros y sin paros. Respecto a las mediciones, se tomaron los datos de consumo energético (kWh) medidos según distintos intervalos de tiempo.

Mediante información recolectada y herramientas mencionadas se concretó:

- Indicadores energéticos de volumen y peso para cada subproceso
- Un cuadro de mando integral, con indicadores de costo y rendimiento
- Alternativas de ahorro

Además, se presentó una propuesta, donde se sugirió usar tecnología exclusiva para dar soporte a la esencia de este proyecto; mediante una inversión aceptable.

Palabras Claves: Cajuela, Micro-lote, Beneficiado, Guardiola, Gestión

## Abstract

Coffee cultivation in Santa María de Dota started with 27 plants more than 60 years ago; where in 1960 COOPEDOTA R.L was founded. With more than 900 associated producers currently, it receives and processes an average of 65 thousand of Fanega's fruit (1 Fanega=20 cajuela). Recognized for its quality worldwide, it markets roasted coffee nationwide, produces the world's first carbon neutral coffee (currently), and exports to various parts of the world.

It showed that there are no energy data from the most critical phase of the Dry Milling; reason why an Energy Management System was developed for one of the processes of the coffee milling, specifically in *Microlote's Coffee*; based on the planning of the ISO 50001 standard, generating different indicators of energy knowledge, measurement and control in the different threads. A baseline was obtained taking account the equipment belonging to this process, also the operating variables. These teams will be analyzed through an operation schedule; also to the operation with stops and without stops. About the measurements, it took the energy consumption (kWh) data according to the different time intervals.

Through the information collected and the mentioned tools, the following was specified:

- Energy indicators of volume and weight for each thread
- A balanced scorecard, with cost and yield indicators
- Savings alternatives

Also, a proposal was presented, where it was suggested to use exclusive technology to support the essence of this project; through an acceptable investment.

Key Words: Cajuela, Microlote, Milling, Guardiola, Managemen

## Introducción

Una Gestión bien planteada de Mantenimiento es una herramienta fundamental para cualquier empresa, donde la mayoría de los casos no cuentan con dichos modelos, o con índices que den a sobresaltar deficiencias en las fases, o líneas productivas, inclusive, todavía se cuentan empresas solo con la aplicación de Mantenimiento Correctivo generando en la mayoría de las veces gastos e ineficiencia productiva.

El ICAFE, como órgano rector en cuestión de fiscalización de producción, exportación y comercialización cafetalera del país, desde hace más de 10 años ha tratado de incentivar a todos los Beneficios de café (actualmente existen 272 firmas) para incorporarse en el ámbito tecnológico de la mano con la calidad; esto en busca del ahorro energético y ayuda al productor y empresarios. La falta de oportunidad y conocimiento técnico e incentivos del mismo gobierno, en muchas ocasiones los empresarios no desarrollan proyectos en ahorro energético, y cabe recalcar que la Zona de los Santos (Región Cafetalera Tarrazú) a la cual pertenece Dota, es la mayor productora de café a nivel nacional, seguido de los Valles Occidental/Central y Pérez Zeledón. Costa Rica, actualmente, se ubica en el puesto 14 de productores de café a nivel mundial, superado mayoritariamente por Brasil, Vietnam y Colombia; y en el sector agrícola exportador nacional, el café ocupa el tercer lugar superado por la piña y el banano.

Teniendo en cuenta, el estado actual de la empresa, en conjunto con los equipos y máquinas existentes para el proceso productivo del beneficiado seco del café, con este Proyecto, se intenta establecer indicadores que actualmente, no se conocen, o no se tienen debidamente señalados, dentro de la Fase de Pre-Secado y Secado del Café; contrastando las distintas fuentes de energía y el consumo de la misma de un producto primario, con el fin de poder construir un criterio ingenieril con base en un dato medible y cuantificable, en busca de ilustrar las deficiencias energéticas, ya sea en el proceso, o en punto estratégico.

Mediante Balances de Energía en la Fase de Secado del Beneficiado Seco, se justifica los indicadores que dé en dicha fase del secado del producto primario de la Cooperativa, el cual permitirá proporcionar una evaluación de la empresa en busca de los objetivos meta planteados en la misión y la visión de la Cooperativa.

## Capítulo 1.Generalidades del Proyecto

---

### 1.1. Reseña Empresa

El cultivo de café en Santa María de Dota se inició con 27 plantas de café, sembradas por Don Alejo Morales, uno de los primeros habitantes de Dota, el cual sembró dicho café “en escoba” (sin tierra en sus raíces). Posteriormente, más productores empezaron a sembrar y a producir dado la riqueza en minerales y distintas propiedades características del suelo, y consecuente a dicho hecho, no se tenía donde beneficiarlo, ya que el beneficio más cercano era en Desamparados y esto, se estaba convirtiendo en una necesidad.

Es por la razón mencionada anteriormente, y por la mala remuneración debido a intermediarios, donde 96 productores de la comunidad deciden unirse y obtener sus propias instalaciones. Ante esta posibilidad dichos valientes emprendedores deciden aportar un capital inicial de ¢116.000.00 ya que las instalaciones del beneficio en esa época eran propiedad del Banco Nacional de Costa Rica, quienes plantearon la venta de éstas, pero de los cuales únicamente lograron reunir ¢29.000.00 teniendo que financiarse con el mismo banco el monto restante. Así se inició con una producción de 3,900 fanegas y se creó “COOPEDOTA R.L.”.

La Cooperativa de Caficultores de Dota R.L. fue fundada el 14 de octubre del 1960; es una cooperativa con más de 900 asociados actualmente, productores de café que recibe 65 mil fanegas de este producto en promedio en las últimas 3 cosechas.

Reconocido por su calidad a nivel mundial, comercializa café tostado en el país con sus marcas de café y además produce el primer café carbono neutro del mundo (en la actualidad) y exporta a varias partes del globo.

Cuenta además, con una línea de agua pura de manantial Quetzal, un Almacén de Suministros, un Tour Operador y una Escuela de Barismo. Está constituida como asociación cooperativa y su finalidad es colaborar con el desarrollo de todas aquellas actividades que se relacionan con la producción del café en la zona, como, por ejemplo, el cultivo, el beneficiado, la industrialización y la comercialización del café tanto para la exportación como para el consumo nacional e internacional.

Certificaciones Ambientales:

2007: Rain Forest Alliance

2011: Carbono Neutral

2012: Premio Guayacán

2014/2018: Bandera Azul Ecológica

2018: Esencial Costa Rica

**Nombre Comercial:** COOPEDOTA R.L.

**Razón Social:** Cooperativa de Caficultores de Dota R.L

**Marcas de café:** Quetzal, Hermosa, Reserva Especial, Dota Fresh, Dota Tarrazú, Carbono Neutral.

**Apdo. Postal:** 11701

**Sitio web:** <http://www.coopedota.com>

Misión: Somos una cooperativa con visión integral del desarrollo sostenible a través de la producción y comercialización de café, al servicio de la generación de valor para nuestros asociados, clientes y la región de los Santos.

Visión: Ser una cooperativa modelo a nivel nacional e internacional llevando esencia del origen de café de nuestros asociados al mundo, a través del trabajo profesional e innovador, que promueva el desarrollo integral del territorio como líderes en el carbono neutralidad.



**Imagen 1.** Foto de COOPEDOTA R.L. Fuente: Esencial Costa Rica

#### 1.1.1. Ubicación Geográfica



**Imagen 2.** Mapa de ubicación de la Planta de COOPEDOTA R.L. Fuente: Google Maps, 2020 <https://www.google.com/maps/@9.6548223,-83.9708053,16z>

La Planta Central de COOPEDOTA R.L. se encuentra ubicada en la provincia de San José, en el Cantón de Dota, distrito de Santa María, costado norte de la plaza de deportes de dicho distrito.

### 1.1.2. Organigrama

# ORGANIGRAMA

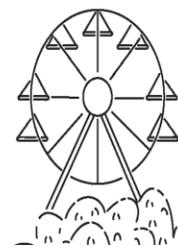
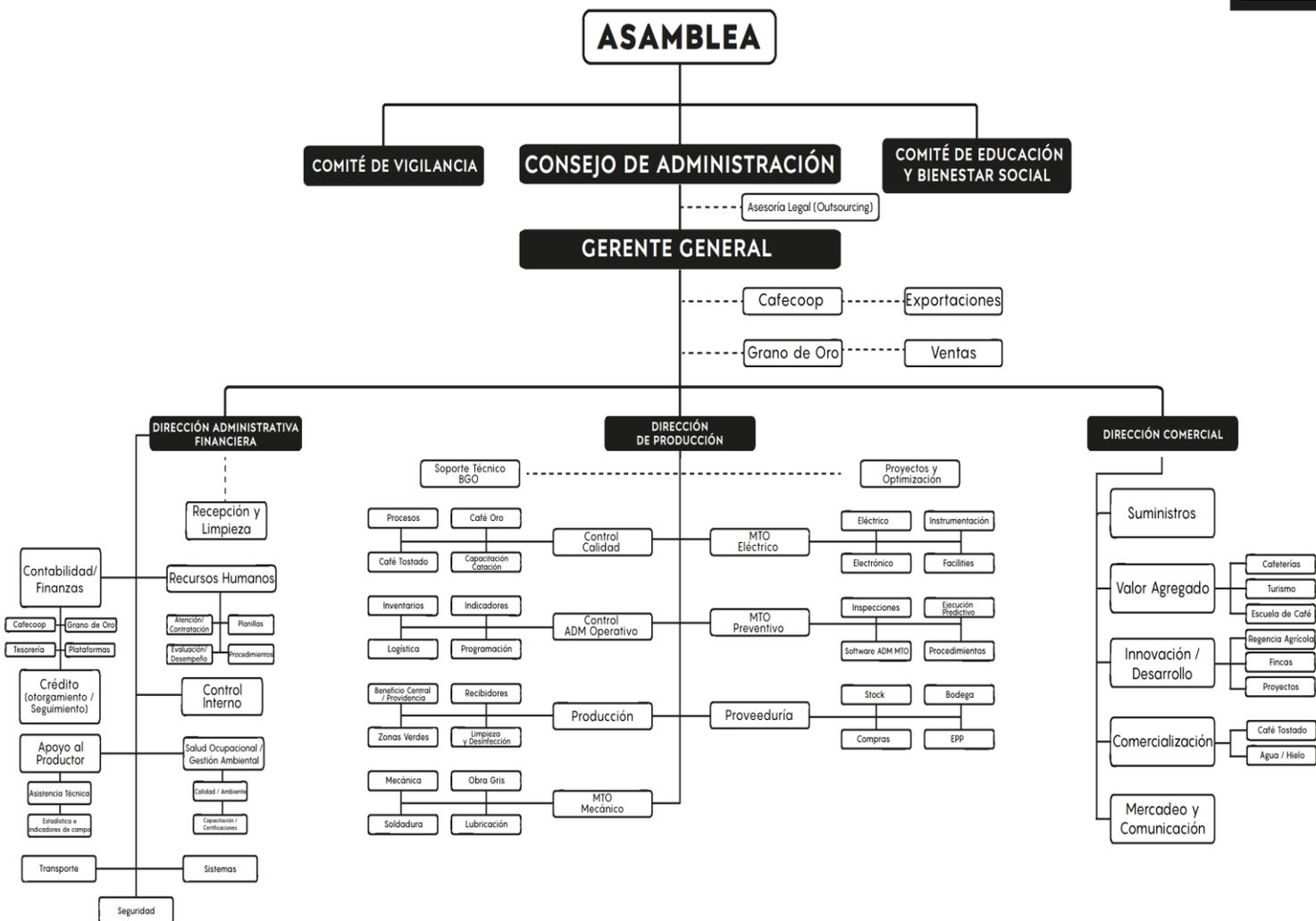


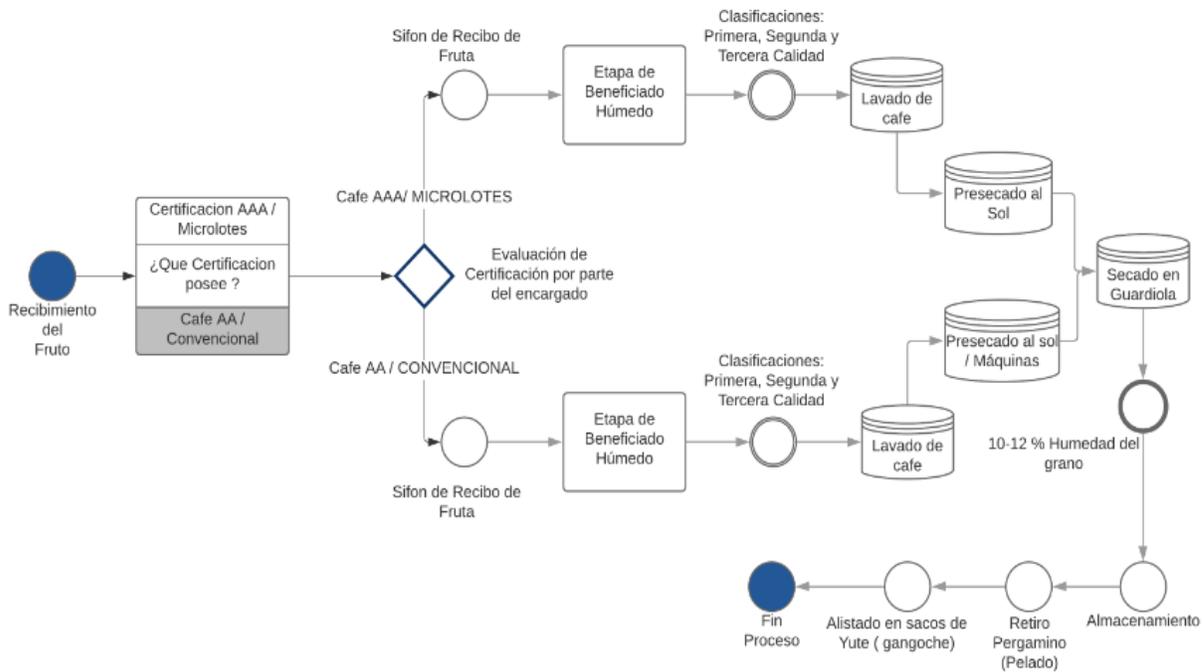
Imagen 3. Organigrama COOPEDOTA R.L. Fuente: COOPEDOTA R.L.

### 1.1.3. Proceso Productivo

El proceso productivo de COOPEDOTA R.L., comenzando desde el beneficiado húmedo hasta las fases de pre-secado y secado en beneficiado seco, consiste en síntesis en los siguientes pasos:

- Se descarga el café en fruta, en el Sifón de Recibido.
- El café pasa al despedregador (seleccionador de peso donde quedan agentes ajenos al grano despulpado) por medio de recirculación de agua mediante una bomba o por medio de ejes con hélice (tornillos sin fin); inmediatamente, a la despulpadora (“chancadora”) para la separación de la pulpa (epicarpio) o cáscara superficial.
- Posteriormente, a la primera “pre-selección”, es transportado por medio de recirculación de agua por bomba o mediante un tornillo sin fin a la Criba (seleccionadora de tamaño) donde luego es transportado por los mismos medios a la demucilagadora (lavadora de café) o a un tanque de fermentación (esto con el fin de separar el grano del mucilago o “baba”) para el lavado o limpieza del grano.
- Luego del lavado, es transportado al área de pre-secado (mediante pre-secadoras llamadas verticales o bericos; o también puede ser al sol en un patio de secado (el más común en secado al sol ) o invernaderos).
- La siguiente fase después del pre-secado es el secado; que también puede ser al sol o por medio de Guardiolas (secadoras cilíndricas horizontales). El café se deja en las secadoras o patio de secado hasta alcanzar su punto óptimo de humedad (10-12%) en grano pergamino (el grano posee aún un cartílago o cubierta llamado comúnmente “casquilla” (endocarpio) que no ha sido removida aún y funciona también como agente protector en el almacenamiento o previo al proceso de pelado).

En la imagen 4 se puede observar el proceso productivo para las fases de beneficiado del café que se realiza en la empresa:



**Imagen 4.** Proceso Productivo COOPEDOTA R.L. Fuente: Elaboración Propia, Lucidchart

1.2. Justificación

Según El Plan Nacional de Energía 2015-2030, “La Planificación del subsector energía se deben realizar, desarrollar bases de información que permita diagnosticar, detalladamente, los problemas y monitorear los efectos de las acciones establecidas para su solución. Sin embargo, aunque históricamente se ha contado con información estadística recabada de instituciones del sector energía, esta no es suficientemente detallada ni fluye con la facilidad requerida”.

Datos generados mediante un simulador del ICAFE, en costos de beneficiado (cosecha 2017-2018), se obtiene para café oro (listo para ser tostado y molido), un rango aproximado en kWh/46 kg; pero ¿Porque se tiene indicadores aproximados?

Según el Ingeniero Rolando Chacón Araya, Jefe Unidad de Industrialización y Control de Calidad ICAFE, indica que el ICAFE no lleva el registro de kWh/kg de café seco industrialmente, ya que la tarifa eléctrica varía, y normalmente, el índice es de consumo en kWh/ kg de café oro (R. Chacón, comunicación personal, 16 setiembre 2019)..

Dado a lo expuesto anteriormente, se puede discernir que no se tienen datos energéticos (kJ/ cajuela- Fanega [20 cajuelas; medida oficial de volumen del ICAFE]) de la fase más crítica del beneficiado seco según (Aristizábal y Duque, 2005). Estos datos son los que realmente interesan y no se tiene a la mano o no se categorizan para la toma de decisiones, y esto conlleva a la ausencia de dichos índices a lo largo de Centroamérica y del Caribe (Investigaciones Bases de Datos del ICAFE) donde no existe ningún indicador referente.

Cabe agregar, que incluso para la justificación de mejoras que actualmente se han hecho como lo son compra de equipos (Informe Asamblea General 89-2019) no se basan mediante una discriminación de algún indicador energético generado. Esto conlleva al Objetivo Específico 1.1.5 del mismo Plan de Energía 2015-2030, el cual propone el mejoramiento del conocimiento sobre el comportamiento del consumo energético en incluso la información recolectada servirá en gran parte para justificar dichas decisiones.

Cabe destacar que se toman datos aproximados actualmente, ya que son los datos más apegados y reales al entorno nacional referente al Beneficiado, porque en otros ámbitos, el costo de beneficiado está en función de la cantidad de terreno y capacidad de producción de las Fincas Cafetaleras como lo refleja Montagnon, 2017 *“De América Central y África Oriental se enfrentan costos de producción que van desde \$0.50 a \$ 1.50. Según la OIC, los estados brasileños y Colombia, el promedio incurre en costos de producción que van desde \$ 1.70 a \$ 2.40 / kg. En otras regiones Colombianas, El Salvador-OIC, Costa Rica-OIC y Kenyan Estate (Steward, 2014) pueden variar entre \$ 2.40 a más de \$ 5.00 / kg”*.

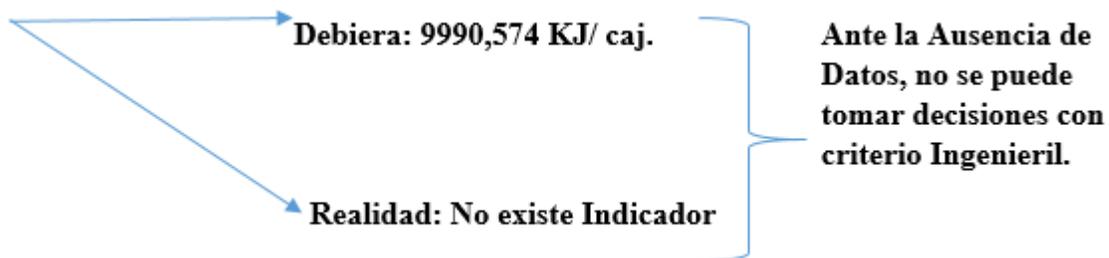
Quiere decir, que, en este caso, el valor de costo de producción por kg de café, no se puede comparar con el otorgado por el ICAFE que es el máximo ente jerárquico en beneficiado

del café en Costa Rica. Es por eso, que se crea una necesidad de tener indicadores reales, donde no se pierda veracidad o se dependa de estimaciones.

### 1.3. Planteamiento del Problema

Actualmente, COOPEDOTA R.L. no posee indicadores energéticos (kWh/ kg, Colones/ kg, kJ/ cajuela, entre otros) desde su fundación, para las etapas del proceso de beneficiado seco, exclusivamente, en las fases de pre-secado y secado de café. Estos instrumentos o medios de medición según ICAFE para un producto primario basado en clasificaciones SCA permite discernir un criterio energético para la toma de decisiones de dichas etapas, o incluso para exponer un costo de producción.

Mediante la información obtenida por (I. Del Valle, comunicación personal, setiembre 2019) y los cálculos realizados teóricamente mediante una tabla en formato Excel (ver apéndice 4) se necesitan 9990,574 kJ para secar 1 cajuela de café ( medida oficial de volumen de Café, ICAFE, Procedimiento de Recibo de café en fruta *s.f.*) a 1548 m s.n.m. Este valor, emerge como índice de partida de un dato medible comparativo con futuros datos. A continuación se muestra la desviación teórica encontrada:



**Imagen 5.** Esquema Desviación Teórico vs Realidad. Fuente: Elaboración Propia

Al generarse indicadores en las etapas de pre-secado y secado del café, se establece un precedente donde se pueden obtener datos para un futuro tomar decisiones a nivel financiero ( mediante ahorro de energía de los procesos y por consecuente en las finanzas) y a nivel científico (ya que el ICAFE y otras Organizaciones Internacionales como CENICAFE (Colombia), CONAB ( Brasil ) no poseen dichos índices en tales fases), para la creación de futuras tecnologías incluso impactando en índices ambientales yendo de la mano con este importante factor como lo expone el Plan Nacional de Desarrollo y de Inversión Pública del Bicentenario 2019-2022 de Costa Rica y la visión de la empresa. Partiendo de lo expuesto, como lo sugiere el ICAFE y el mismo Plan Nacional de Energía 2015-2030, estos índices o indicadores son de gran herramienta para poder obtener una línea base, o un indicio de “algo medible” que anteriormente no se medía, y como se le atribuye a Lord William Thomson Kelvin (físico y matemático Británico 1824-1907) “Lo que no se define no se puede medir. Lo que no se mide no se puede mejorar. Lo que no se mejora, se degrada siempre”.

## 1.4. Objetivos

### 1.4.1. Objetivo General

Proporcionar Indicadores Energéticos de un producto primario para las etapas de beneficiado seco (pre-secado y secado) de café en COOPEDOTA R.L., según CENICAFE/ICAFE que cumplan como base de información integral y precedente para una autoevaluación.

### 1.4.2. Objetivos Específicos

- Establecer un balance de energía eléctrica y térmica del producto primario para el proceso de Beneficiado Seco de Café utilizando el indicador energético de volumen tanto en kWh/m<sup>3</sup> y kWh/ cajuela.
- Relacionar mediante los indicadores de tasa de decrecimiento del consumo de energía, costo de la energía respecto a los costos totales, valor porcentual de energía según costo de producto y disponibilidad de los equipos, la operación del proceso de Beneficiado mediante el uso de un Cuadro de Mando Integral.
- Definir oportunidades de ahorro energético según ICAFE, siguiendo el ciclo de mejoramiento continuo de la Norma ISO 50001 con los indicadores de costo de la energía en ¢/ kWh y ¢/ cajuela procesada.
- Valorar la posibilidad de oferta, de una propuesta para mediciones continuas mediante una plataforma tecnológica que recopile y permita el análisis de la información en el tiempo.

## 1.5. Alcance General

Mediante este proyecto se pretende elaborar una argumentación tipo exploratoria, mediante la generación de indicadores, que logre otorgar un precedente de información, para la toma de decisiones basada en un criterio justificado y las posibles relaciones que se pueden tener entre las áreas relacionadas a las etapas de Pre-secado y Secado, con el fin de buscar una mejoría continua, tomando en cuenta que en la actualidad, no se cuenta con dicha información, como se vindica previamente en la justificación.

## 1.6. Supuestos y Limitaciones

### 1.6.1. Supuestos

COOPEDOTA R.L. cuenta actualmente con personal, que tiene años de experiencia laborando en las distintas líneas de proceso de beneficiado de café, incluyendo las etapas de pre-secado y secado, las cuales cuentan con información y alto conocimiento; esto sin dejar de lado un Director altamente calificado.

Esto co-ayuda a que la información adquirida mediante la realización de este proyecto, provenga de fuentes confiables y a la mejora de dichas fases.

### 1.6.2. Limitaciones

La aplicación de la Norma INTE ISO 500001 solo puede ser utilizada para efectos de este proyecto de graduación, ya que el mismo está basado en la Norma y el derecho de posesión de la misma recae a el Tecnológico de Costa Rica exclusivamente; por lo que la ejecución de la Norma por parte de COOPEDOTA R.L. no podrá ser efectuada a menos que se obtenga la misma por parte de la empresa, caso contrario a la utilización de dicho trabajo.

El período de mediciones se efectúa mediante el pico de cosecha de café, el cual no tiene un tiempo establecido constante anualmente. Generalmente, el pico de cosecha se efectúa en los meses de febrero y marzo por lo que se limita a estas condiciones.

El 3 de diciembre de 2019, se realiza la compra de un medidor de energía trifásico marca HIKING 230/240 V, 50-60 Hz, necesario para las futuras mediciones del proyecto, proveniente de China. El 22 de enero del 2020 el paquete con el contenido anteriormente mencionado queda retenido en dicho país. Estos factores serían consecuencia de la problemática causada por el inicio del virus COVID-19 en Wuhan China, declarando oficialmente, el brote a finales de enero de 2020, con más de 400 casos de infectados en ese país después de haber iniciado el 17 de noviembre de 2019 con el primer caso según la Organización Mundial de la Salud (OMS) y de lo cual no se tenía aún conocimiento a nivel mundial.

Inmediatamente, se efectúa los trámites pertinentes para la cancelación del paquete, donde el 16 de febrero de 2020 se realiza el reembolso económico del medidor HIKING. A raíz de lo que surge en el mundo en ese momento, aparece la problemática de que la amplia gama

de opciones que se tenía a finales del año 2019 con respecto equipos de medición ya no existía, y limita enormemente, las posibilidades; ya para el 17 de febrero de 2020 se compra un nuevo dispositivo, un medidor de energía multifuncional marca YIGEDIANQI 230/240 V, 50-60 Hz, proveniente de Estados Unidos de América, el cual llega el 9 de marzo de 2020 haciendo que el tiempo disponible de medición fuera sumamente ajustado y relativamente poco.

Debido a la prevalencia del nuevo coronavirus COVID-19 en el país, el 16 de marzo del 2020, el Presidente de la República Carlos Alvarado en conjunto con el Ministro de Salud Dr. Daniel Salas y la Ministra interina de la Presidencia Silvia Lara firmó el decreto declarando estado de Emergencia Nacional ante la presencia del COVID-19. A su vez la misma fecha (16 de marzo de 2020) el Ing. Luis Paulino Méndez Badilla, en calidad de Rector del Instituto Tecnológico de Costa Rica, emite la Resolución RR-070-2020 en la cual resuelve suspender el curso lectivo tanto en grado como posgrado; y el 19 de marzo de 2020, mediante la Resolución RR-076-2020 resuelve cerrar el acceso público en todos los campus y centros académicos.

Dicha situación país, provocó que el día 17 de marzo del 2020, el señor Ing. Elías Cascante Ureña, Asesor Industrial para este proyecto, emite la orden vía mensaje de texto por la aplicación telefónica “WhatsApp”, la cual indica aplicar teletrabajo hasta nueva orden, con la exclusividad de poder ingresar solo a temas operativos, de lo contrario, información y trabajo escrito será realizado desde la respectiva residencia. Este último punto afecta enormemente la elaboración de dicho proyecto, ya que el depender de intermediarios o terceros para la colaboración, hace que no haya ningún compromiso laboral excepto moral con el proyecto en ejecución, por lo que la información solicitada existente no se obtiene de una forma rápida teniendo duración de semanas, inclusive correos electrónicos sin respuesta. La difícil o poca colaboración y disposición por parte de algunos colaboradores de la empresa, trámites internos que obstaculizan la recepción de información, reuniones previstas no agendadas, entre otras limitantes, fueron partícipes negativos en la ejecución de dicho proyecto; sin embargo, hago la salvedad de agradecer enormemente a aquellos quienes estuvieron pendientes del avance del mismo y colaboraron gratamente.

El registro de datos históricos, especialmente energéticos, de mantenimiento y equipos, en ocasiones pasa a ser datos inexistentes, por lo que el desconocimiento de estos al igual que períodos de mantenimiento, fichas técnicas e incluso indicadores de mantenimiento para mencionar algunos, afectan directamente, ya que el inicio o la recolección de dicha información requiere de más tiempo e incluso puede no llegar a obtenerse.

La obtención de datos nuevos, como lo son los indicadores energéticos, debido a lo anteriormente planteado, los resultados 100% precisos serían afectados por dichas limitantes.

## Capítulo 2. Marco Teórico

---

### 2.1. Antecedentes

#### 2.1.1. Antecedentes Teóricos

*“ De acuerdo con Kühl Aráuz (1999), se descubre el uso del café en Abisinia (Etiopía) alrededor del año 900 D.C. Pasa a Yemen y Arabia, y debido a los viajes de los peregrinos musulmanes a la Meca, es llevado a la India y Ceylan siglo XVII. Los holandeses posteriormente, lo llevan a la Isla de Java y a invernaderos en Holanda a principios del siglo XVIII. Francia lo trae a América a su colonia Martinica en 1720, luego pasa a Brasil, Colombia y Centroamérica. Posiblemente, llega a Costa Rica en 1830” (González y Urbina, 2015).*

El café ha sido beneficiado por cooperativas de café históricamente, o también actualmente por beneficios familiares privados, contando cada vez más con equipos o infraestructura capaces de manejar grandes volúmenes de café, (no como a sus inicios que fueron procesos meramente artesanales) y donde los productores entregan sus cosechas. Inclusive muchos

de los productores entregan su producción sin conocer los procesos posteriores de beneficiado y comercialización (Umaña, 2014).

Según Umaña, se puede ilustrar que a medida que incrementa la tecnología y por ende se mejora las distintas líneas del proceso de beneficiado del café, también incrementa las posibilidades de tener “ fugas de eficiencia ” como se menciona en Plan Nacional de Energía 2015-2030 *“La incorporación de tecnología para el logro de mayor eficiencia puede significar, en algunos casos, un mayor costo que se traduce, por lo general, en mayores precios de los equipos más eficientes en comparación con los menos eficientes”*.

Es aquí donde se genera la necesidad de discriminar los índices, que ayude a la toma de decisiones, donde se pueda evaluar factores como consumo energético y poder observar donde se genera mayor consumo, e incluso una oportunidad de optimización, y por lo que tal motivo, los consumidores pueden tener criterios de inversión diferentes a los criterios a nivel país y sus decisiones pueden o no coincidir con los intereses nacionales (Plan Nacional de Energía 2015-2030).

Los Indicadores Energéticos según CENICAFE, 2010 son utilizados tanto para Balance Energético, como para Energía Disponible de algún subproducto o producto del café, los cuales principalmente se representan en MJ o MJ/ kg.

El ICAFE (cosecha 2017-2018) maneja mediante un simulador, indicadores de consumo dado en kWh/ 46 kg, lo cual compete a 1 quintal de café verde. Sin embargo, a su vez, los principales componentes de un sistema corporativo de energía, según la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI) el consumo de energía es medido en Joule (J, kJ, MJ, GJ), aunque la unidad habitualmente más común es el kWh, (1 kWh equivale a 3 600 kJ)

Cuando se intenta detectar defectos en el café verde SCA (Specialty Coffee Association), posee estándares para un café primario o café especial de arábica lavado, como lo es la clasificación estándar, el peso de las muestras, la tabla de equivalentes de defectos, el contenido de humedad, el estándar de actividad del agua, el tamaño del grano, la clasificación de defectos, entre otros. Dichos estándares, también son avalados por Catadores Profesionales como indica (Puerta, 1999) o Certificados por el ICAFE.

### 2.1.2. Antecedentes de Campo

Según el Ingeniero Rolando Chacón Araya (Jefe Unidad de Industrialización y Control de Calidad ICAFE), indica que el ICAFE genera datos aproximados mediante un simulador de costos de beneficiado (cosecha 2017-2018), donde lleva el registro de kWh/kg de café seco, mediante el índice de consumo en kWh / kg de café oro (R. Chacón, comunicación personal, 16 setiembre 2019).

Mediante los datos utilizados de densidad aparente, se tiene que para café pergamino seco a 11 % de humedad una densidad de  $385,75 \text{ kg/m}^3$ , café pergamino húmedo  $803,4 \text{ kg/m}^3$ , mientras café en fruta  $616,50 \text{ kg/m}^3$  (Federación Nacional de Cafeteros de Colombia, 2008). Respecto a lo anterior, se puede obtener la masa en kg según el porcentaje de volumen que se tenga en cajuelas ( 1 cajuela = 20 litros (  $0,02 \text{ m}^3$  ) ) que es una de las medidas oficiales de volumen de café según el ICAFE en procedimiento de recibo de café en fruta (s.f.).

## 2.2. Energía

*“Electricidad, combustibles, vapor, calor, aire comprimido y otros medios similares”* (UNE-EN ISO 50001, 2018, p. 18).

### 2.3. Entalpía de Vaporización

*“La cantidad  $h_{fg}$  es la entalpía de vaporización (o calor latente de vaporización) y representa la cantidad de energía necesaria para evaporar una masa unitaria de líquido saturado a una temperatura o presión determinadas. Disminuye cuando aumenta la temperatura o la presión y se vuelve cero en el punto crítico”* (Cengel y Boles, 2012, p.127) y se expresa comúnmente en  $\text{kJ/kg}$ ,  $\text{MJ/kg}$ .

## 2.4. Poder Calórico

El poder calórico es la cantidad de energía desprendida en la reacción de combustión, referida a la unidad de masa o volumen del combustible (Cengel y Boles, 2012).

## 2.5. Sistema de Gestión Energética

Según la Norma ISO 50001, un Sistema de Gestión Energética (SGEn), permite a las organizaciones establecer sistemas y procesos para mejoras continuas del desempeño energético incluyendo la eficiencia y uso de la energía, *“Es un sistema para establecer una política energética, objetivos, metas energéticas, planes de acción y procesos para alcanzar los objetivos y las metas energéticas”* (UNE-EN ISO 50001, 2018, p. 14). La implementación exitosa de un SGEn, como lo indica la Norma también se requiere del compromiso de todos los niveles de la organización en especial de la alta dirección (UNE-EN ISO 50001, 2018, p. 10).

El SGEn está basado en un ciclo de mejora continua “PHVA” según estipulado por la Norma (UNE-EN ISO 50001, 2018, pp. 10-11) y consiste en los siguientes pasos:

- Planificar: Es comprender el contexto de la organización, establecer la política energética y el equipo de gestión de la energía y establecer indicadores de desempeño energéticos (IDEn), líneas de base energéticas (LBEn) de acuerdo con la política energética de la organización.
- Hacer: Implementar planes de acción, controles operacionales y de mantenimiento, y la comunicación, asegurar la competencia y considerar el desempeño energético en el diseño y la adquisición.
- Verificar: Realizar el seguimiento, medir, analizar, evaluar, auditar y dirigir las revisiones por la dirección del desempeño energético y del SGEn.
- Actuar: Tomar acción para abordar las no conformidades, y mejorar continuamente el desempeño energético y el SGEn.

## 2.6. Política Energética

“Es la declaración de la organización de su intención o intenciones, dirección o direcciones y compromiso o compromisos globales relacionados con su desempeño energético, según lo expresado formalmente por la alta dirección” (UNE-EN ISO 50001, 2018, p. 14).

## 2.7. Línea Base Energética (LBEn)

“Es una referencia cuantitativa que proporciona la base para la comparación del desempeño energético” (UNE-EN ISO 50001, 2018, p. 17).

## 2.8. Eficiencia energética

Es la proporción u otra relación cuantitativa entre un resultado de desempeño, servicio, productos, materias primas o de energía y una entrada de energía. El uso de la energía es la aplicación de la energía como por ejemplo, ventilación, iluminación, calefacción, enfriamiento, transporte, almacenamiento de datos procesos productivos (UNE-EN ISO 50001, 2018, p. 19).

## 2.9. Coeficiente de Pearson (r)

El *coeficiente de Pearson* o “**r**” refleja la relación entre dos variables. Si la relación es lineal perfecta, r será 1 ó -1. El coeficiente r positivo surge al aumentar x, por lo tanto aumenta y, y será negativo en el caso contrario (si al aumentar x, disminuye y). En general, valores (absolutos) de  $r > 0,80$  se consideran altos, aunque esto depende del número de parejas de datos con las que hemos realizado el cálculo. El *coeficiente de Determinación* o “**r<sup>2</sup>**” determina la calidad del modelo para replicar los resultados, y la proporción de variación de los resultados, y es sencillamente el cuadrado del coeficiente de Pearson (Sánchez, 2018).

## 2.10. Indicador de Desempeño Energético (IDEn)

Es la medida o unidad de desempeño energético, según lo define la organización y lo cual para su *mejora*, debe partir de la mejora en los resultados medibles de la eficiencia energética, o resultados medibles del consumo de energía relacionada con el uso de la energía, comparada con la línea base energética (LBEn) (UNE-EN ISO 50001, 2018, pp. 16-17).

Como cita (Ibarguen, et al., 2017) *“Los indicadores de desempeño energético, son las expresiones y valores usados para monitorear, controlar y/o supervisar cambios en el rendimiento de la energía, y reducir pérdidas energéticas en cualquier proceso productivo lo que permite, a cualquier organización a través de gestión, establecer planes estratégicos para alcanzar metas a corto, mediano y largo plazo, así como obtener y mantener altos niveles de eficiencia energética”* (Castrillón, et al., 2014; Rodríguez, et al., 2014).

Tomando en cuenta lo expuesto anteriormente, para un análisis energético, existen distintos indicadores que se pueden utilizar. A continuación se presentan algunos de estos propuestos según fue citado en (Zúñiga, 2014):

### 2.10.1. Tasa de decrecimiento del consumo de energía

Es la variación entre un período inicial y el anterior, porcentualmente.

$$TDE = |Vi - Vf| / Vf \times 100$$

*TDE* = Tasa de decrecimiento del consumo de energía.

*Vi* = Valor del consumo en colones de energía en el período anterior.

*Vf* = Valor del consumo en colones de energía en el período actual.

### 2.10.2. Valor porcentual de la energía según los costos del producto

Representa el costo de la energía en la empresa con respecto a los costos totales.

$$\%CEC = (Cen/CT) \times 100$$

$\%CEC$  = Valor porcentual del consumo de energía con respecto a los costos totales.

$Cen$  = Consumo de energía en colones.

$CT$  = Costos Totales en colones.

### 2.10.3. Índice energético con respecto a la producción

Relaciona el consumo de energía con la cantidad de unidades producidas.

$$IE = - [(Cem/Pm) + m] / 100$$

$IE$  = Índice energético con respecto a la producción.

$Cem$  = Consumo energético promedio mensual en colones.

$Pm$  = Producción promedio mensual en Fanegas Recibidas.

$m$  = Pendiente de la recta del gráfico consumo energético vs producción mensual.

### 2.10.4. Índice de Disponibilidad Equipos

$$D = 100 \times (Hpp - HM) / Hpp$$

$Hpp$  = Horas programadas de producción

$HM$  = Horas de Mantenimiento.

$D$  = Disponibilidad de Equipos

Dichos indicadores, pueden generar cambios en etapas o fases, afines o relacionados al proceso que se está enfatizando, con el fin de garantizar metas en una organización, como

también, expresarse como una medida que en su obtención pueden ser simple, un cociente o un modelo más complejo (Carretero y García, 2012), (citado en Ibarguen, et al., 2017).

En el proceso del Café, el rendimiento de producción, no está necesariamente correlacionado con la rentabilidad. Un incremento del rendimiento típicamente incrementa los costos de producción, por lo que bajar los costos de insumos a veces puede ser mejor que aumentar la rentabilidad (Montagnon, 2017).

Según lo expuesto anteriormente, dicha situación genera la necesidad de poder tener indicadores que otorguen una tendencia, donde se pueda discernir cuales son los pasos a mejorar o cual evento debe ser mejor atendido.

Los indicadores deben contar con ciertas características como lo son: “i) *información confiable*, ii) *transparente y verificable*, iii) *basado en información específica con relación al proceso/sistema y el tiempo*, iv) *poder medir cambios en una condición o situación a través del tiempo*, v) *facilitar observar de cerca los resultados de iniciativas o acciones* y vi) *Ser instrumentos valiosos para determinar cómo se pueden alcanzar mejores resultados en proyectos de desarrollo*” (Pinzón, et al., 2014, citado en Ibarguen, et al., 2017).

## 2.11. Indicadores Financieros

Algunos de los indicadores financieros que se van a calcular son el VAN, TIR, TREMA y TRC como lo explica Blank y Tarquin (2012) a continuación:

- El valor actual neto (VAN) es la transformación de gastos o ingresos en unidades monetarias al día de hoy; en todos los flujos de efectivo futuros.
- La tasa interna de rendimiento (TIR) es la tasa pagada sobre el saldo no pagado del dinero obtenido en préstamo, o la tasa ganada sobre el saldo no recuperado de una inversión, de forma que el pago o entrada final iguala el saldo exactamente a cero con el interés considerado.

- La tasa de rendimiento mínima aceptable (TREMA o TMAR) la establecen los directivos financieros y se usa como criterio contra el cual se compara una tasa de retorno alternativa cuando se toma la decisión de aceptar o rechazar alguna inversión.

- El tiempo de recuperación de capital (TRC) como su nombre lo indica es el intervalo de tiempo en el cual la inversión se recupera luego de n períodos y se calcula a partir de valor actual de los flujos de cajas de período presente.

## 2.12. Cuadro de Mando Integral

Un Cuadro de Mando Integral o Balance Score Card (BSC) según Propa (2015), es una auto regulación y exigencia para lograr el éxito, en el alcance de objetivos establecidos; incluso misión y visión fijados de la empresa. Esas pautas se regulan por medio de parámetros definidos, los cuales serán los índices evaluadores, y cada vez que se logran los objetivos meta se renuevan para una mejora continua.

## 2.13. Oportunidades de Ahorro de Energía

La organización de un buen programa de energía debe iniciar trazando el curso hacia el estado deseado, para lo cual se debe realizar una adecuada planificación, analizando costos y usos de los diferentes energéticos utilizados.

Como menciona el ICAFE, 2007, para que un programa de ahorro de energía tenga éxito se requiere de un cuidadoso almacenamiento de registro de datos, una intensa vigilancia en el consumo de energía y el manejo de índices, lo cual permitirán la evaluación de los logros en programas de conservación de energía. Cabe destacar, que la Gerencia debe involucrar a toda la administración dentro de los planes para reducir su factura energética y por consiguiente, los costos de la empresa, siendo un compromiso de ahorro de energía por parte de todas las personas de la planta

*“El reto final será el de evaluar cada beneficio, como está aprovechando la energía que consume y con las bases plantearse metas que le permitan bajo sus capacidades reducir los niveles actuales de energía y por consiguiente sus costos. Por tal razón es importante calcular índices de consumo de energía (¢/kWh, ¢/fanega procesada, ¢/etapa de beneficiado, etc.) estableciendo el consumo específico de energía que relacione la cantidad de energía por fanega procesada” (ICAFE, 2007).*

## 2.14. Beneficiado de Café

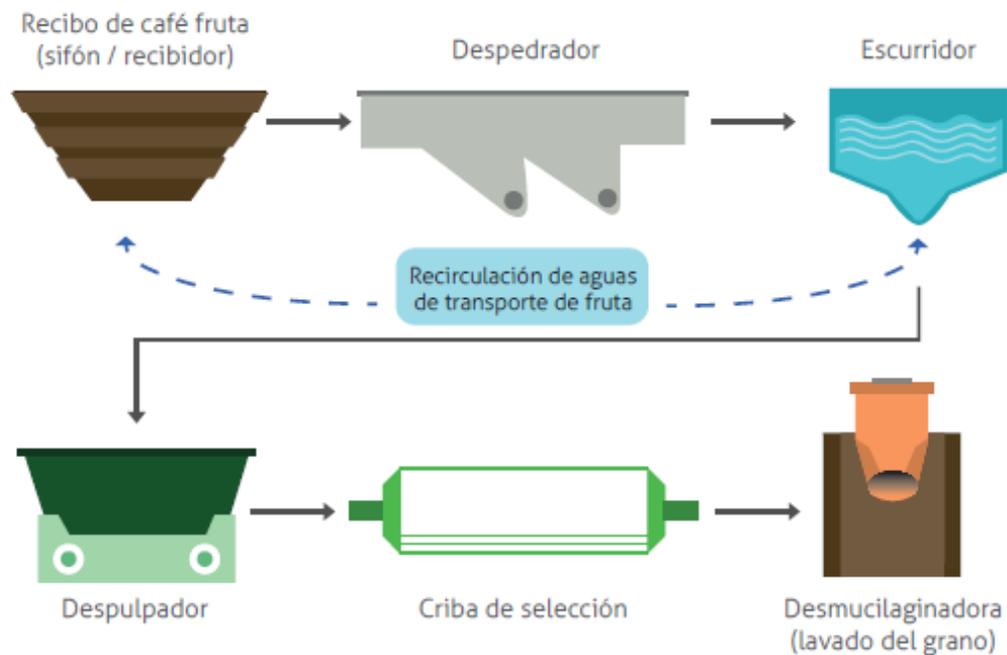
Como lo cita Besora, 2016 en Tecnologías Apropriadas para la Agricultura; toda la transformación que sufre el café en sus múltiples operaciones, desde el inicio de la cosecha con la recolección del fruto en su óptima maduración (considerando principalmente en este parámetro la experiencia y criticidad de los caficultores en dicha etapa); posteriormente de la recolección, el recibo del café ( donde se regula que esta pre-clasificación por parte de los caficultores no permita una mezcla de maduración no deseada de cafés), hacen que la etapa de beneficiado, donde es el proceso que el grano se separa del fruto y alcanza grados de humedad de alrededor 12%; sea el proceso culmine de estas fases, la cual se divide en dos maneras: Beneficiado Seco y Beneficiado Húmedo.

### 2.14.1. Beneficiado Húmedo:

- Clasificación del Fruto: Se hace mediante canales de agua, eliminando las impurezas y los frutos que no cumplen con el estándar óptimo mediante el peso del mismo, pasando ya sea por compuertas clasificatorias o por medio de Caños Colombianos, haciendo que el fruto óptimo sea clasificado y lo no deseado “flote” hasta llegar su debido proceso.

- **Despulpado:** Es el desprendimiento de la pulpa (epicarpio) y parte del mucilago mediante fricción o presión mediante maquinas despulpadoras conocidas como “Chancadores”. Este proceso se debe llevar a cabo previo a las 10 horas, ya que después de eso el grano entra en un proceso de fermentación atentando la calidad del grano.
- **Desmucilaginado:** Desprende el mucilago o “baba” de las semillas posteriormente despulpadas y se puede hacer mediante máquinas desmucilagadoras o conocidas como “Lavadoras” o por el método de Fermentación, que consiste en dejar en reposo por un período de alrededor 12-20 horas para que enzimas efectúen el proceso de descomposición de los fragmentos de pulpa y mucilago, posteriormente también se debe de efectuar un lavado a dicha fase.
- **Lavado del Café Fermentado:** En este proceso se ayuda a quitar la miel que aún existe adherida al grano. Se puede hacer mediante paso de corriente de agua, inmersión o por medio de bombeo que hace que exista un flujo de agua por canales de clasificación.
- **Clasificación:** Por medio de Canales Clasificatorios como “Caños Colombianos” o Compuertas Clasificatorias se separa el café en calidades distintas por la acción de densidad y peso del grano mismo.

En la imagen 6, se puede observar los principales pasos de la fase de beneficiado húmedo:



**Imagen 6.** Etapa Beneficiado 1. Fuente: Guía para el Establecimiento de Módulos para Micro-beneficiado de Café

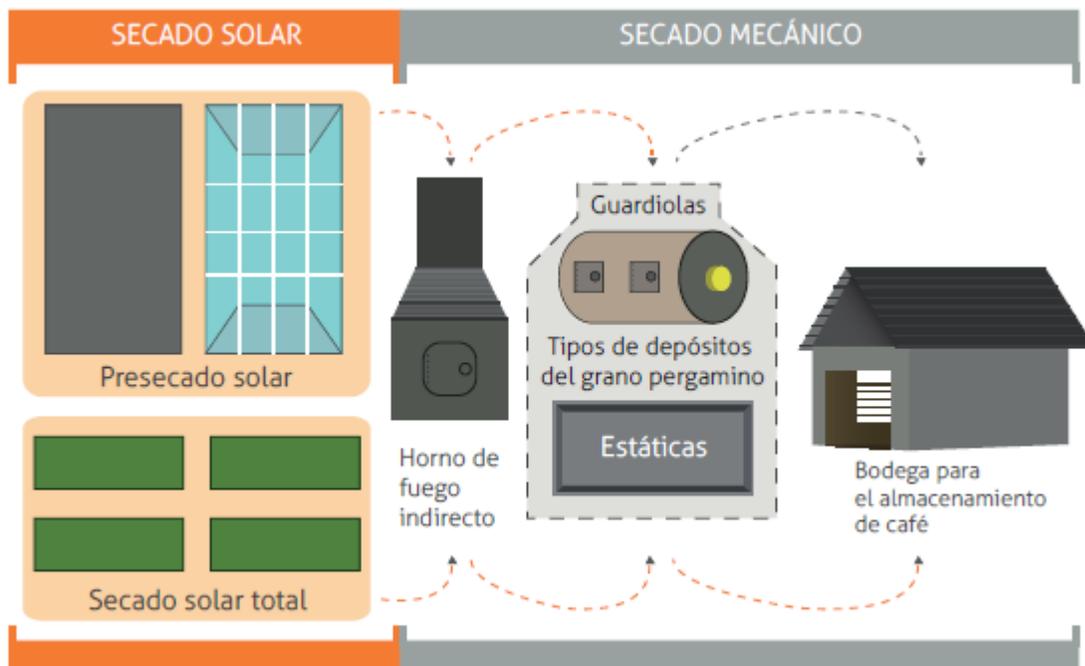
#### 2.14.2. Beneficiado Seco:

- Lavado: Es donde se permite limpiar los granos y posteriormente clasificarlos por peso, dado que los granos defectuosos son clasificados por baja densidad y peso.
- Secado: Se lleva el grano desde una humedad inicial del 70% aproximadamente a un rango de 10-12%, ya sea mediante un Patio de Secado o mediante maquinarias como lo son secadoras cilíndricas horizontales tipo Guardiola, camas africanas, invernaderos, estáticas entre otros. Previo a dicha etapa, también puede existir la etapa de pre-secado que consigue lograr obtener una humedad del 70% inicialmente a un 30 % o 20 % previo al secado usando secadoras verticales, Bericos o incluso solo el patio al sol. El proceso de secado es el más crítico de

todos, ya que tiene un papel fundamental el grado de humedad por su proliferación de hongos por exceso de humedad dejada en el grano ó por deterioro de la calidad del grano por exceso de secado. Además, esta etapa puede alargarse hasta 4 semanas según el proceso especial que se esté realizando y no está de más enfatizar que es aquí donde “se resguarda” la calidad de la taza.

- Descascarillado o Pelado: Se retira la cubierta externa (endocarpio) del grano que aún posee después del secado, trillándolo por fricción o mediante pilones, que era el método artesanal o antiguo para obtener el “grano en oro” comúnmente llamado o el grano verde (endospermo).

En la siguiente imagen, se puede apreciar los principales pasos para la fase de beneficiado seco:



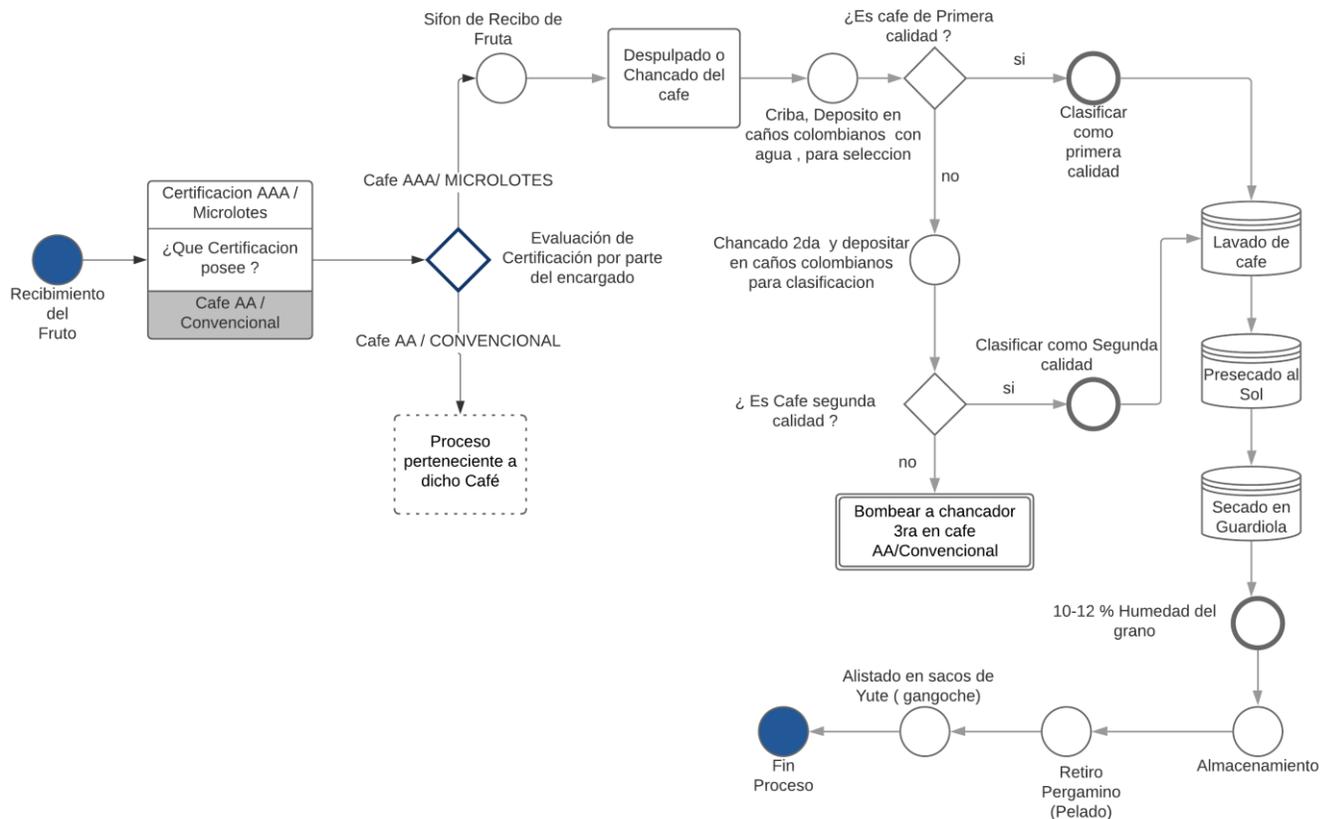
**Imagen 7.** Etapa Beneficiado 2. Fuente: Guía para el Establecimiento de Módulos para Micro-beneficiado de Café

## 2.15. Café Micro-lote

Según el Seminario de Cafés Especiales, el cual fue realizado por la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia, en la División de Estrategias y Proyectos Especiales de Comercialización “*Se consideran cafés especiales aquellos de excelente calidad donde se mantiene consistencia en sus propiedades físicas (forma, tamaño, apariencia, defectos), sensoriales (olfativas, visuales, gustativas), prácticas culturales (recolección, lavado secado, ); y en sus procesos finales” (tostion, molienda, preparación )*.

Partiendo del hecho, de la definición anterior, se puede considerar que la Categoría de *Cafés Micro-lotes* se puede homologar a dicha descripción, ya que, desde la siembra de la semilla en el almacigo (es donde se planta la semilla germinada directamente a un lote previo de tierra preparada o mediante bolsas para siembra de Frutales, para el posterior crecimiento de la planta), pasando luego por la fase de recolección del fruto en su punto óptimo de maduración ( que no sea verde, intermedio conocido como “pintón”, ni re-maduro ) hasta llegar al secado; hacen que la calidad de la taza sea el resultado de estos y múltiples factores más, en el desarrollo y proceso del grano; en el cual este último es donde existe gran variedad de métodos de beneficiado, el cual hacen que se obtenga como resultado un producto primario exclusivo, que satisfaga a los catadores más exigentes de un mercado nacional como internacional cada vez mucho más competitivo, y que dicho producto cumpla con las características o exigencias que se demandan.

En la imagen 8, se describe los principales pasos del proceso productivo para cafés micro-lotes:



**Imagen 8.** Proceso Productivo *Café Micro-lote*. Fuente: Elaboración Propia, Lucidchart

## 2.16. Tarifas Eléctricas

A continuación se presentan en la tablas, las tarifas eléctricas correspondientes a los meses de marzo y de abril del 2020, lo cuales cumplen en el tiempo establecido de cosecha con un Modelo Tarifario de Mediana Tensión (TMT).

**Tabla 1.** Tarifa Eléctrica COOPESANTOS R.L. meses de marzo y abril 2020

<b>Tarifas Eléctricas Cooperativa de Electrificación Rural Los Santos R.L (MARZO,2020)</b>		<b>Tarifas Eléctricas Cooperativa de Electrificación Rural Los Santos R.L (ABRIL,2020)</b>	
<b>Energía ¢/kWh</b>		<b>Energía ¢/kWh</b>	
<b>Periodo</b>	<b>Tarifa</b>	<b>Periodo</b>	<b>Tarifa</b>
Punta	¢75,05	Punta	¢76,19
Valle	¢30,02	Valle	¢30,47
Nocturno	¢19,31	Nocturno	¢19,60
<b>Máxima Demanda ¢/kW</b>		<b>Máxima Demanda ¢/kW</b>	
<b>Periodo</b>	<b>Tarifa</b>	<b>Periodo</b>	<b>Tarifa</b>
Punta	¢11 467,37	Punta	¢11 640,92
Valle	¢8 330,06	Valle	¢8 456,12
Nocturno	¢5 244,21	Nocturno	¢5 323,57

Fuente: Elaboración Propia

### 3.1. Comprensión de la organización y su contexto

Para obtener un mejor conocimiento de la empresa y establecer los criterios para la planificación de un sistema de gestión de energía, se deben de identificar distintos factores.

#### 3.1.1. Factores internos

Primeramente, cabe resaltar que desde sus inicios donde los procesos eran muy artesanales y manuales y luego dan paso en la industrialización; la empresa hasta mediados del año 2019, no contaba directamente con una Dirección de Producción ni de Mantenimiento, lo cual dichas responsabilidades recaían exclusivamente en una sola persona; el beneficiador o actualmente técnico beneficiador, encargado de ambas labores. La ausencia de esta separación de departamentos, hace que no se cuente con una base de datos históricos ni actuales prácticamente, ni tampoco con planes de mantenimiento registrados, por lo cual el 95% de las acciones son empíricas y de experiencia según comenta el técnico a cargo.

Los colaboradores mencionan que los equipos en cuestión utilizados cuentan con más de 50 años de operación, principalmente las secadoras cilíndricas horizontales, considerando que algunos de los equipos industriales que acompañan a estas, también poseen la misma antigüedad provocando que los más antiguos no trabajen como lo haría uno más nuevo. También han existido algunas disconformidades con los hornos que generan el calor utilizado indirectamente por las secadoras, ya que presentan modificaciones ajenas al diseño original del fabricante, provocando incluso que el ingreso del combustible (en este caso cascarilla de café o leña) constantemente se atasquen. Mismo caso sucede con los ductos de conducción de calor por medio de convección hacia los ventiladores centrífugos, los cuales sufren de golpes e incluso problemas en las compuertas de flujo o “dampers”.

Otra situación es, a la hora de carga de las secadoras, antes de iniciar el encendido de hornos y por consiguiente la introducción de calor por convección mediante los ventiladores, a veces el tiempo se prolonga por lo que se consume de forma ineficiente la energía, lapso que podría anularse sin ninguna dificultad.

### 3.1.2. Factores externos

Actualmente se gestionan proyectos que vienen a mejorar procesos e incluso a cumplir con normas internacionales como lo es la otorgada por la FDA ( Food and Drug Administration ), la cual es la responsable de las regulaciones de alimentos, medicamentos y cosméticos tanto para importaciones como nacional en los Estados Unidos de América; y también distintos objetivos intrínsecos de la empresa, como lo es mantener las certificaciones ambientales, por ejemplo, Bandera Azul Ecológica para mencionar alguna de estas.

El ahorro energético es una considerable mejora en términos financieros para la empresa por la reducción de gastos operativos que este podría otorgar. Los costos de la energía comprenden un costo elevado por lo que desconocer esta información produce especulación sobre el punto de equilibrio en la utilización de estos recursos. A nivel nacional, mediante el Plan Nacional de Energía se compromete al país al uso eficiente de los recursos, el desarrollo sostenible e incluso a la autogeneración de energía, esto con el fin de cumplir con los objetivos energéticos que se proponen y COOPEDOTA R.L. no está exenta de dichos compromisos que incluso avalúa el Instituto del Café de Costa Rica.

### 3.1.3. Partes Interesadas necesidades y expectativas

Las partes interesadas son todas las instalaciones de beneficiado de COOPEDOTA R.L. en primera instancia, solo se dará una fase inicial en la parte de secado de café,

exclusivamente del proceso de Micro-lotes; para luego poder homologarlo y extenderlo a las demás fases como segundo ciclo de mejora continua.

#### 3.1.4. Determinación de los Alcances y Limitaciones para el planteamiento del SGEN

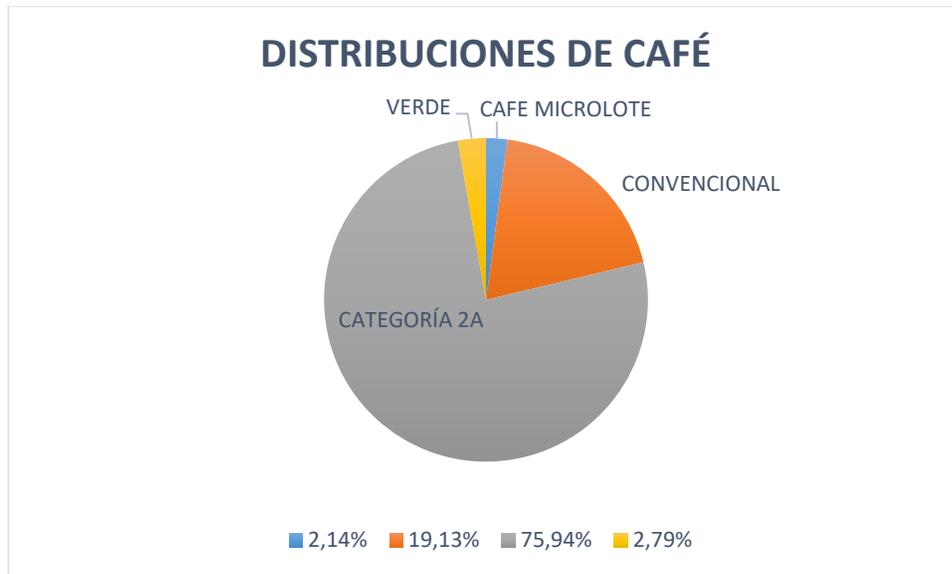
El Sistema de Gestión de la Energía estará dirigido a las instalaciones de COOPEDOTA R.L. especialmente, en la Dirección de Producción, en el proceso productivo de secado de Cafés Exclusivos Micro-lotes, lo cual dará seguimiento a los equipos que hacen un mayor uso de energía como lo son las secadoras horizontales tipo Guardiola.

Los equipos restantes dentro de dicho proceso productivo de café, como lo son las restantes secadoras tipo Guardiola, las secadoras verticales, silos entre otros, no serán abordados en el primer ciclo de mejora continua porque se considera que no forman parte del proceso de Micro-lotes. Esto puede cambiar al iniciarse el próximo ciclo.

##### *3.1.4.1. Criterios de selección proceso productivo:*

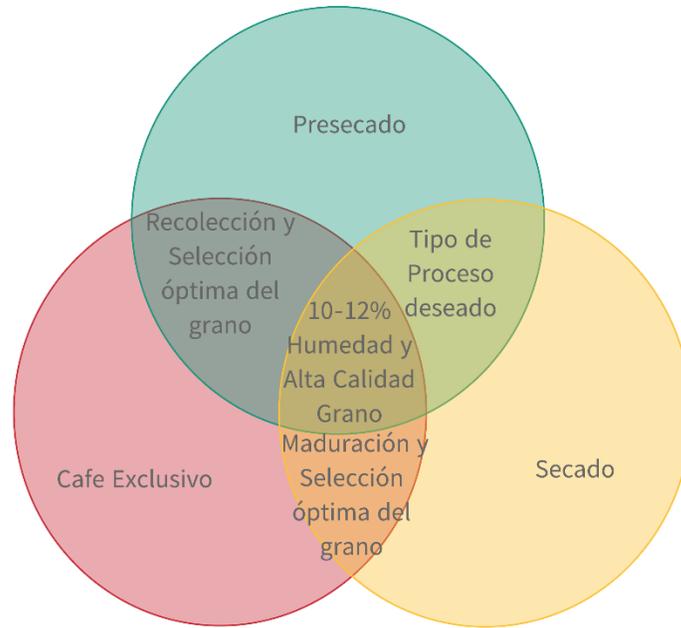
Como se puede observar en la imagen 4 del proceso productivo de la empresa; se enfatiza en el proceso de producción de *Café Micro-lote* ya que es una sola línea exclusiva de exigencias distintas que se le da al café con respecto a la línea convencional, según la Dirección de Producción, y también para poder obtener una línea base de estudio e iniciar a generar datos.

En la imagen 9, podemos observar cómo están distribuidas las distintas calidades en la cosecha 2019-2020, entre estas con un 2,14% perteneciente a Café Micro-lotes en el período de estudio de este proyecto:



**Imagen 9.** Gráfica de Distribuciones de Café en la cosecha 2019-2020. Fuente: Elaboración Propia

Se puede observar en el siguiente diagrama de Venn de la Imagen 10, principales características globales que resume un poco los lineamientos para con este proceso:



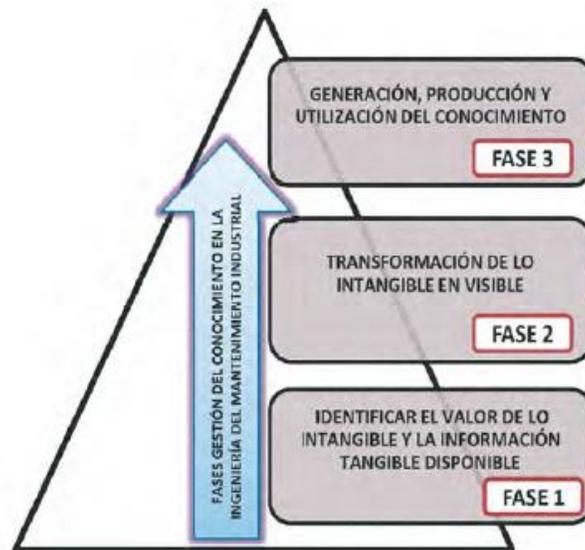
**Imagen 10.** Diagrama de Venn para el Proceso de Beneficiado Seco para Café Micro-lote.

Fuente: Elaboración Propia, Lucidchart

### 3.1.5. Liderazgo y Compromiso

Cabe destacar, que la empresa ha venido impulsando distintas iniciativas con respecto a gestión energética, pero no posee una estructura o ruta, donde la cual la alta dirección plasme un interés y compromiso energético como lo es una política energética formal.

En este Proyecto se tendrá como base intrínseca, el modelo de gestión del conocimiento como se indica en la Imagen 11, el cual, según Cárcel, 2014 se desarrolló pasando por tres fases fundamentales, desde la identificación del conocimiento intangible y tangible útil, la transformación de lo intangible en tangible, finalizando en los procesos para la generación, producción y utilización del conocimiento.



**Imagen 11.** Fases de la evolución de la gestión del conocimiento en mantenimiento industrial. Fuente: Planteamiento de un modelo de mantenimiento industrial basado en técnicas de gestión del conocimiento

*“En una primera fase fundamental, se identifica el valor del conocimiento intangible (conocimiento tácito), así como la situación de la información tangible existente (planimetría, memorias, proyectos, manuales, etc.), para en fases posteriores desbrozar o resumir la información fundamental. Para ello se deberán identificar las barreras*

*existentes para que los procesos de gestión del conocimiento sean fluidos y asumidos por la organización” (Cárcel, 2014).*

#### 4.1. Revisión y análisis de documentación disponible

##### 4.1.1. Recopilación o Información documentada

Esta sección contiene los datos recopilados y necesarios para los cálculos de indicadores para el sistema de gestión energética, estos datos deben ser actualizados siempre que inicia un nuevo ciclo de mejora continua.

Los datos que se utilizan como primarios o de entrada, serán: la cantidad o porcentajes de cantidad de café calidad Micro-lotes (3A) en fanegas fruta “FF” (20 cajuelas), los consumos de leña por cada secadora cilíndrica y la demanda eléctrica.

##### 4.1.1.1. Distribución de Café Micro-lotes

Debido a la gran cantidad de información respecto a este apartado, se recopila información de la cosecha pasada (2018-2019) y la actual (2019-2020), como se puede observar en la tabla 2:

**Tabla 2.** Distribución de Café Cosecha 2018-2019 y Cosecha 2019-2020

Distribución de calidades 2019-2020			Distribución de calidades 2018-2019		
Calidad	FF	%	Calidad	FF	%
3A	1.532,31	2,14	3A	2.327,86	3,71
Convencional	13.771,26	19,13	Convencional	59.628,97	95,06
2A	54.656,60	75,94	2A	0	0
Verde	2.010,68	2,79	Verde	773,02	1,23
<b>Total Fanegas</b>	<b>71.970,85</b>		<b>Total Fanegas</b>	<b>62.729,85</b>	

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla 3, se puede observar la cantidad de café en fanegas fruta recibida durante la cosecha 2019-2020 correspondiente a café micro-lotes:

**Tabla 3.** Fanegas Recibidas de Cafés Micro-lotes durante la Cosecha 2019-2020

Fanegas recibidas en el Micro beneficio 19-20	
Mes	FF
Diciembre	8,07
Enero	867,1
Febrero	533,84
Marzo	123,3
<b>Total</b>	<b>1532,31</b>

Fuente: COOPEDOTA R.L.

#### 4.1.1.2. Consumo de leña

En este apartado, se obtiene datos de la leña utilizada exclusivamente para el proceso de café micro-lote, durante la cosecha 2019-2020 (véase también apéndice 12):

**Tabla 4.** Datos de Leña utilizada para Cafés Micro-lotes

Proceso	Promedio de días por proceso	Carretillos /día	m <sup>3</sup> /día	m <sup>3</sup> de leña por proceso	Consumo m <sup>3</sup> / Fanega	FF procesadas
Natural	7	7	2,05	14,3	0,239	240
Miel	4	7	2,05	8,19	0,137	400
Lavado	4	7	2,05	8,19	0,137	320

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla 4 se calcula el promedio de consumo de leña por Guardiola y por fanega fruta, según el proceso utilizado en el café micro-lote. Cada “carretillo” tiene un volumen aproximado de 0,2925 m<sup>3</sup> de contenido leña, ya que cada pieza de madera es de distinta forma, pero el carretillo o carretón de acarreo es igual para todos. Según datos otorgados por COOPEDOTA R.L. cada m<sup>3</sup> de leña tiene un valor de ₡ 6900.

La Guardiola tiene capacidad de procesar 60 Fanegas de café pergamino húmedo a la vez, por lo que cada proceso tiene una duración variable dependiendo de la cantidad de FF procesadas. En la tabla 5 se muestran los datos para la cosecha 2019-2020.

Cabe destacar, que el total de fanegas que se puede apreciar en la tabla siguiente, que pertenece a 960 FF no corresponde a las 1532,31 FF de la tabla 3; ya que no todas las fanegas, en este caso las 1532,31 FF, pasan por el secado mecánico de la secadora

cilíndrica, sino más bien, todo su proceso se realiza en los patios de secado, es decir, 572,31 FF recibidas, son secadas exclusivamente al sol.

**Tabla 5.** Duración del proceso para Cafés Micro-lotes

Proceso	Capacidad procesamiento FF por semana	Cantidad FF recibidas	Duración en Semanas	Duración en Meses	Duración en días
Miel	120	400	3,33	0,83	25
Lavado	120	320	2,67	0,67	20
Natural	60	240	4	1	30
<b>Total Fanegas</b>		<b>960</b>	<b>Total meses</b>	<b>2,50</b>	

Fuente: Elaboración Propia

Otro dato importante, como se mencionó anteriormente, es el consumo eléctrico durante el período en estudio, la tabla 6 muestra monto total de recibos eléctricos para la Cosecha 2019-2020

**Tabla 6.** Facturación Eléctrica Cosecha 19-20

Recibos Eléctricos Cooperativa de Caficultores de Dota R.L (Cosecha 19-20)	
Modelo Tarifario TMT	
Periodo	Monto
Abril	₡ 3 974 290,0
Marzo	₡6 342 765,0
Febrero	₡16 941 770,0
Enero	₡21 118 135,0
Diciembre_2019	₡9 815 555,0
<b>Total</b>	<b>₡58 192 515,0</b>

Fuente: Elaboración Propia

#### 4.1.2. Definición de la política energética

La política energética es una declaración del compromiso que adquiere la Cooperativa con el sistema de gestión en cuanto a su debida ejecución, a su repetición como extensión y su eventual revisión y actualización. (véase apéndice 3) e indica incorporar cambios en la empresa para elevar el ahorro, la eficiencia energética, usando como una de las herramientas para tal fin la generación de indicadores energéticos; al mismo tiempo que se proporcione un ambiente laboral seguro y sin impactos negativos en la producción y el medio ambiente como evalúa la visión de la empresa: *“Ser una cooperativa modelo a nivel nacional e internacional llevando esencia del origen de café de nuestros asociados al mundo, a través del trabajo profesional e innovador, que promueva el desarrollo integral del territorio como líderes en el carbono neutralidad”*.

### 5.1. Planificación del Sistema de Gestión de Energía

En este apartado se presentan los equipos involucrados en el proceso de secado de café de Micro-lotes, los cuales dan el servicio para la transformación de la materia prima a sus distintos productos finales

#### 5.1.1. Equipos Fase Beneficiado Seco.

En la tabla 7 se describen los equipos según la fase de beneficiado de café, especialmente, Secadoras Cilíndricas Horizontales de tipo Guardiola, ya que son los equipos utilizados exclusivamente en el Proceso de Café Micro-lote.

**Tabla 7.** Secadoras tipo Guardiola Fase de Beneficiado Seco

Guardiola	Marca Guardiola	Capacidad (Fanegas)	Marca Motor-reductor	Especificaciones Motor-reductor
1	POSCAM	60	SHI Sumitomo Heavy Industries	3 HP, 3Ø, 1730 rpm
2	POSCAM	60	WEG	5 HP, 3Ø, 1715 rpm
3	POSCAM	60	SHI Sumitomo Heavy Industries	3 HP, 3Ø, 1730 rpm
4	POSCAM	60	SHI Sumitomo Drive Technologies	3 HP, 3Ø, 1730 rpm
5	POSCAM	60	SHI Sumitomo Heavy Industries	3 HP, 3Ø, 1730 rpm
6	POSCAM	60	SHI Sumitomo Heavy Industries	3 HP, 3Ø, 1730 rpm

<b>Guardiola</b>	<b>Marca Guardiola</b>	<b>Capacidad (Fanegas)</b>	<b>Marca Motor-reductor</b>	<b>Especificaciones Motor-reductor</b>
7	JOCA	60	SHI Sumitomo Heavy Industries	3 HP, 3Ø, 1730 rpm
8	MARCUS MASON & CO.	60	EURO MOTOR	5 HP, 3Ø, 1730 rpm
9	JOCA	60	SHI Sumitomo Drive Technologies	3 HP, 3Ø, 1730 rpm
10	JOCA	60	SHI Sumitomo Drive Technologies	3 HP, 3Ø, 1730 rpm
11	PINHALENSE	90	SIEMENS	5 HP, 3Ø, 1730 rpm
12	PINHALENSE	90	SHI Sumitomo Heavy Industries	3 HP, 3Ø, 1730 rpm
13	PINHALENSE	90	SHI Sumitomo Drive Technologies	3 HP, 3Ø, 1730 rpm
14	PINHALENSE	90	WEG	5 HP, 3Ø, 1715 rpm

Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla 7 se observan las catorce Guardiolas instaladas de las cuales, diez poseen moto-reductores de 3 HP, y las cuatro restantes poseen un moto-reductor de 5HP.

Como ya se mencionó, el trabajo desarrollado se enfocó en el proceso de micro-lotes, el cual pasa exclusivamente por la Guardiola #8, la cual es una de las que posee la mayor potencia como se mencionó anteriormente.

**Tabla 8.** Ventiladores de Secadoras tipo Guardiola Fase de Beneficiado Seco

Ventiladores de Guardiolas	Marca Motor del ventilador	Especificaciones motor del ventilador
1	BALDOR	15 HP, 3Ø,1760 rpm
2	-----	12 HP, 3Ø,1750 rpm
3	HIMMELWERK AG	12 HP, 3Ø, 1730 rpm
4	-----	15 HP, 3Ø, 1760 rpm
5	-----	15 HP, 3Ø,1760 rpm
6	BALDOR SUPER E	10 HP, 3Ø,1770 rpm
7	BALDOR	10 HP, 3Ø
8	BALDOR	15 HP, 3Ø,1760 rpm
9	-----	15 HP, 3Ø,1760 rpm
10	MAGNETEC	15 HP, 3Ø, 1760 rpm
11	FFD	7,5 HP, 3Ø,1740 rpm
12	WEG	7,5 HP, 3Ø,1740 rpm
13	-----	15 HP, 3Ø, 1760 rpm
14	SIEMENS	15 HP, 3Ø, 1760 rpm

Fuente: Elaboración Propia

De la misma manera, en la Tabla 8 se detalla para cada una de las catorce Guardiolas instaladas, la marca y especificaciones eléctricas del ventilador centrífugo para el transporte de calor proveniente de los hornos, por convección forzada; y de los cuales ocho poseen moto-reductores de 15 HP, dos de 12 HP, dos de 10 HP y los dos restantes poseen un motor de 7,5 HP.

Los nombres no escritos en algunos casos dentro de sección de “marca de motor”, no se registran debido a que la placa está en mal estado y el nombre no se pudo corroborar.

Como ya se mencionó, el trabajo desarrollado se enfocó en el proceso de micro-lotes, el cual pasa exclusivamente por la Guardiola #8, la cual es una de las que posee la mayor potencia como se mencionó anteriormente.

#### 5.1.2. Proceso Micro-lote

En las tablas 9 y 10 se describen los equipos exclusivos instalados según las dos Fases de Beneficiado de Café, para el Proceso de Café Micro-lote.

En el caso del beneficiado húmedo, se especifica en la tabla 9:

**Tabla 9.** Equipos del “Micro-beneficio” involucrados en el Proceso de Beneficiado Húmedo de Café Micro-lote en COOPEDOTA R.L.

Sección	Equipo	Especificaciones
Beneficiado Húmedo	1 Sifón de recibo del café	Café Micro-lote AAA y Café AAA Proceso Especial
	1 Motor para tornillo sin fin “bazuca”	1750 rpm, 3HP, 3 Ø, LINCOLN
	1 Tornillo sin fin	12 in de hélice, 6m de

Sección	Equipo	Especificaciones
	“bazuca”	largo
	1 Motor reductor para tornillo transportador	1700 rpm, 3 HP, 3Ø
	1 Tornillo sin fin transportador	9 in de hélice, 9m de largo
	1 Motor reductor para tornillo alimentador de chancado	1700 rpm, 1 HP, 3Ø, EUROMOTOR
	1 Tornillo sin fin alimentador de chancado	9 in de hélice, 3m de largo
	2 Despulpadoras Café Primera	DESACAFE, operados por transmisión de engranes y cadenas de un Motor principal de 1740rpm, 10HP, 3Ø, BALDOR
	1 Seleccionador tipo “criba”	Por transmisión de engranes y cadenas de un Motor principal de 1740rpm, 10HP, 3Ø, BALDOR
	1 Tornillo sin fin para carga de la criba	6 in de hélice, 2.5 m de largo
	1 Demucilaginadora	20 HP, 1760 rpm , 3Ø BALDOR
	1 Motor reductor para tornillo sin fin descarga de broza	2 HP, 3Ø,
	1 Tornillo sin fin descarga broza	9 in de hélice, 12m de largo
	1 Bomba para despulpadores de primera	Motor de 1750 rpm, 5.5 HP, 3Ø, FHP
	1 Bomba Sifón de Proceso Especial	Motor de 1750 rpm, 7.5 HP, 3Ø

Sección	Equipo	Especificaciones
	2 Despedregadores	Sifón Proceso especial
	1 Despulpadora café tercera	BENDIG, operado por transmisión de engranes y cadenas de un Motor principal de 1740 rpm, 10HP, 3Ø, BALDOR
	1 Bomba para despulpadores de tercera	Motor de 1750 rpm, 5HP, BALDOR
	1 Caño colombiano	Seleccionador por peso

Fuente: Elaboración Propia

En la imagen 12, se puede observar lo descrito en la tabla 9 mediante una foto tomada en campo



**Imagen 12.** Foto de Micro-beneficio para Proceso Café Micro-lote Fuente: Elaboración Propia

De igual manera, en la tabla 10 se especifican los equipos involucrados para el beneficiado seco:

**Tabla 10.** Equipos involucrados en el Proceso de Beneficiado Seco de Café Micro-lote en COOPEDOTA R.L.

Sección	Equipo	Especificaciones
Beneficiado Seco	1 patio secado	
	1 Horno para la secadora tipo Guardiola	Secadora marca MARCUS MASON & CO, 60 Fan.Perg.Hum capacidad de secado
	1 Motor reductor para Secadora tipo Guardiola	5 HP, 3Ø, 1730 rpm, EUROMOTOR
	1 Motor para Ventilador Centrifugo	15 HP, 3Ø, 1760 rpm, BALDOR

Fuente: Elaboración Propia

En la imagen 13 se puede observar el momento exacto donde se carga la Guardiola con capacidad de 60 fanegas pergamino húmedo, café previamente pre-secado en los patios al sol, con el café exclusivo micro-lotes:



**Imagen 13.** Foto de Carga de la Secadora Horizontal Cilíndrica tipo Guardiola utilizada para el Proceso de Café Micro-lote. Fuente: Elaboración Propia

En la imagen 14, se puede observar el horno exclusivo para la generación de calor para la Guardiola respectiva del proceso café micro-lotes:



**Imagen 14.** Foto de horno de fabricación intrínseco exclusivo para la Guardiola utilizada en el Proceso de Café Micro-lote. Fuente: Elaboración Propia

## 5.2. Operación del Sistema de Gestión de Energía

### 5.2.1. Medidor de Energía Multifuncional

Para poder efectuar las mediciones de energía en la secadora cilíndrica (Guardiola) de procesos de micro-lotes, se adquiere un medidor multifuncional trifásico *YIGEDIANQI*, que cumpliera con las características de la red instalada y los valores nominales de operación de los equipos.

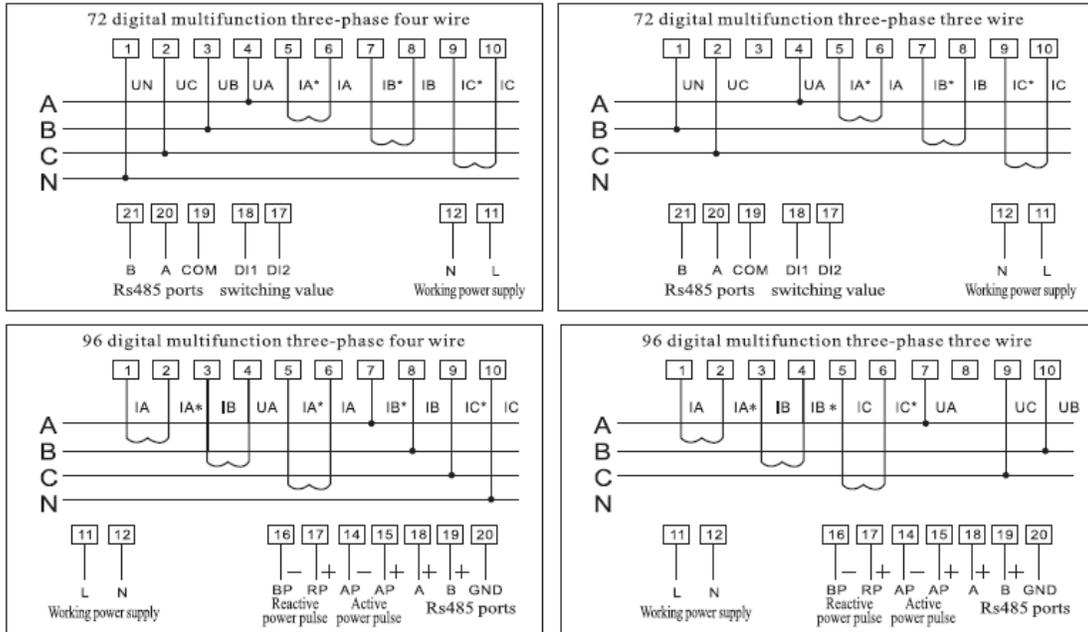


**Imagen 15.** Medidor de energía multifuncional trifásico YIGEDIANQI 230/240 V, 50-60 Hz. Fuente: Amazon (2019).

Como se puede observar el medidor en la imagen 15, este dispositivo posee un “accuracy class” de 0,5%, existiendo un porcentaje de error límite de  $\pm 1,3$  (como se puede corroborar en la imagen 19 más adelante); lo cual es aceptable en comparación con las demás clases, ya que a mayor magnitud de clase mayor posibilidad de inexactitud, y a menor magnitud mayor exactitud.

También, este dispositivo posee varias alternativas de alambrado, siendo este confiable y fácil de conectar; todo depende de si la red trifásica posee 4 hilos o 3, donde exclusivamente, 3 de los hilos se refiere a las fases “activas” de la red. En este caso, se escogió la alternativa de 3 fases- 4 cables, como se puede apreciar en la imagen 16 la esquina superior izquierda de la misma.

### 3.3 terminal wiring diagram



**Imagen 16.** Diagrama de conexiones del medidor de energía multifuncional trifásico YIGEDIANQI 230/240 V, 50-60 Hz. Fuente: Amazon (2019).

En la imagen 17 se puede apreciar la medición de Tensión de Línea y de Fase de la red instalada en el Área de Secado, donde se encuentran todas las secadoras horizontales; mediante la pantalla del medidor.



**Imagen 17.** Foto en campo de pantalla del medidor de energía multifuncional trifásico YIGEDIANQI. Fuente: Propia

Además de la medida de energía en kWh, el dispositivo mide también corriente, potencia activa, potencia reactiva y potencia aparente, además de medir el factor de potencia y la frecuencia como se puede apreciar en la imagen 18.



**Imagen 18.** Foto en campo de pantalla del medidor de energía multifuncional trifásico YIGEDIANQI. Fuente: Propia

Se debe asegurar que el equipo utilizado para la medición de las características más importantes, sean datos precisos y repetibles; es aquí donde la empresa debe conservar la información documentada sobre las mediciones y darle su debido seguimiento y repetición.

### 5.2.2. Exactitud y confiabilidad del equipo de medición

Dado que la precisión de todo equipo de medición, depende de la carga del sistema, *IEC* /as lo cual es una Comisión Electrotécnica Internacional “*International Electrotechnical Commission*” o “*IEC*” por sus siglas en inglés, ha desarrollado distintos estándares para definir la precisión en diferentes condiciones de carga. Esto se conoce como "Clase de precisión" o “Accuracy Class”.

La norma IEC 62053-11: 2003 cubre la clase de precisión 0.5, 1.0 y 2 de medidores electromecánicos/electrónicos para la medición de energía eléctrica activa (Wh) de corriente alterna en redes de 50 Hz o 60 Hz; para aplicaciones en interiores y exteriores que

consisten en un elemento de medición y registro (s) encerrados juntos en una caja de medidor. Dicha norma es avalada también por Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica INTECO, mediante la INTE/IEC 62052-11:2018.

Esto significa que la clase de precisión, se representa como un porcentaje de la lectura en condiciones de carga completa y factor de potencia unitario. Sin embargo, la precisión se deteriora en condiciones de menor carga cuando el factor de potencia es menor que la unidad para lo cual también contempla la norma predicha anteriormente.

Value of current		Power factor	Percentage error limits for meters		
for direct connected meters	for transformer operated meters		0,5	1	2
$0,05 I_b \leq I < 0,1 I_b$	$0,02 I_n \leq I < 0,05 I_n$	1	$\pm 1,0$	$\pm 1,5$	$\pm 2,5$
$0,1 I_b \leq I \leq I_{max}$	$0,05 I_n \leq I \leq I_{max}$	1	$\pm 0,5$	$\pm 1,0$	$\pm 2,0$
$0,1 I_b \leq I < 0,2 I_b$	$0,05 I_n \leq I < 0,1 I_n$	0,5 inductive	$\pm 1,3$	$\pm 1,5$	$\pm 2,5$
		0,8 capacitive	$\pm 1,3$	$\pm 1,5$	-
$0,2 I_b \leq I \leq I_{max}$	$0,1 I_n \leq I \leq I_{max}$	0,5 inductive	$\pm 0,8$	$\pm 1,0$	$\pm 2,0$
		0,8 capacitive	$\pm 0,8$	$\pm 1,0$	-
When specially requested by the user: from					
$0,2 I_b \leq I \leq I_b$	$0,1 I_n \leq I \leq I_n$	0,25 inductive	$\pm 2,5$	$\pm 3,5$	-
		0,5 capacitive	$\pm 1,5$	$\pm 2,5$	-

Table 1: Class 0.5 Meter Accuracy

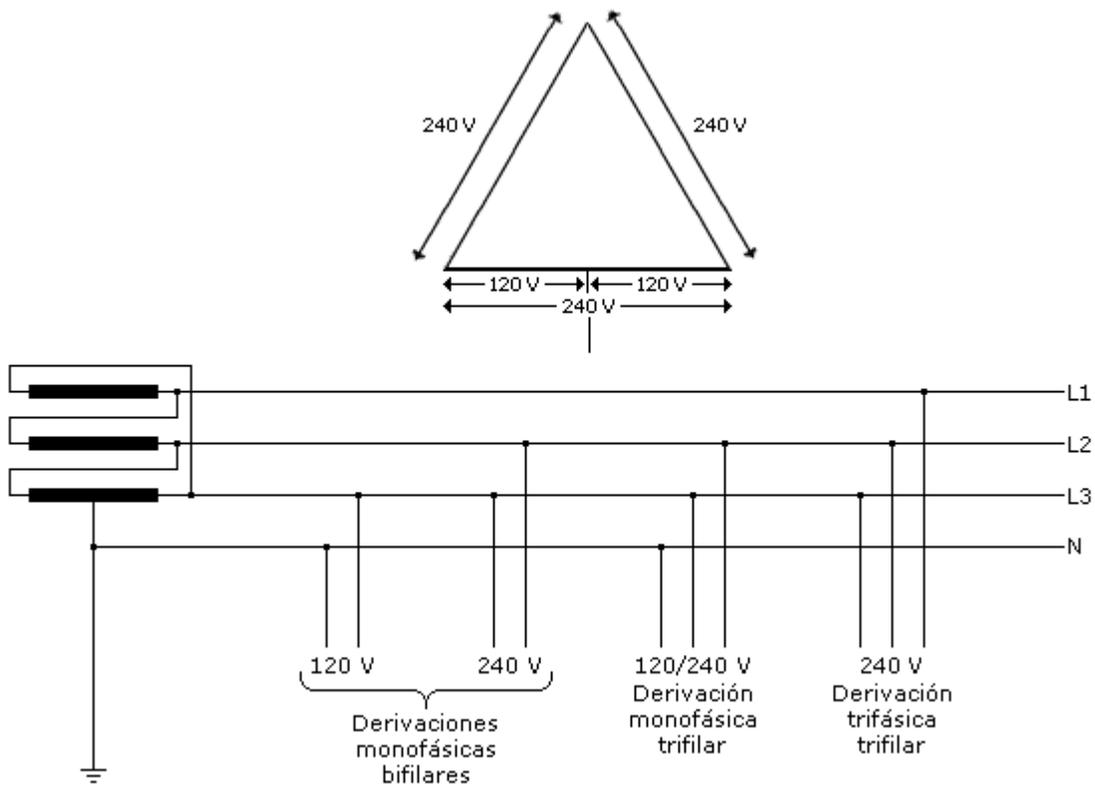
**Imagen 19.** Clase 0.5 Precisión del medidor. Fuente: SATEC (2018).

### 5.3. Evaluación del Sistema de Gestión de Energía

Con fin de poder ejecutar el sistema de gestión, se toman mediciones tanto para el motor-reductor como el ventilador centrifugo de la secadora cilíndrica (Guardiola) correspondiente al proceso de micro-lotes, ya que es el objeto de estudio principal.

### 5.3.1. Red de Distribución Eléctrica instalada en la empresa

Para poder incorporar un equipo de medición de energía, como el que se plantea en este apartado, lo primero es conocer la red de distribución eléctrica de la empresa. La red instalada tiene una característica, ya que es distribuida mediante un suministro trifásico en delta. Esto ocurre cuando se conectan las bobinas del secundario del transformador en delta, siendo la tensión de cada bobina de 240 V, tomando una de las bobinas en forma media, la cual se conecta a neutro. A partir de eso, se pueden realizar una distribución de 4 hilos donde se pueden obtener derivaciones trifásicas a 240 V y también monofásicas a 120 V, 120/240 y 240 V como se puede observar en la siguiente imagen:



**Imagen 20.** Posibles derivaciones de una red trifásica 120/240 V. Fuente: Electro-zona

### 5.3.2. Generalidades de las mediciones

Previo al accionamiento del ventilador centrífugo por convección de calor proveniente de los hornos, se necesita tener en cuenta las variables de funcionamiento del horno y secadora, las cuales se describen en la tabla 11.

**Tabla 11.** Variables del Horno y Secadora

<b>Variables de Operación del Horno</b>	
Temperatura mínima	250°C
Temperatura máxima	600°C
Temperatura ideal	400°C - 420°C
<b>Variables de Operación para la Guardiola</b>	
Temperatura mínima	40°C
Temperatura máxima	50°C
Temperatura ideal	45°C
<b>Temperatura ambiente</b>	30°C - 32°C
<b>Temperatura en área de trabajo de la Guardiola</b>	35°C - 37°C

Fuente: Elaboración Propia

Estas variables son muy importantes, ya que influye de manera directa en las mediciones. También, las condiciones ambientales juegan un papel fundamental, ya que en periodo de verano, en los meses de noviembre hasta marzo se puede alcanzar una temperatura de hasta 34°C en su día más caluroso, y también tener temperaturas de hasta 15°C o inferiores en las madrugadas, mañanas y noches según el IMN, 2020 (Instituto Meteorológico Nacional de Costa Rica). Por último, se debe tomar en cuenta que el accionamiento de los hornos previamente para alcanzar el calor óptimo para las secadoras, puede durar de 10 minutos hasta 20 minutos promedio dependiendo de las condiciones anteriores.

La definición de horario de operación de los equipos, se abarca de la siguiente manera:

- Periodo Pico: Comprendido entre las 10:01 hasta las 12:30 horas y entre las 17:01 hasta las 20:00 horas
- Periodo Valle: Comprendido entre las 6:01 hasta las 10:00 horas y entre las 12:31 hasta las 17:00 horas
- Periodo Nocturno: Comprendido entre las 20:01 hasta las 6:00 horas del día siguiente.

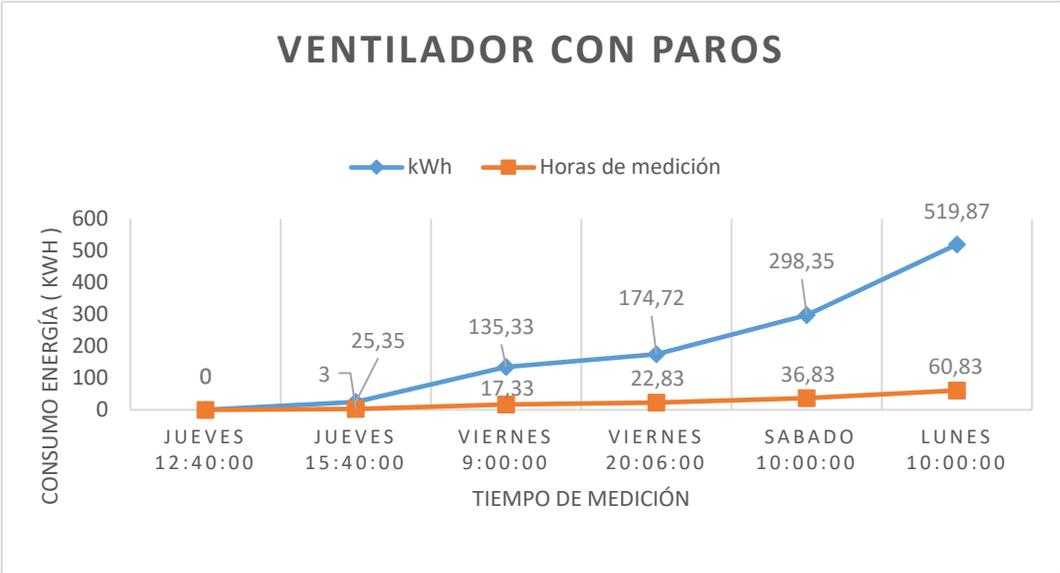
Se realizan varios análisis respecto a los equipos; primero se analiza el ventilador sin paros por periodo pico como también con paros por periodo valle; se toma de esa manera, ya que durante la cosecha la mayoría del tiempo no se realizan paros solo al finalizar de la misma (casi siempre el último mes), y el equipo de mayor consumo es el ventilador. Luego de este se analiza el motor de la Guardiola, teniendo la misma cargada y vacía en periodo nocturno; cabe destacar que no se logra la medición durante el día, pero al ser un equipo pequeño relativamente en comparación al anterior, no provoca gran impacto en su diferencia.

Con respecto a las mediciones, se toman en cuenta los datos de consumo (kWh) medidos según los intervalos de tiempo (h); iniciando desde la hora cero hasta la hora final de medición. Los datos o mediciones tomados como válidos, se consideran aquellos que son el resultado del promedio de las mediciones de demanda (kW) las cuales se obtienen a partir de la sumatoria de dichos datos entre el total de mediciones, dichas mediciones están distribuidas en intervalos respectivos de horas de medición en un momento dado; estos intervalos son horas acumulativas de medición, siendo el último intervalo el total acumulado.

### 5.3.3. Mediciones en ventilador centrífugo con paros por hora pico.

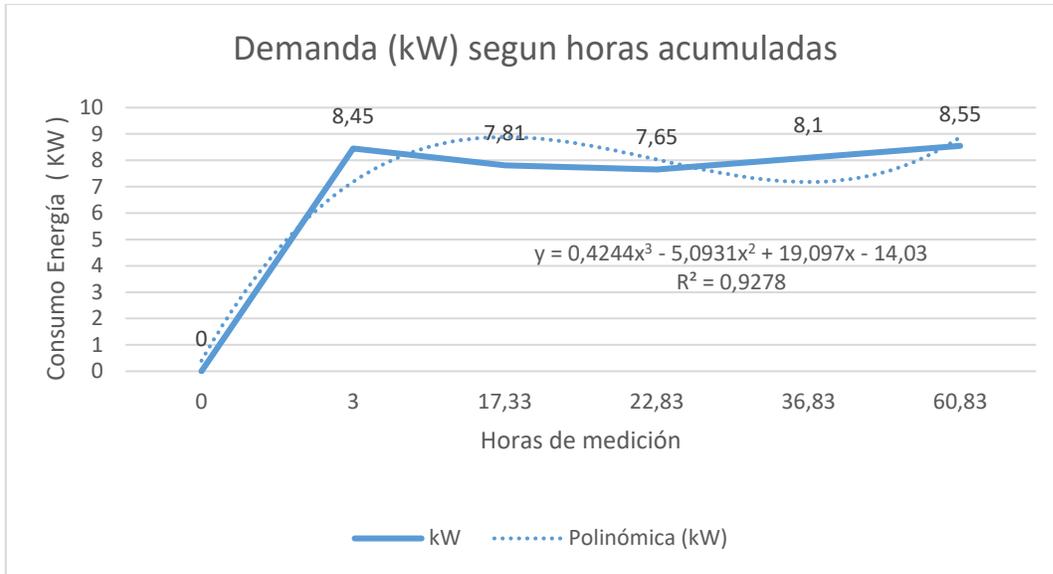
En este caso, se tiene la característica que el ventilador ya en operación se detiene por tiempo de hora pico, por lo que es necesario realizar varias mediciones para poder encontrar un perfil del mismo.

De la imagen 21 se puede apreciar, un total de 60,83 horas de medición, distribuidas en distintos días y lapsos de tiempo y como se puede corroborar en el apéndice 5 que corresponde a los datos tabulados en campo. Cada hora tiene un periodo acumulativo comenzando de 0 kWh a las 0 horas, concluyendo hasta  $(520 \pm 1,3)$  kWh a las 60, 83 horas como se puede observar en la gráfica:



**Imagen 21.** Grafica de ventilador con paros. Fuente: Elaboración Propia

En la imagen 22, se tiene los datos de kW según las horas acumuladas en los días medidos. Por ejemplo para el día jueves a las 3 horas de medición, se tiene una demanda de  $(8,45 \pm 1,3)$  kW.



**Imagen 22.** Grafica de regresión para ventilador con paros. Fuente: Elaboración Propia

Se puede observar en la gráfica 22, que el coeficiente de determinación es muy aceptable, ya que según la gráfica polinómica se acerca a un valor de 1, por lo que el coeficiente de relación (r) o coeficiente de Pearson, da un valor de 0,96 y refleja que la pareja de datos expuestos tienen una alta relación y no son independientes.

**Tabla 12.** Datos válidos para el ventilador con paros

Horas de Medición acumuladas (h)	Demanda (kW)
3	8,45
17,33	7,81
22,83	7,65
36,83	8,1
60,83	8,55
<b>Promedio (kW)</b>	<b>8,11</b>

Fuente: Elaboración Propia

Tomando en cuenta lo expuesto en la tabla 12 y la gráfica de regresión de la imagen 22, se determina como línea base energética (LBEn) para el sistema de gestión (SGEn) el valor de  $(8,11 \pm 1,30)$  kW como demanda del ventilador con paros en periodo valle.

#### 5.3.4. Mediciones en ventilador centrífugo sin paros.

Dado a que la operación del ventilador en este caso no tiene la limitante respecto del equipo a soportar (en este caso la Guardiola), tampoco es interrumpido por paros, y depende solo del horno para generar calor; se realiza dos intervalos de tiempo para esta medición, donde se puede obtener las mediciones necesarias:

**Tabla 13.** Datos válidos para ventilador sin paros

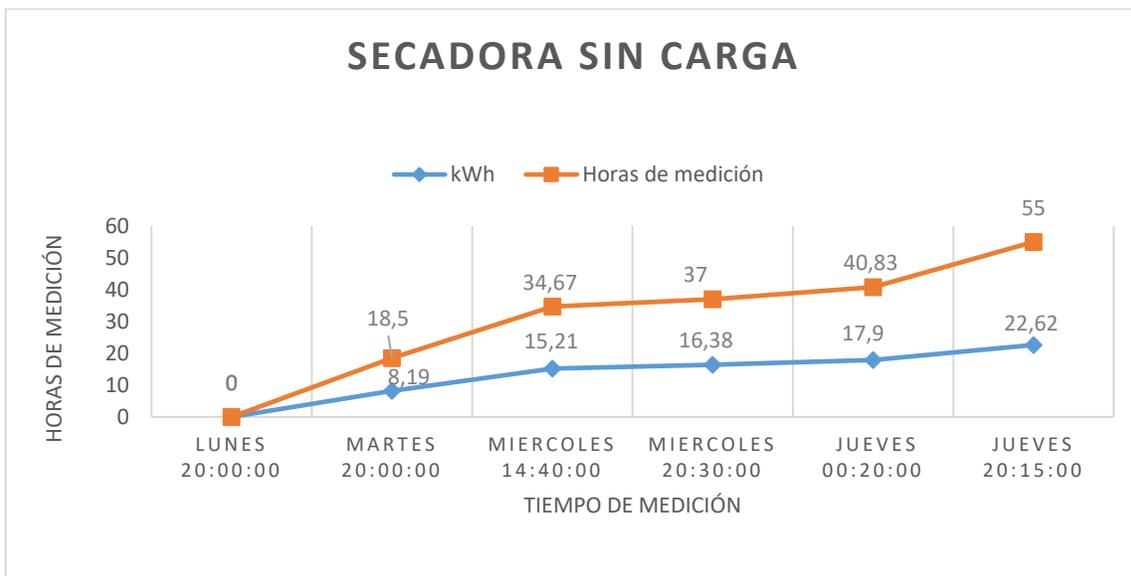
Horas de Medición día (h)	Demanda (kW)	Horas de Medición noche (h)	Demanda (kW)	Horas de medición acumuladas (h)
8,33	7,89	5,5	7,85	13,83

Fuente: Elaboración Propia

En este caso, las mediciones realizadas fueron en intervalos de 8,33 horas y 5,5 horas para un total de 13,83 horas de medición acumuladas y como se puede corroborar en el apéndice 6 que corresponde a los datos tabulados en campo. Se puede observar mediante la tabla 13 que se puede discernir de las horas día como de noche, por lo que se tomara como LBEn del SGEn cada valor respectivo;  $(7,89 \pm 1,30)$  kW como demanda del ventilador sin paros en el período pico (día) y  $(7,85 \pm 1,30)$  kW como demanda de ventilador sin paros en el período pico (noche).

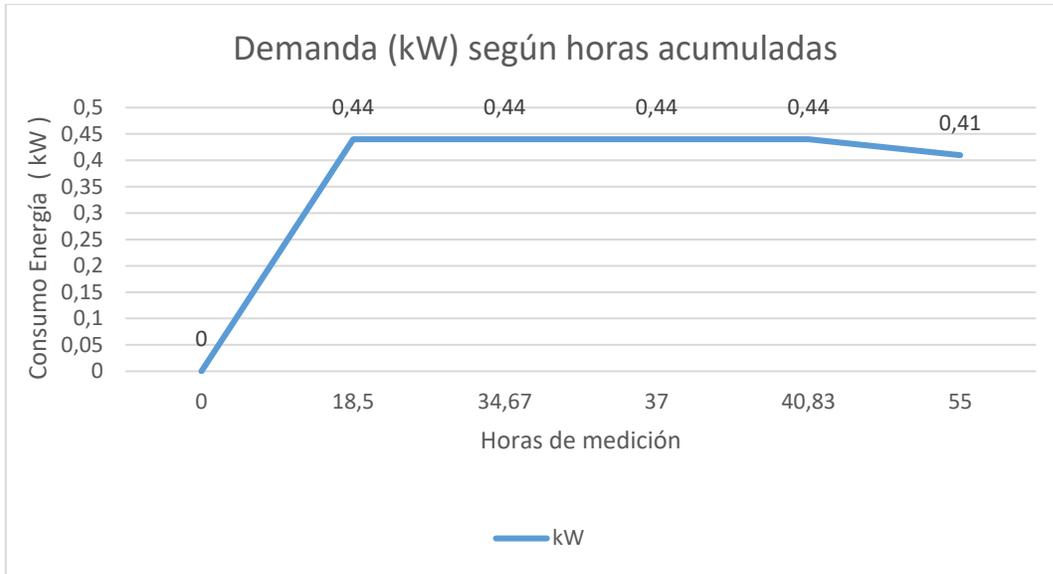
### 5.3.5. Mediciones en la secadora cilíndrica (Guardiola) en vacío.

De la imagen 23 se puede apreciar, un total de 55 horas de medición, distribuidas en distintos días y lapsos de tiempo. Cada hora tiene un periodo acumulativo comenzando de 0 kWh a las 0 horas, concluyendo hasta  $(22,6 \pm 1,3)$  kWh a las 55 horas como se puede corroborar en el apéndice 7 que corresponde a los datos tabulados en campo



**Imagen 23.**Gráfica de secadora sin carga. Fuente: Elaboración Propia

De la misma forma que para el ventilador con paros, en la siguiente gráfica, se tiene los datos de kW según las horas acumuladas en los días medidos. Por ejemplo, para el día martes a las 18,5 horas de medición, se tiene una demanda de  $(0,44 \pm 1,3)$  kW.



**Imagen 24.** Gráfica de tendencia para secadora sin carga. Fuente: Elaboración Propia

**Tabla 14.** Datos válidos para secadora sin carga

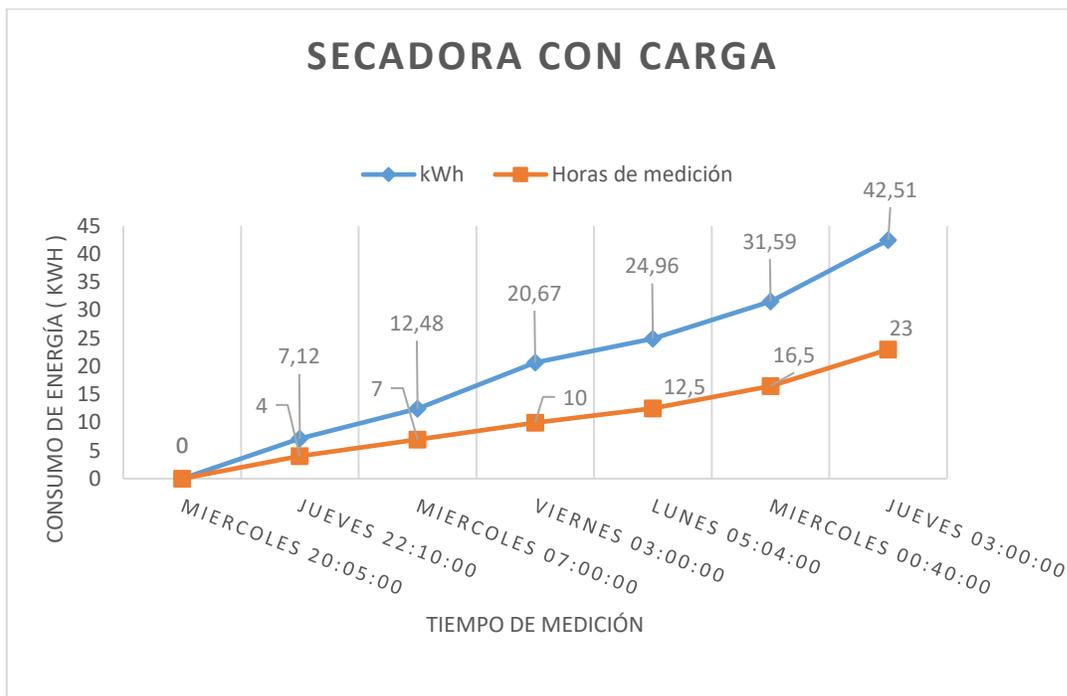
Horas de Medición acumuladas (h)	Demanda (kW)
18,5	0,44
34,7	0,44
37,0	0,44
40,8	0,44
55,0	0,41
<b>Promedio (kW)</b>	<b>0,43</b>

Fuente: Elaboración Propia

Tomando en cuenta lo expuesto en la tabla 14 y la gráfica de la imagen 24, se determina como LBE<sub>n</sub> para el SGE<sub>n</sub> el valor de  $(0,43 \pm 1,30)$  kW como demanda de la secadora en vacío en período nocturno.

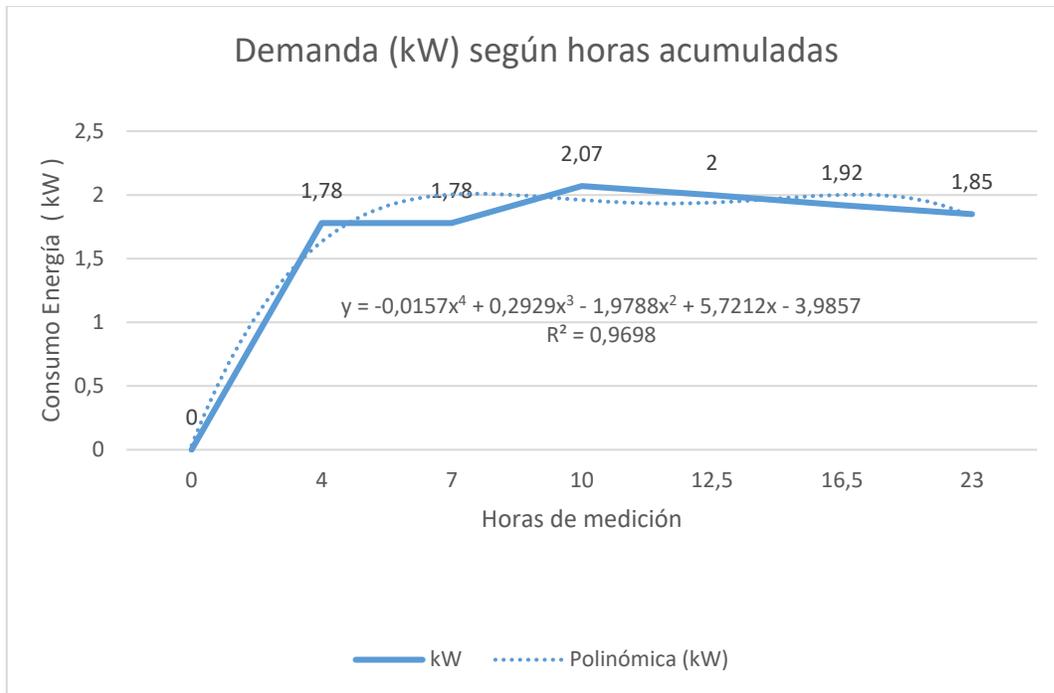
### 5.3.6. Mediciones en la secadora cilíndrica (Guardiola) a plena carga.

De la imagen 25 se puede apreciar, un total de 23 horas de medición, distribuidas en distintos días y lapsos de tiempo. Cada hora tiene un periodo acumulativo comenzando de 0 kWh a las 0 h, concluyendo hasta  $(42,5 \pm 1,3)$  kWh a las 23 horas como se puede corroborar en el apéndice 8 que corresponde a los datos tabulados en campo



**Imagen 25.** Grafica de secadora con carga. Fuente: Elaboración Propia

De igual manera que con la secadora vacía, en la siguiente gráfica, se tiene los datos de kW según las horas acumuladas en los días medidos. Por ejemplo, para el día jueves a las 4 horas de medición, se tiene una demanda de  $(1,78 \pm 1,3)$  kW.



**Imagen 26.** Gráfica de regresión para secadora con carga. Fuente: Elaboración Propia

Se puede observar en la imagen 26, que el coeficiente de determinación es muy aceptable, ya que según la gráfica polinómica se acerca a un valor de 1, por lo que el coeficiente de relación (r) o coeficiente de Pearson, da un valor de 0,98 y refleja que la pareja de datos expuestos tienen una alta relación y no son independientes.

**Tabla 15.** Datos válidos para secadora con carga

<b>Horas de Medición acumuladas (h)</b>	<b>Demanda (kW)</b>
4	1,78
7	1,78
10	2,07
12,5	2
16,5	1,92
23	1,85
<b>Promedio (kW)</b>	<b>1,90</b>

Fuente: Elaboración Propia

Tomando en cuenta lo expuesto en la tabla 15 y la gráfica de regresión de la imagen 26, se determina como LBEn para el SGEN el valor de  $(1,90 \pm 1,30)$  kW como demanda de la secadora en plena carga en periodo nocturno.

### 5.3.7. Cálculo de Monto Eléctrico del Procesamiento del Café Micro-lotes en la Cosecha 2019-2020

Para calcular el monto que se paga durante el período de procesamiento del café se procedió a utilizar dos criterios y luego comparar los resultados entre sí:

#### 5.3.7.1. Por representatividad en el volumen procesado medido en FF

Como se puede observar en la tabla 16, se tomó el monto total del consumo eléctrico el cual corresponde a ¢ 58 192 515,00 y se calcularon los consumos aproximados a cada calidad

de café según el volumen de recibido correspondiente en la Cosecha 2019-2020 para lo cual café micro-lote tiene un consumo de ¢ 1 245 319,82:

**Tabla 16.** Monto Eléctrico según volumen de procesamiento de café

	<b>% Volumen procesado de café durante la cosecha 2019-2020</b>	<b>Consumo Eléctrico Aproximado</b>
<b>Café Micro-lote</b>	2,14	¢ 1 245 319,82
<b>Convencional</b>	19,13	¢ 11 132 228,12
<b>2A</b>	75,94	¢ 44 191 395,89
<b>Verde</b>	2,79	¢ 1 623 571,17
	<b>Total Monto Eléctrico periodo 2019-2020</b>	<b>¢ 58 192 515</b>

Fuente: Elaboración Propia.

#### 5.3.7.2. Por representatividad en el consumo eléctrico

En la tabla 17, tomando en cuenta el consumo total por electrificación, el cual tiene un monto de ¢ 58 192 515,00; según el Departamento de Contabilidad, el monto de la facturación eléctrica actualmente se divide en 3 grandes grupos, de los cuales el beneficiado de café representa un 85% del consumo total, y el 15% restante se reparte en: Oficinas y almacén de suministros 12,5 % y la cafetería un 2,5%. Esto da como resultado ¢ 49 463 637,75 de consumo eléctrico correspondiente a beneficiado al cual se le aplicara el porcentaje respectivo al proceso micro-lote (2,14% del total de café procesado) el cual da un consumo de ¢ 1 058 521,85. La parte de la tostadora o torrefacción es otro gran grupo, pero este tiene su facturación aparte, además que en este estudio no se toma en cuenta esta área.

**Tabla 17.** Monto Eléctrico según el sector de la Cooperativa

	<b>% Representatividad Energía Eléctrica Aproximado</b>	<b>Consumo Eléctrico Aproximado</b>	<b>Consumo Café Micro-lote según el aproximado</b>
<b>Beneficio</b>	85	₡ 49 463 637,75	2,14% del total de café procesado
<b>Oficinas-Suministros</b>	12,5	₡ 7 274 064,375	No aplica
<b>Cafetería</b>	2,5	₡ 1 454 812,875	No aplica
	<b>Total Monto Eléctrico período 2019-2020</b>	<b>₡ 58 192 515</b>	<b>₡ 1 058 521,85</b>

Fuente: Elaboración Propia.

En la tabla 18 se tiene la comparación de los valores del costo eléctrico en el proceso de micro-lote, y se puede considerar que tomando en cuenta la variable del monto aproximado del 85% de la facturación eléctrica para el beneficiado, y el 2,14% directo que es lo referente al porcentaje de volumen de café micro-lote recibido en toda la cosecha 2019-2020, se puede determinar que el margen de error es relativamente bajo, para lo cual se toma como insignificante dado a que la diferencia neta es de ₡ 186 797,97 por lo que dicho monto comparado a los ₡ 59 000 000,00 aproximadamente de la facturación total es irrelevante.

Se tomará como datos válidos de facturación eléctrica para el proceso micro-lote el perteneciente a los 2,14% del volumen de la cosecha total, por ser una medición cualitativa y por estar directamente relacionado a la producción y no en una estimación que impacta a otras áreas, cuyo monto es de ₡ 1 245 319,82

**Tabla 18.** Monto Eléctrico del Proceso de Café Micro-lote.

Mes	FF	%	Monto Eléctrico ¢ con el 85% del costo total, correspondiente al beneficiado	Monto Eléctrico ¢ con el 2,14 % del volumen total de procesamiento	% error
Diciembre	8,07	0,01	5574,77	6558,55	15
Enero	867,1	0,57	598993,87	704698,67	15
Febrero	533,84	0,35	368777,40	433855,77	15
Marzo	123,3	0,08	85175,81	100206,83	15
<b>Total</b>	<b>1532,31</b>		<b>¢ 1 058 521,85</b>	<b>¢ 1 245 319,82</b>	

Fuente: Elaboración Propia.

Se realiza esta comparación, ya que se necesitara posteriormente el valor del monto eléctrico para café micro-lotes, para poder analizar el indicador “IE” como se puede corroborar en el apéndice 11.

El porcentaje de error fue calculado con la siguiente fórmula:

$$\% \text{ error} = \left| \frac{\text{valor aproximado} - \text{valor exacto}}{\text{valor exacto}} \right| * 100\%$$

Donde los valores tomados como aproximados son los que representan el 85% de la representatividad de la energía eléctrica, mientras que los valores exactos son el 2,14% respectivo al volumen de café correspondiente a micro-lotes del total recibido.

6.1. Balance de Energía para la obtención de indicadores energéticos

Tomando en consideración las mediciones que se realizaron en el capítulo anterior, especialmente en el apartado de la evaluación del sistema de gestión energética y el anexo 1 de rendimiento de café, se logra recopilar los siguientes datos presentados en la Tabla 19:

**Tabla 19.** Consumo Energético según los equipos por subproceso

Proceso de Micro-lotes					
Subproceso 3A	Cantidad FF recibidas	Cantidad Fan.Perg. Húm. procesadas	Demanda (kW)	Duración proceso (horas)	Consumo Energía del subproceso (kWh)
Ventilador Centrífugo con paros					
Miel	400,00	200,48	8,11	737,50	5.981,13
Lavado	320,00	109,18		590,00	4.784,90
Natural	240,00	221,09		885,00	7.177,35
Ventilador Centrífugo sin paros (día)					
Miel	400,00	200,48	7,89	600,00	4.734,00
Lavado	320,00	109,18		480,00	3.787,20
Natural	240,00	221,09		720,00	5.680,80
Ventilador Centrífugo sin paros (noche)					
Miel	400,00	200,48	7,85	600,00	4.710,00
Lavado	320,00	109,18		480,00	3.768,00
Natural	240,00	221,09		720,00	5.652,00
Secadora Cargada					
Miel	400,00	200,48	1,90	600,00	1.140,00
Lavado	320,00	109,18		480,00	912,00
Natural	240,00	221,09		720,00	1.368,00

Fuente: Elaboración Propia.

Se puede observar en la Tabla 19, que la duración en los subprocesos varía y por ende el consumo en kWh, y entre estos, el caso exclusivo del ventilador con paros; esta diferencia ocurre dado a que por día existe un total de 5,5 h totales de paro por período de hora pico, caso que no existe en el ventilador sin paros.

Es importante resaltar que la diferencia en el consumo del ventilador sin paros entre la noche y el día es prácticamente mínimo, siendo levemente mayor en el día; por lo que para la secadora cargada se puede aplicar el mismo criterio, además de ser este un equipo de menor potencia.

Como se mencionó anteriormente en las generalidades de las mediciones, dado a que la mayoría de la cosecha se utiliza el método de no realizar paros (hasta el último mes o “cierre de cosecha”), se considera especialmente el periodo de hora pico para el ventilador sin paros por ser el de mayor criticidad en el costo energético al igual que la secadora, pese a que el mayor consumo se realiza cuando existen paros. El mismo criterio se puede aplicar para el ventilador con paros, donde el periodo de mayor criticidad por costo energético es en periodo valle por su funcionamiento como se puede apreciar en el apéndice 13.

A raíz de lo descrito anteriormente se obtienen los siguientes indicadores en la Tabla 20:

**Tabla 20.** Indicadores Energéticos de volumen y peso según los equipos por subproceso

Proceso de Micro-lotes				
Subproceso 3A	kWh/ Fan Perg.Seco	kWh/caj Perg.Seco	kWh/m3 Perg.Seco	kWh/kg Perg. Seco
Ventilador Centrífugo con paros				
Miel	29,83	1,49	74,59	0,09
Lavado	43,82	2,19	109,56	0,14
Natural	32,46	1,62	81,16	0,10
Ventilador Centrífugo sin paros (día)				
Miel	23,61	1,18	59,03	0,07
Lavado	34,69	1,73	86,72	0,11

Natural	25,69	1,28	64,24	0,08
Ventilador Centrífugo sin paros (noche)				
Miel	23,49	1,17	58,73	0,07
Lavado	34,51	1,73	86,28	0,11
Natural	25,56	1,28	63,91	0,08
Secadora Cargada				
Miel	5,69	0,28	14,22	0,02
Lavado	8,35	0,42	20,88	0,03
Natural	6,19	0,31	15,47	0,02

Fuente: Elaboración Propia.

Dado las condiciones anteriores, se obtienen los siguientes indicadores energéticos en función de volumen y de peso para cada subproceso mostrado en la Tabla 21:

**Tabla 21.** Indicadores Energéticos de volumen y peso para el proceso de Micro-lotes

Proceso de Micro-lotes				
Subproceso 3A	kWh/ Fan Perg.Seco	kWh/caj Perg.Seco	kWh/m <sup>3</sup> Perg.Seco	kWh/kg Perg. Seco
Miel	29,30	1,46	73,25	0,09
Lavado	43,04	2,15	107,60	0,13
Natural	31,88	1,59	79,71	0,10

Fuente: Elaboración Propia.

En este apartado, tomando como base el apéndice 4 respecto al cálculo de energía de vaporización; para secar 1 cajuela de café se necesitan teóricamente 9990,6 kJ; esto se toma con el proceso de lavado, ya que consiste en pasar por un proceso “normal” de secado (recolección en fruta, despulpado, lavado, secado, pelado y circunstancialmente tostión) de un grano de consumo proveniente de un fruto, esa energía equivale a 2,78 kWh. Si se puede observar en la tabla 21, el consumo en kWh/ perg.seco para el sub proceso de café lavado es de 2,15 kWh, lo que da a relucir, que el indicador energético experimental encontrado es muy aceptable, y dichos indicadores son confiables.

## 6.2. Cuadro de Mando Integral, basado en indicadores estratégicos según el periodo de Cosecha

Se realiza un BSC, donde se toman dos partes esenciales: Estado General de la Cosecha (ver apéndice 9) y el exclusivo para Proceso Micro-lotes (ver apéndice 11); para generar LBEEn del SGEEn.

- Estado general de la Cosecha:

Dado a la información facilitada por la empresa, se basa primeramente en la tasa de decrecimiento del consumo de energía, donde se busca que los valores sean positivos, ya que si son negativos indica que el consumo de energía está aumentando respecto al periodo anterior. También se toma el valor porcentual del consumo de energía respecto a costos totales, con este se intenta que el valor sea lo más bajo posible respecto al periodo anterior. No menos importante, cabe mencionar también, que se intenta tener un porcentaje de capacitaciones para con los colaboradores y un aumento en los registros estadísticos. Cabe destacar que en los costos totales se excluyeron el pago de las planillas, ya que no fue adquirida dicha información.

- Proceso Micro-lote:

Ya que es el área de estudio de este proyecto, se realizó el índice energético con respecto a la producción, esto incluye el costo energético por electricidad y por consumo de leña respecto a la producción y observar su tendencia (ver apéndice 10). Este indicador busca dos factores importantes, primero que sean valores positivos; y además de ser positivos que sean mayores que el periodo anterior. Hay que tener muy presente que el rendimiento de producción, no está necesariamente correlacionado con la rentabilidad, por lo que bajar los costos de insumos a veces puede ser mejor que aumentar la rentabilidad.

También se realizó el cálculo de disponibilidad de equipos exclusivos para el proceso de micro-lotes, donde el periodo promedio de cosecha es de 3 meses, para lo cual se hace 1 semana de mantenimiento preventivo o correctivo correspondiente al ventilador y el motor-reductor de la Guardiola 8.

Se puede apreciar en la imagen 27 el BSC, como fin ilustrativo (véase apéndice 13):

Balance Score Card												
Perspectiva	Objetivos	Indicadores	Descripción	Fuente de Información	Código	Fórmula	Unidad	Frecuencia	Responsable	Meta		
										Alto	Medio	Bajo
Financiera	Implementar un seguimiento para con Recursos Energéticos de la Empresa	Tasa de decrecimiento del consumo de energía	Ahorrar el consumo energético en colones entre cada cosecha	Recibo eléctrico (Energía y Máxima Demanda)	1F	$\%TDE = (Vi - Vf / Vf) * 100$	Porcentaje	Por cosecha	Mantenimiento y Producción	< -15 %	> -15 % y < -15,67 %	> -15,67 %
		Valor porcentual del consumo de energía según los costos totales	Representar el costo de la energía con respecto a los costos totales	Recibos eléctricos y Costos Producción Beneficio ( sin planillas)	2F	$\%CEC = (Cem / CT) * 100$	Porcentaje	Por cosecha	Mantenimiento y Producción	< 27%	>27% y < 27,25%	> 27,25 %
Cliente	Entregar al cliente la cantidad de producto solicitado	Disponibilidad de los equipos.	Determinar el porcentaje de tiempo de operación de los equipos en producción	Disponibilidad	1C	$\%D = (Hpp - HM) / Hpp * 100$	Porcentaje	Por cosecha	Mantenimiento y Producción	>91%	< 91% y > 90%	<89%
Procesos Internos	Establecer parámetros de vida útil de equipos en cosecha	Índice energético con respecto a la producción	Relaciona el consumo de energía con la cantidad de unidades producidas.	Horas de trabajo en producción.	1PI	$IE = - ((Cem / Pm) + m) / 100$	Numeral	Por cosecha	Producción	< - 18 %	>-18% y < - 18,96%	>-18,96%
Aprendizaje y crecimiento del personal del departamento	Aumentar el control sobre equipos y procesos mediante un monitoreo constante en el proceso	Implementación de herramientas Estadísticas	Buscar la estandarización del proceso, por medio de tendencias estadísticas	Encargado de producción, SGE	1A	Registro estadístico de producción, SGE	Porcentaje	Anual	Producción	>5%	< 5% y > 3%	< 3%
	Lograr Capacitaciones para los empleados, optimizando las labores de cada departamento.	Conocimiento de Mecánica General, Procesos en Café, entre otros	Formación de empleados mediante cursos o capacitaciones	ICAFE, INA, Terceros, entre otros	2A	Aumento de Personal capacitado	Porcentaje	Anual	Producción	>5%	< 5% y > 3%	< 3%

Imagen 27. Cuadro de Mando Integral (BSC). Fuente: Elaboración Propia

### 6.3. Oportunidades de Ahorro

Tomando en cuenta las tarifas eléctricas de la tabla 1, el consumo de leña (véase apéndice 12), el rendimiento del café ( véase anexo 1 ), se recopila información necesaria en busca de alternativas de ahorro según indicadores del costo de la energía como se puede observar en el apéndice 14; se realiza la sumatoria del ventilador y el motor de la secadora tanto para paros como sin paros en su periodo respectivo de funcionamiento de los equipos y para cada subproceso, como se puede apreciar en la siguiente tabla

**Tabla 22.** Indicadores Costos de la energía con paros y sin paros

Proceso de Micro-lotes								
Subproceso 3A	FF recibidas	Fan. pergamino húmedo	Cajuelas pergamino húmedo	€/kWh	Costo del consumo de leña por subproceso (€)	Costo energía eléctrica por subproceso (€)	Costo Total por subproceso (€)	Indicador por subproceso €/ caj. procesada
Con paros (período valle)								
Miel	400	200,48	4.009,60	30,02	459.831,16	213.776,17	673.607,33	168,00
Lavado	320	109,18	2.183,68		220.936,10	171.020,94	391.957,04	179,49
Natural	240	221,09	4.421,76		723.192,30	256.531,41	979.723,71	221,57
Sin paros (período pico)								
Miel	400	200,48	4.009,60	75,05	189.513,74	440.843,70	630.357,44	157,21
Lavado	320	109,18	2.183,68		103.211,64	352.674,96	455.886,60	208,77
Natural	240	221,09	4.421,76		364.596,22	529.012,44	893.608,66	202,09

Fuente: Elaboración Propia.

Tomando en cuenta lo expuesto en la Tabla 22, es importante resaltar que la diferencia en el consumo del ventilador sin paros entre la hora pico de la noche y el día es prácticamente mínimo, siendo levemente mayor en el día; por lo que para la secadora cargada se puede aplicar el mismo criterio (el cual se toma como base para sumarse junto al ventilador durante hora pico día), además de ser este un equipo de menor potencia (menos de ¼ parte del ventilador) y comparándolo con los datos obtenidos del ventilador en la Tabla 19, la diferencia de la secadora con paros y sin paros, puede tomarse irrelevante (aproximadamente 312 kWh lo que refleja una diferencia máxima promedio de €20 000,00 en periodo pico y € 9 000,00 en periodo valle del costo total para cada subproceso).

Se puede apreciar en la tabla 22, que el costo de energía por subproceso es mucho menor con paros que sin paros, por lo que la problemática está en el costo de la leña y por ende en la cantidad de leña utilizada. Si se lograra minimizar la cantidad de m<sup>3</sup> de leña utilizado por subproceso, se lograría un ahorro considerable. Actualmente existe un costo promedio de 189,55 €/ caj. procesada.

Como se puede observar en el apéndice 12 y la tabla 4, se puede reducir la cantidad de 2,05 m<sup>3</sup> de leña/ día por subproceso, a 1,61 m<sup>3</sup> de leña/día (equivalente a 5,5 carretillos de los 7

actuales) para el subproceso natural, mientras que para lavado y miel una cantidad de 1,46 m<sup>3</sup> de leña/día (equivalente a 5 carretillos de los 7 actuales) obteniendo el resultado como se muestra en la Tabla 23:

**Tabla 23.** Ahorro según consumo de leña

Subproceso 3A	€/kWh	Costo del consumo de leña por subproceso (€)	Costo energía eléctrica por subproceso (€)	Costo Total por subproceso (€)	Indicador por subproceso €/ caj. procesada
<b>Con paros (período valle)</b>					
Miel	30,02	328.050,28	213.776,17	541.826,45	135,13
Lavado		157.619,05	171.020,94	328.639,98	150,50
Natural		567.529,57	256.531,41	824.060,97	186,36
			<b>Total</b>	1.694.527,40	
<b>Sin paros (período pico)</b>					
Miel	75,05	189.513,74	440.843,70	630.357,44	157,21
Lavado		103.211,64	352.674,96	455.886,60	208,77
Natural		364.596,22	529.012,44	893.608,66	202,09
			<b>Total</b>	1.979.852,7	

Fuente: Elaboración Propia.

De esta manera se puede obtener un ahorro de hasta € 350 000, 00 por lo que también una diferencia de € 285 000, 00 entre el funcionamiento con paros y sin ellos; mitigando el consumo de madera y remplazándolo por otro combustible (0,59 m<sup>3</sup> en promedio por día, que equivale a 2 carretillos/día) y obteniendo un costo promedio de 157,33 €/ caj. procesada.

Según CENICAFE, dado a que el proceso de beneficiado de café produce varios subproductos, entre estos la cascarilla (endocarpio) con un poder calórico de 17,90 MJ/kg y el ripio (grano de café desmejorado, deformado, mala calidad) con un poder calórico de 15,60 MJ/kg. La leña o madera del mismo cafeto, como por ejemplo (dado a que existen infinidad de variedades de madera) posee un poder calórico de 19,75 MJ/kg; se puede remplazar los 0,59 m<sup>3</sup> en combinación de los subproductos de cascarilla y ripio. Teniendo

en consideración que, según el ICAFE el 20% del volumen de café pergamino seco es cascarilla, de 1 Fan. Perg. seco se puede obtener 0,2 Fan de cascarilla equivalente a 0,08 m<sup>3</sup> de cascarilla; lo que se necesitaría 8 Fan. Perg. seco diarios aproximadamente para suplir los 0,59 m<sup>3</sup>.

Como se puede observar en la tabla 15, el valor de la demanda para la secadora cargada es de 1,90 kW, por lo que se puede observar en la Tabla 24, que el valor de la misma sin carga es de 0,43 kW, por lo que haciendo la diferencia de la secadora cargada y sin carga da una demanda neta de 1,47 kW.

**Tabla 24.** Indicador Costo de la Energía para Secadora sin Carga

Proceso de Micro-lotes							
Subproceso 3A	Cantidad FF recibidas	Cantidad Fanegas Pergamino Húmedo procesadas	Demanda (kW)	Duración proceso (horas)	Consumo Energía del subproceso (kWh)	€/kWh	Costo energía eléctrica por subproceso (€)
Secadora sin Carga (período pico)							
Miel	400,00	200,48	0,43	600,00	258,00	75,05	19.362,90
Lavado	320,00	109,18		480,00	206,40		15.490,32
Natural	240,00	221,09		720,00	309,60		23.235,48
Secadora sin Carga (período valle)							
Miel	400,00	200,48	0,43	600,00	258,00	30,02	7.745,16
Lavado	320,00	109,18		480,00	206,40		6.196,13
Natural	240,00	221,09		720,00	309,60		9.294,19

Fuente: Elaboración Propia.

En la tabla anterior, se puede observar que el consumo de la secadora sin carga representa prácticamente  $\frac{1}{4}$  del consumo neto, por lo que se puede discernir que tener la Guardiola plenamente cargada es más eficiente energéticamente que a la mitad de la carga, o inclusive a  $\frac{3}{4}$  ya que representa una diferencia de € 19 000,00 colones promedio en período pico, y

un costo de ₡7 000,00 colones en período valle en toda la cosecha, lo que comparado al costo total por subproceso es irrelevante.

#### 6.4. Monitoreo en Tiempo real

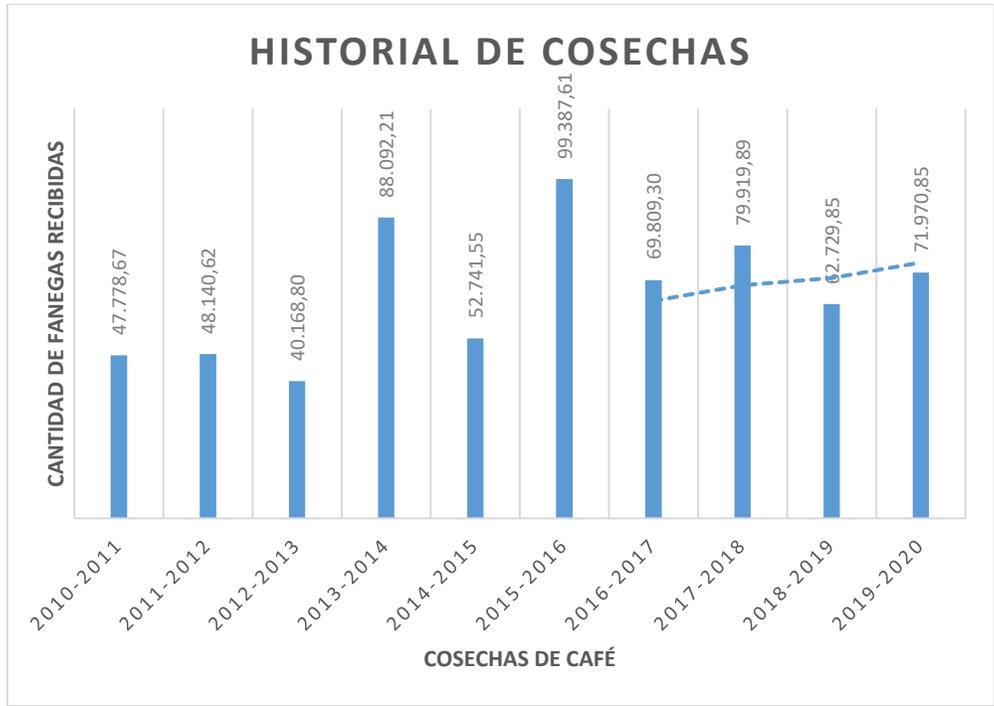
Esto surge como un “Plan Piloto”, ya que no era un alcance inicial en este proyecto y la Dirección de Producción no se encontraba completamente convencida en la aplicación de este “apartado”. Lo que se logra es tratar de demostrar los beneficios que se pueden desprender a raíz de tener una plataforma digital, donde se tenga monitoreada completamente todo el área de secado de COOPEDOTA R.L. exclusivamente, en las 14 Guardiolas, con sus respectivos ventiladores y motores reductores, y también que da soporte a la esencia de este proyecto.

Se contactan 4 empresas dedicadas a este campo; las cuales solo 1 estuvo realmente mas interesado en seguir esta propuesta; incluso el 17 de abril del 2020 llega un representante a las instalaciones de la COOPEDOTA.

La empresa se llama “MJH Soluciones Industriales” y realiza una proforma (ver anexo 2) con lo necesario para poder dar ejecución y puesta en marcha.

En dicha proforma se contempla la programación y puesta en marcha de los equipos, excepto conexión de transformadores de corriente y cableado en campo. Los equipos utilizados son TIA de SIEMENS en su mayoría.

Tomando en cuenta la propuesta planteada, se realiza un análisis financiero basándose en la tendencia de ahorro de energía eléctrica que se puede obtener respecto al comportamiento que se ha tenido en las cosechas, como se puede apreciar en la siguiente imagen:



**Imagen 28.** Historial de Cosechas. Fuente: Elaboración Propia

Se toman en cuenta especialmente el comportamiento de las últimas 4 cosechas para generar un análisis, teniendo en cuenta que según el BCCR la inflación anual es de 2,5 % para el 2020, y se opta por un porcentaje de 4% de riesgo para con la inversión.

Teniendo en cuenta lo anterior y los ahorros, que serán considerados únicamente por el costo en facturación eléctrica de las cosechas pasadas y sus tendencias se obtiene la Tabla 25:

**Tabla 25.** Análisis de la Propuesta

	Cosecha	2020-2021	2021-2022	2022-2023	2023-2024	2024-2025	2025-2026
	0	1	2	3	4	5	6
Inversión	-C\$20.600.000,00						
Ingresos (ahorros)		C\$8.000.000,00	C\$1.000.000,00	C\$8.000.000,00	C\$1.000.000,00	C\$8.000.000,00	C\$1.000.000,00
Valor Rescate							C\$0,00
FNE	-C\$20.600.000,00	C\$8.000.000,00	C\$1.000.000,00	C\$8.000.000,00	C\$1.000.000,00	C\$8.000.000,00	C\$1.000.000,00
VP		C\$7.511.737,09	C\$881.659,28	C\$6.622.792,73	C\$777.323,09	C\$5.839.046,69	C\$685.334,12
<b>TRC</b>		<b>-C\$13.088.262,91</b>	<b>-C\$12.206.603,63</b>	<b>-C\$5.583.810,89</b>	<b>-C\$4.806.487,80</b>	<b>C\$1.032.558,89</b>	<b>C\$1.717.893,01</b>

Fuente: Elaboración Propia.

Para este análisis, la inversión inicial es de \$ 35.425,50 con una tasa de cambio del dólar de C\$580,25; (se redondea a C\$ 20.600.000,00).

Se puede observar, que teniendo ahorros en facturación eléctrica (en este caso se proyecta a 6 cosechas), de C\$8.000.000,00 en las cosechas menores, y al menos C\$1.000.000,00 en las mayores, se puede recuperar la inversión en la cosecha 5. Esto se contempla únicamente en ahorro por facturación eléctrica; ya si se realizaran gestiones de ahorro eléctrico o futuros proyectos, el tiempo de recuperación puede ser mucho menor.

En la Tabla 26, se obtienen los índices del análisis de los flujos anteriores:

**Tabla 26.** Índices Financieros de la Propuesta

TREMA	6,5%
TIR	9%
VAN flujo	C\$22.317.893,01
Inversión inicial	-C\$20.600.000,00
VAN proyecto	C\$1.717.893,01
Tasa Inflación (anual) BCCR	2,5%
Riesgo Inversión	4%

Fuente: Elaboración Propia.

En la Tabla anterior, se puede observar que a una TREMA de 6,5 %, la TIR es mayor; por lo que se puede considerar que la inversión es aceptable, y donde se demuestra en el VAN del proyecto. Se toma un riesgo a la inversión baja (< 6%), ya que se considera que pocas empresas cafetaleras se están dirigiendo a este tipo de propuestas según lo investigado en documentos de la Bases de Datos del ICAFE.

Esta plataforma tecnológica, será una herramienta clave para que el SGEN se ejecute como dice la Norma ISO 50001, buscando una mejora continua basada en historiales de datos e indicadores precisos y confiables, que tracen las nuevas LBEn para comenzar el ciclo de mejoramiento continuo en cada cosecha de café.

## Conclusiones

- El indicador energético de volumen para el subproceso de café miel es de 73,25 kWh/m<sup>3</sup> perg. seco que equivale a 1,46 kWh/caj. perg. seco.
- El indicador energético de volumen para el subproceso de café lavado es de 107,60 kWh/perg. seco que equivale a 2,15 kWh/ caj. perg. seco.
- El indicador energético de volumen para el subproceso de café natural es de 79,71 kWh/perg. seco que equivale a 1,59 kWh/ caj. perg. seco.
- La tasa de decrecimiento del consumo de energía tiene un valor base de -15,67 % y el costo de la energía respecto a los costos totales da un valor base de 27,27% para el proceso de beneficiado.
- Para el proceso exclusivo de Café Micro-lote, el consumo de energía respecto a la producción tiene un valor base de -18,9 y respecto a la disponibilidad de equipos se tiene un valor base de 91%.
- Mitigando el consumo de madera y remplazándolo por otro combustible (sea cascarilla o ripio) se necesita un volumen 0,59 m<sup>3</sup> en promedio por día de ese combustible alternativo para generar un ahorro de hasta ₡ 350 000,00 lo que equivale a 30 ₡/ caj. procesada que significa casi ¼ del costo actual.
- Lo que genere 8 Fan. perg. seco de cascarilla (endocarpio) diarios, puede suplir los 0,59 m<sup>3</sup>; lo que significa que la Guardiola cargada completamente (60 Fan) puede abastecer el subproceso sin ningún problema.
- Tener la Guardiola plenamente cargada es más eficiente energéticamente; tomando en cuenta el ahorro en la capacidad y tiempo invertido de procesamiento de la secadora cargada, además del costo total por subproceso.

- Teniendo ahorros de ¢8.000.000,00 en las cosechas menores, y al menos ¢1.000.000,00 en las mayores, se puede recuperar la inversión en la cosecha 5 para la plataforma tecnológica y da pie a la propuesta del sistema de monitoreo en línea.

## Bibliografía

- Amazon. (2019). Medidor de voltaje eléctrico de 3 fases de CA, multifunción, panel digital LCD, frecuencia de voltaje de corriente, medidor de energía V A Hz kWh RS485, color blanco. Obtenido de amazon: <https://www.amazon.com/3-Phase-Electric-Voltage-Multifunction-Frequency/dp/B078NRNM37>
- Aristizábal, C., y Duque, H. (2005). Caracterización del Proceso de Beneficio de Café en Cinco Departamentos Cafeteros de Colombia. CENICAFE. Colombia
- Asociación Española de Normalización. Comité técnico CTN 216 Eficiencia energética, cambio climático y energías renovables. Sistema de gestión de la energía. Requisitos con orientación para su uso (ISO 50001: 2018). Norma Española UNE-EN ISO 50001: 2018. Génova, Madrid.
- Besora, J. (2016). Tecnologías Apropriadas para la Caficultura Secadores Solares. Associació Catalana D'Enginyeria Sense Fronteres. Barcelona, España.
- Blank, L., y Tarquin, A. (2012). Ingeniería Económica. México D.F: Mc Graw Hill Educación
- Cárcel, F. (2014). Planteamiento de un modelo de Mantenimiento Industrial basado en técnicas de gestión del conocimiento. Omnia Science. Valencia
- Cengel, Y., y Boles, M. (2012). Termodinámica. México: McGraw-Hill/Interamericana Editores, S.A. De C.V.

Cooperativa de Caficultores de Dota R.L. (2019). Informe Asamblea General 89  
COOPEDOTA R.L. Dota: San José, Costa Rica.

Electrozona. (s.f.). America vs Europa. Obtenido de  
<http://www.geocities.ws/electrozona/amevseur/amevseur.htm>

Esencial Costa Rica. (s.f.). Empresas Licenciatarías. Obtenido de  
<https://www.esencialcostarica.com/empresas-licenciatarías/alimentos/coopedota-r-l/>

Federación Nacional de Cafeteros de Colombia . (s.f.). Factores de conversión utilizados  
por la Organización Internacional del Café. Obtenido de División de Estrategia y  
Proyectos Especiales de Comercialización.

Federación Nacional de Cafeteros de Colombia . (2010). Los subproductos del café: Fuente  
de Energía Renovable. Obtenido de Programa de Investigación Científica;  
CENICAFE

Federación Nacional de Cafeteros de Colombia . (2008). Propiedades Físicas y Factores de  
Conversión del Café en el Proceso de Beneficio. Obtenido de Programa de  
Investigación Científica; CENICAFE

Federación Nacional de Cafeteros de Colombia (s.f.). Seminario de Cafés Especiales.  
Obtenido de División de Estrategia y Proyectos Especiales de Comercialización.

Fundación Carlos Slim. (s.f.). Cálculo de la TMAR. Obtenido de Formulación y Evaluación de Proyectos

Gonzales, U., y Urbina, C. (2015). Diagnóstico de situación actual de los procesos productivos en las empresas para la implementación de técnicas orientadas al mejoramiento del proceso. Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua. Matagalpa, Nicaragua.

Ibarguen, J. et al., (2017). Indicadores de desempeño energético: Una ruta hacia la sustentabilidad "Caso de estudio una industria torrefactora de café" DYNA, 84(203), pp. 184-191.

Instituto del Café de Costa Rica. (2018). Costo Beneficiado (cosecha 2017-2018). Extraído de <http://www.icafe.cr/sector-cafetalero/informacion-de-mercado/costo-de-la-actividad-cafetalera/>

Instituto del Café de Costa Rica. (2007). Oportunidades de Ahorro Energético. Extraído de [http://www.icafe.cr/wp-content/uploads/circulares\\_sector/circulares\\_2007/2007-12-21%20%5BCircular%201377%2C%20Posibilidad%20de%20Cortes%20Electricos%20en%20Periodo%20de%20Cosecha%202007-2008%20Verano%202008%5D.pdf](http://www.icafe.cr/wp-content/uploads/circulares_sector/circulares_2007/2007-12-21%20%5BCircular%201377%2C%20Posibilidad%20de%20Cortes%20Electricos%20en%20Periodo%20de%20Cosecha%202007-2008%20Verano%202008%5D.pdf)

I. Del Valle (comunicación personal, setiembre 2019).

Instituto Meteorológico Nacional de Costa Rica. (2020). Pronóstico Climático. Extraído de <https://www.imn.ac.cr/pronostico-climatico>

Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica. (2020). INTE/IEC 62052-11:2018 Equipos de medida de la energía eléctrica (AC) Requisitos generales, pruebas y condiciones de prueba Parte 11: Equipos de medida. Extraído de [https://www.inteco.org/en\\_US/shop/product/inte-iec-62052-11-2018-equipos-de-medida-de-la-energia-electrica-ac-requisitos-generales-pruebas-y-condiciones-de-prueba-parte-11-equipos-de-medida-3097?variant=3048](https://www.inteco.org/en_US/shop/product/inte-iec-62052-11-2018-equipos-de-medida-de-la-energia-electrica-ac-requisitos-generales-pruebas-y-condiciones-de-prueba-parte-11-equipos-de-medida-3097?variant=3048)

Ministerio de Ambiente y Energía. (2015). VII Plan Nacional de Energía 2015-2030. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo PNUD. San José, Costa Rica.

Ministerio de Planificación Nacional y Política Económica. (2019). Plan Nacional de Desarrollo y de Inversión Pública del Bicentenario 2019-2022 de Costa Rica. Sistema Nacional de Planificación (SNP). San José, Costa Rica

Montagnon, C. (2017). Coffee Production Costs and Farm Profitability: Strategic Literature. Obtenido de Specialty Coffee Association: <https://store.sca.coffee/collections/research>

Mora, J. et al (2016). Análisis Beneficio-Costo y Cuantificación de la Energía Invertida En Sistemas de Caficultura Campesina en Puriscal, Costa Rica. Agronomía Costarricense. San José, Costa Rica

M. Solís (comunicación personal, 12 febrero 2020).

Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial. (s.f.). Manual de Producción mas Limpia. Obtenido de Análisis Energético: <https://www.unido.org/researchers/publications>

Presidencia de la República. (2020). Gobierno del Bicentenario 2018-2022 de Costa Rica. San José, Costa Rica. Obtenido de <https://www.presidencia.go.cr/comunicados/2020/01/banco-central-proyecta-recuperacion-economica-continua-y-gradual-de-25-en-el-2020-y-30-en-el-2021/>

Propa, G, et al., (2015). Sustainable operation management using the balanced scorecard as a strategic tool - A research summary, pp. 133-143. India: Porcedia.

Puerta, G. (1999). Influencia del Proceso de Beneficio en la Calidad del Café. CENICAFE. Colombia

R. Chacón (comunicación personal, 16 setiembre 2019).

Rodríguez, N. et al., (s.f.). Beneficio del Café en Colombia. CENICAFE. Colombia

Rodríguez, N., y Zambrano, A. (2010). Avances Técnicos Cenicafe. Obtenido de [www.cenicafe.org](http://www.cenicafe.org)

Sánchez, F. (2018). Correlación Lineal y Regresión. Departamento Geología Universitaria: Salamanca. Obtenido de <http://web.usal.es/javisan/hidro>

Satec Powerful Solutions .(2018). Accuracy Class: A small "s" that makes a big difference. Obtenido de [https://www.satec-global.com/sites/default/files/Application-note\\_Accuracy-Class\\_July2018.pdf](https://www.satec-global.com/sites/default/files/Application-note_Accuracy-Class_July2018.pdf)

Specialty Coffee Association. (2018). Coffee Standards. Obtenido de <https://store.sca.coffee/>

Umaña, G. (2014). Guía para el Establecimiento de Módulos para Micro-beneficiado de Café. Ministerio de Agricultura y Ganadería. San José, Costa Rica

Zuñiga, M. (2014). Elaboración De Una Guía Práctica para el Uso Eficiente de la Energía en empresas MiPYMES del Sector Alimenticio en Costa Rica. Tecnológico de Costa Rica. Cartago, Costa Rica.

## Apéndices y Anexos

## Apéndice 1. Metodología Planteada

Objetivo planteado	Instrumento de medición	Fuente de información	Forma de recolección de datos	Forma de análisis de datos
Proporcionar Indicadores Energéticos de un producto primario para las etapas de Beneficiado Seco (Pre-Secado y Secado) de café en COOPEDOTA R.L, según CENICAFE/ICAFE que cumplan como base de información integral y precedente para una autoevaluación.				
Establecer un balance de energía eléctrica y térmica del producto primario para el proceso de Beneficiado Seco de Café utilizando el indicador energético de volumen tanto en kWh/m <sup>3</sup> y kWh/ cajuela	Medidor de Energia kWh	Entes Gubernamentales. Articulos Cientificos.	Periodo de 1 semana por cada equipo respectivo.	Ecuaciones
Relacionar mediante los indicadores de tasa de crecimiento del consumo de energía, valor porcentual de energía según costo de producto y disponibilidad de los equipos, la operación del proceso de Beneficiado seco mediante el uso de un Cuadro de Mando Integral.	Cuadro de Mando Integral	Articulos Cientificos. Entes Gubernamentales.	Informacion Empresarial	Indicadores Energeticos
Definir oportunidades de ahorro energético según ICAFE, siguiendo el ciclo de mejoramiento continuo de la Norma ISO 50001 con los indicadores de costo de la energía en ¢/ kWh y ¢/ cajuela procesada	Oportunidades de ahorro según ICAFE	Criterios de oportunidades de Ahorro Energetico	ISO 50001. Entes Gubernamentales.	Cualitativo



PRODUCTO DE NUESTRAS RAÍCES

IRH-099-2019

23 de octubre, 2019  
Santa María de Dota

**Estimado**  
**Ing. Greivin Barahona Guzmán**  
**Coordinador de Práctica**  
**Tecnológico de Costa Rica**

Reciba un cordial saludo en primera instancia por parte del departamento de Recursos Humanos de la Cooperativa de Caficultores de Dota R.L. Por este medio, deseo externar que la Cooperativa acepta al estudiante Sergio Bernal Badilla Monge, con número de cédula 3-0453-0557, identificado por medio del TEC con su número de carné 201023737.

El estudiante Sergio Badilla elaborará el proyecto bajo el nombre **"Establecimiento de Indicador Energético dentro del proceso de Pre-secado y Secado del Beneficiado Seco del Café, en un producto primario de COOPEDOTA R.L."**.

Cabe mencionar que la importancia del desarrollo de este proyecto es de gran relevancia para la empresa ya que el objetivo es para tomar decisiones de gran trascendencia

Sin más por el momento me despido deseándoles éxitos en sus labores.

  
**M Carolina Garro Garro**  
**Dep. Recursos Humanos**

**Política Energética de la Cooperativa de Caficultores de Dota R.L.  
COOPEDOTA R.L.**



La Cooperativa de Caficultores de Dota R.L. se desenvuelve en la actividad de producción y comercialización de café bajo criterios de innovación, responsabilidad y sostenibilidad ambiental; por lo que considera la gestión energética como un principio básico dentro de sus actividades, y el cual busca el mejoramiento de la eficiencia y del consumo energético.

**Alcance**

Esta Política se extiende a todas las instalaciones pertenecientes a COOPEDOTA R.L.

**Declaración**

COOPEDOTA R.L. se compromete a la búsqueda e incorporación de métodos y usos eficientes de la energía; manteniendo los estándares de calidad en sus productos y servicios.

**Considerandos de la Política**

- Apoyar y considerar las distintas políticas gubernamentales a nivel nacional, referente al ámbito energético
- Incorporar cambios en la empresa para elevar el ahorro, la eficiencia energética y alcanzar un mejor manejo en demanda energética; al mismo tiempo que se proporcione un ambiente laboral seguro y sin impactos negativos en la producción y el medio ambiente
- Actualizar el Sistema de Gestión Energético, como un medio para desarrollo de mejoras de los procesos productivos; al mismo tiempo de impulsar un crecimiento de tecnologías innovadoras y eficientes energéticamente en las instalaciones
- Mantener un sistema de gestión documentado que asegure el cumplimiento de esta política energética
- Estimular la conservación energética por parte de los colaboradores y distintas direcciones

Esta Política se revisará regularmente y se actualizará, si fuera necesario.

**Aprobación de la Política**

Fecha de revisión/ aprobación: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_

Nombre Firma Director General COOPEDOTA R.L: \_\_\_\_\_

LUIS  
FERNANDO  
MADRIGAL  
GOMEZ (FIRMA)

Firmado digitalmente  
por LUIS FERNANDO  
MADRIGAL GOMEZ  
(FIRMA)  
Fecha: 2020.05.27  
11:51:55 -06'00'

Nota aclaratoria: El documento original se adjunta junto al Trabajo Final.

Apéndice 4. Calculo de Energía de vaporización para secar Café

Cajuela	Volumen (L)	Volumen (m <sup>3</sup> )
1	20	0,02
Estado del grano		Densidad aparente (kg/m <sup>3</sup> )
Grano en fruta		616,50
Grano en café húmedo		803,4
Grano de café pergamino		385,75
Masas de café para una cajuela de volumen		
Estado del grano		Masa (kg)
Grano en fruta		12
Grano en café húmedo		16
Grano de café pergamino		7,6
Determinación de masa de agua perdida		
Estado del grano		Masa (kg)
Grano en fruta		12
Grano de café pergamino		7,6
Diferencia de masa		4,4
Del libro de Termodinámica (Tabla A-5) Quinta edición; Cengel, Boles para una altitud de 1548 m la presión atmosférica estándar es de 84,0426 kPa ( Tabla 3-2 )		
Iteración para obtener hfg (kJ/kg) a 84,0426 kPa		
P (kPa)	hfg ( kJ/kg)	hfg (kJ/kg) a 84,0426 kPa
75	2278	2270,585
100	2257,5	
Energía de vaporización en kJ respecto a la masa de agua perdida		
Fórmula: (E= m*hfg)		
Masa (kg)	hfg ( kJ/kg)	Energía ( kJ)
4,4	2270,585	9990,574
Para una cajuela de café		

Apéndice 5. Mediciones ventilador con paros

Fecha	Inicio medición (horas)	Medición inicial (kWh)	Final medición (horas)	Medición final (kWh)	Intervalo de Tiempo de medición (h)	Demanda según intervalo de tiempo de medición ( kW)
jueves 19 de marzo	12:40pm	0	3:40pm	25,35	3	8,45
viernes 20 de marzo	jueves 19. 3:40pm	25,35	9:00am	135,33	17,33	7,81
viernes 20 de marzo	8:06pm	174,72	↓	----	22,83	7,65
sábado 21 de marzo	viernes 8:06pm	174,72	10:00am	298,35	36,83	8,1
Lunes 23 de marzo	sábado 21 10:00am	----	10:00am	519,87	60,83	8,55

Apéndice 6. Mediciones ventilador sin paros

Fecha	Inicio medición (horas)	Medición inicial (kWh)	Final medición (horas)	Medición final (kWh)	Intervalo de Tiempo de medición (h)	Demanda según intervalo de tiempo de medición ( kW)
martes 17 de marzo	8:20am	0	4:41pm	65,73	8,33	7,89
martes 17 de marzo	8:30pm	0	↓	-----	-----	-----
miércoles 18 de marzo	martes 17 8:30pm	-----	2:00am	43,175	5,5	7,85

Apéndice 7. Mediciones del motor de la secadora sin carga

Fecha	Inicio medición (horas)	Medición inicial (kWh)	Final medición (horas)	Medición final (kWh)	Intervalo de Tiempo de medición (h)	Demanda según intervalo de tiempo de medición (kW)
lunes 23 de marzo	8:00pm	0	↓	-----	-----	0
martes 24 de marzo	lunes 23	↑	8:00pm	8,19	18,5	0,44
miércoles 25 de marzo	martes 24	8,19	2:40pm	15,21	34,7	0,44
miércoles 25 de marzo	-----	15,21	8:30pm	16,38	37,0	0,44
jueves 26 de marzo	miércoles 25	16,38	12:20am	17,9	40,8	0,44
jueves 26 de marzo	-----	17,9	8:15pm	22,62	55,0	0,41

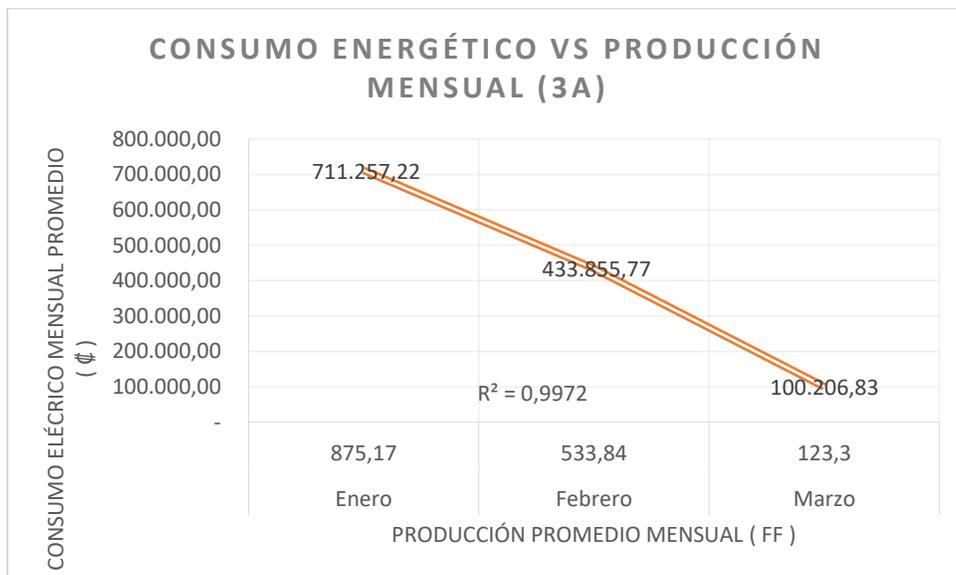
Apéndice 8. Mediciones del motor de la secadora con carga

Fecha	Inicio medición (horas)	Medición inicial (kWh)	Final medición (horas)	Medición final (kWh)	Intervalo de Tiempo de medición (h)	Demanda según intervalo de tiempo de medición (kW)
miércoles 1 de abril	8:05pm	0	10:07pm	3,54	2	1,78
jueves 2 de abril	8:05pm	3,54	10:10pm	7,12	4	1,78
miércoles 8 de abril	4am	7,13	7:00am	12,48	7	1,78
viernes 10 de abril	12:00am	15,6	↓	-----		
	-----	-----	3:00am	20,67	10	2,07
lunes 13 de abril	2:35am	20,67	↓	-----		
	-----	-----	5:04am	24,96	12,5	2
martes 14 de abril	8:40pm	24,96	↓	-----		
miércoles 15 de	↑	-----	12:40am	31,59	16,5	1,92

abril						
miércoles 15 de abril	8:30pm	31,59	↓	-----		
jueves 16 de abril	↑	-----	3:00am	42,51	23	1,85

Apéndice 9. Tasa de Decrecimiento del Consumo de Energía y Costo Energía de la Cosecha 2019-2020

Tasa de decrecimiento del consumo de energía	
<i>Vi</i>	49.072.590,00
<i>Vf</i>	58.192.515,00
<i>TDE(%)</i>	<b>-15,67</b>
Costo Energía respecto Costos Totales	
<i>Cen</i>	58.192.515,00
<i>CT</i>	213.560.847,00
<i>CEC (%)</i>	<b>27,25</b>



Apéndice 10. Pendiente del Consumo Energético vs Producción Mensual (3A)

Apéndice 11. Consumo de Energía respecto a la Producción (3A) y Disponibilidad de equipos (3A)

Consumo Energía respecto Producción (3A)	
<i>Cem</i>	479.174,70
<i>Pm</i>	176,92
<i>m</i>	-812,71
<i>IE</i>	<b>-18,96</b>
Disponibilidad de Equipos (3A)	
<i>Hpp</i>	1800
<i>HM</i>	168
<i>D (%)</i>	<b>91</b>

Apéndice 12. Costo y Consumo de leña (3A) con paros y sin paros

	FF recibidas	Fan procesadas	Consumo m3 / Fanega	Consumo m3 Cosecha 2019-2020	Consumo total m3	Costo Total leña utilizada (₡)
<b>Sin Paros</b>						
Natural	240	221,09	0,239	52,84	95,26	657.324,90
Miel	400	200,48	0,137	27,47		
Lavado	320	109,184	0,137	14,96		
<b>Con Paros</b>						
Natural	240	221,09	0,474	104,81	203,47	1.403.959,56
Miel	400	200,48	0,332	66,64		
Lavado	320	109,18	0,293	32,02		

Apéndice 13. Cuadro de Mando Integral

Balance Score Card												
Perspectiva	Objetivos	Indicadores	Descripción	Fuente de Información	Código	Fórmula	Unidad	Frecuencia	Responsable	Meta		
										Alto	Medio	Bajo
Financiera	Implementar un seguimiento para con Recursos Energéticos de la Empresa	Tasa de decrecimiento del consumo de energía	Ahorrar el consumo energético en colones entre cada cosecha	Recibo eléctrico (Energía y Máxima Demanda)	1F	$%TDE = (Vi - Vf / Vf) * 100$	Porcentaje	Por cosecha	Mantenimiento y Producción	< -15 %	> -15 % y < -15,67 %	> -15,67 %
		Valor porcentual del consumo de energía según	Representar el costo de la energía con respecto a los	Recibos eléctricos y Costos Producción	2F	$%CEC = (Cen / CT) * 100$	Porcentaje	Por cosecha	Mantenimiento y Producción	< 27%	>27% y < 27,25%	> 27,25 %
Cliente	Entregar al cliente la cantidad de producto solicitado	Disponibilidad de los equipos.	Determinar el porcentaje de tiempo de operación de los equipos en producción	Disponibilidad	1C	$%D = [(Hpp - HM) / Hpp] * 100$	Porcentaje	Por cosecha	Mantenimiento y Producción	>91%	< 91% y > 90%	<89%
Procesos Internos	Establecer parámetros de vida útil de equipos en	Índice energético con respecto a la producción	Relaciona el consumo de energía con la cantidad de	Horas de trabajo en producción.	1PI	$IE = - [(Cem / Pm) + m] / 100$	Numeral	Por cosecha	Producción	< - 18 %	>-18% y < -18,96%	>-18,96%
Aprendizaje, crecimiento y personal del departamento	Aumentar el control sobre equipos y procesos mediante un monitoreo constante en el proceso productivo.	Implementación de herramientas Estadísticas	Buscar la estandarización del proceso, por medio de tendencias estadísticas	Encargado de producción, SGen	1A	Registro estadístico de producción, SGen	Porcentaje	Anual	Producción	>5%	< 5% y > 3%	< 3%
	Lograr Capacitaciones para los empleados, optimizando las labores de cada departamento.	Conocimiento de Mecánica General, Procesos en Café, entre otros .	Formación de empleados mediante cursos o capacitaciones	ICAFE, INA, Terceros, entre otros	2A	Aumento de Personal capacitado	Porcentaje	Anual	Producción	>5%	< 5% y > 3%	< 3%

Apéndice 14. Indicadores Costo de la Energía para los equipos (3A) con paros y sin paros y su período respectivo

Proceso de Micro-lotes								
Subproceso 3A	FF recibidas	Fan. pergamino húmedo	Cajuelas pergamino húmedo	€/kWh	Costo del consumo de leña por subproceso (€)	Costo energía eléctrica por subproceso (€)	Costo Total por proceso (€)	Indicador por subproceso €/ caj. procesada
Ventilador Centrifugo con paros (período valle)								
Miel	400	200,48	4.009,60	30,02	459.831,16	179.553,37	639.384,53	159,46
Lavado	320	109,18	2.183,68		220.936,10	143.642,70	364.578,80	166,96
Natural	240	221,09	4.421,76		723.192,30	215.464,05	938.656,35	212,28
Ventilador Centrifugo sin paros (período pico/día)								
Miel	400	200,48	4.009,60	75,05	189.513,74	355.286,70	544.800,44	135,87
Lavado	320	109,18	2.183,68		103.211,64	284.229,36	387.441,00	177,43
Natural	240	221,09	4.421,76		364.596,22	426.344,04	790.940,26	178,87
Ventilador Centrifugo sin paros (período pico/noche)								
Miel	400	200,48	4.009,60	75,05	189.513,74	353.485,50	542.999,24	135,42
Lavado	320	109,18	2.183,68		103.211,64	282.788,40	386.000,04	176,77
Natural	240	221,09	4.421,76		364.596,22	424.182,60	788.778,82	178,39
Secadora Cargada sin paros (período pico/ valle )								
Miel	400	200,48	4.009,60	75,05	189.513,74	85.557,00	275.070,74	68,60
Lavado	320	109,18	2.183,68		103.211,64	68.445,60	171.657,24	78,61
Natural	240	221,09	4.421,76		364.596,22	102.668,40	467.264,62	105,67
Miel	400	200,48	4.009,60	30,02	189.513,74	34.222,80	223.736,54	55,80
Lavado	320	109,18	2.183,68		103.211,64	27.378,24	130.589,88	59,80
Natural	240	221,09	4.421,76		364.596,22	41.067,36	405.663,58	91,74

Apéndice 15. Fichas Técnicas de los Equipos en el Proceso de Secado para Café Micro-lote.

Ficha Técnica de Equipos			
<b>Cooperativa de Café COOPEDOTA R.L.</b>			
<b>Área:</b> Secado		<b>Fecha:</b>	I Semestre, 2020
<b>Equipo:</b>	Secadora Horizontal Cilíndrica tipo Guardiola	<b>Marca:</b>	POSCAM
Especificaciones Técnicas			
Imagen		Detalles	
		Marca del Motor (motor reductor)	EURO MOTOR
		Potencia(HP), Tensión (V)	5 HP, 1730 rpm 240 V
		Capacidad secado (Fanegas)	60 Fanegas
		Suministro	Trifásico ( 3Ø )
Especificaciones			
Secado de café húmedo (11,5 % humedad final) Temperatura de Secado: 45-50 °C Tipo de Mantenimiento: Correctivo, Preventivo			

Imágenes tomadas en COOPEDOTA R.L.

Ficha Técnica de Equipos		
<b>Cooperativa de Café COOPEDOTA R.L.</b>		
<b>Área:</b> Secado	<b>Fecha:</b>	I Semestre, 2020.
<b>Equipo:</b> Ventilador Centrifugo	<b>Marca:</b>	GSI
Especificaciones Técnicas		
Imagen	Detalles	
	Marca Motor	BALDOR
	Potencia(HP), Tensión (V)	15 HP, 1760 rpm 240 V
	Horno de Alimentación Indirecta	Horno exclusivo de la Guardiola <i>Micro-lote</i>
	Suministro	Trifásico ( 3Ø )
Especificaciones		
Tipo de Mantenimiento: Correctivo, Preventivo Marca del Horno de Alimentación: Horno de fabricación intrínseco exclusivo de la Guardiola <i>Micro-lote</i> ; Horno John Gordon (Horno Auxiliar).		

Imágenes tomadas en COOPEDOTA R.L.

Anexo 1. Rendimientos de Café para proceso de Café Micro-lote

Entrada de Natural a la guardiola		Entrada de Miel a la guardiola		Entrada de Lavado a la guardiola	
Componentes	Distribución	Componentes	Distribución	Componentes	Distribución
Café Oro	18.00%	Café Oro	18.00%	Café Oro	18.00%
Cascarilla	4.00%	Cascarilla	4.00%	Cascarilla	4.00%
Mucílago	16.00%	Mucílago	16.00%	Mucílago	0.00%
Pulpa	42.00%	Pulpa	0.00%	Pulpa	0.00%
H2O	12.12%	H2O	12.12%	H2O	12.12%
<b>Rendimiento</b>	<b>7.88%</b>	<b>Rendimiento</b>	<b>49.88%</b>	<b>Rendimiento</b>	<b>65.88%</b>

Fuente: COOPEDOTA R.L.

## Anexo 2. Proforma Plataforma Tecnológica de Monitoreo



### MJH SOLUCIONES INDUSTRIALES S.R.L.

Ident. Jurídica: 3-102-747069

Teléfono: +(506) 8823-5098/8823-5098

Correo: phernandez@mjh soluciones industriales.com

Fax: 5088823-5098

Dirección: Calle 67B

Proforma N° 1704

Clave Numérica

Fecha de Emisión: 24/06/2020 4:56 a.m.

Cliente: Coopedota

Condición de Venta: Contado

Ident. Jurídica: 3-101-759715

Teléfono: +(506) 4703-0970

Correo:

Dirección: DOTA

Destinatario: Sergio Badilla

Medio de Pago: Transferencia-Depósito Bancario

Cantidad	Descripción del producto/Servicio	Descuento	Precio Unitario	SubTotal
1.00	Sistema de control de cargas para control de 14 guardiolas y 14 ventiladores. El sistema se entregara armado en un tablero para ser anclado al piso	0.00	31,350.00	31,350.00

Notas: TIEMPO DE ENTREGA DE EQUIPOS: 12-14 SEMANAS.

SE REQUIERE DE UN 85% DE ADELANTO CONTRA ORDEN DE COMPRA.

SE PROPONE UNA SOLUCION EN PLATAFORMA 1200 Y SUS RESPECTIVOS MODULOS DE MEDICION DE ENERGIA.

PASARELAS ET-200 PARA AMPLIACION DE MODULOS.

28 MODULOS DE MEDICION DE ENERGIA.

PANTALLA SIEMENS DE 12"

84 TRANSFORMADORES DE CORRIENTE DE 100/5 A

NOTAS:

NO SE INCLUYEN CONEXIONES DE CAMPO.

NO SE INCLUYEN INSTALACION DE TABLERO EN PLANTA.

SE INCLUYE ASESORIAS Y PROGRAMACION, ADEMAS DE PUESTA EN MARCHA DE EQUIPOS.

<b>Subtotal</b>	\$31,350.00
<b>Subtotal Neto</b>	\$ 31,350.00
<b>Total Descuentos</b>	\$0.00
<b>Total Impuesto</b>	\$4 075,50

**Total Proforma: \$ 35,425.50**

TREINTA Y CINCO MIL CUATROCIENTOS VEINTICINCO US DOLLAR CON 50/100

El monto total facturado es equivalente a:  
¢20,577,255,93

Tipo de Cambio: 580.86

Consulta en [www.facturaelectronica.cr](http://www.facturaelectronica.cr)

Autorizado mediante la resolución DGT-R-033-2019 del veinte de junio de dos mil diecinueve de la Dirección General de Tributación.

Generada por GTI, [www.facturaelectronica.cr](http://www.facturaelectronica.cr)

Versión del Documento Electrónico: 4.3

