

2021

Diseño de proceso Lean de transformación de pulpa de café para la generación de insumos de productos secundarios en la finca cafetera El Alto, Machetá Cundinamarca

Juan Carlos Gómez Sánchez
Universidad de La Salle, Bogotá, jgomez76@unisalle.edu.co

Follow this and additional works at: https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_industrial

Citación recomendada

Gómez Sánchez, J. C. (2021). Diseño de proceso Lean de transformación de pulpa de café para la generación de insumos de productos secundarios en la finca cafetera El Alto, Machetá Cundinamarca. Retrieved from https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_industrial/185

This Trabajo de grado - Pregrado is brought to you for free and open access by the Facultad de Ingeniería at Ciencia Unisalle. It has been accepted for inclusion in Ingeniería Industrial by an authorized administrator of Ciencia Unisalle. For more information, please contact ciencia@lasalle.edu.co.

Diseño de Proceso Lean de Transformación de Pulpa de Café para la Generación de Insumos de Productos Secundarios en La Finca Cafetera El Alto, Machetá Cundinamarca

Juan Carlos Gómez Sánchez

Programa de Ingeniería Industrial, Facultad de Ingeniería
Universidad de La Salle

Trabajo de Grado

Ingeniero Industrial Andrés Mauricio Hualpa Zuñiga

29 de noviembre de 2021

Notas de autor

Este trabajo fue realizado con el apoyo del Profesor Andrés Mauricio Hualpa del Programa de Ingeniería Industrial de la Facultad de Ingeniería, y contó con la ayuda al momento de las correcciones del Profesor Heriberto Alexander Felizzola Jiménez.

Cualquier inquietud respecto a este documento de investigación debe ser remitida al programa Ingeniería Industrial de la Universidad de La Salle, Bogotá, Colombia.

E-mail: jgomez76@unisalle.edu.co

Agradecimientos

A la colaboración y participación de David Acero en la asesoría y soporte de conocimientos de R-Studio para la elaboración del tablero de control.

A la colaboración de mis hermanos, Santiago Simbaqueba, Esteban Simbaqueba y Andrés Simbaqueba en la asesoría de redacción y forma de trabajo de grado en normas presentada. A la colaboración de mi tío Fabio Sánchez por el espacio en la finca El alto Macheta. A Dios que presento la oportunidad de vivir la experiencia de esta investigación.

A mi madre y a mi padre por darme la vida.

A mi tutor Andrés Mauricio Hualpa Zúñiga por la guía teórica para llevar a cabo la investigación.

Resumen

En la finca El alto, se produce en promedio 10,95 toneladas de café por cosecha y paralelamente se produce 5,47 toneladas de pulpa de café. El 18,65% de la pulpa de café es utilizada como insumo para abono, y únicamente el 10% se aprovecha como compost orgánico. Se propone diseñar un proceso Lean de transformación de pulpa de café para la generación de insumos de productos secundarios, identificando desperdicios y creando flujo de valor.

Se diagnosticó un proceso actual ineficiente del aprovechamiento de la pulpa de café, donde se encontró tres (3) tipos de desperdicios Lean (espera, sobre procesamiento y defectos). A través del desarrollo de un diagrama de flujo se encontraron doce (12) desperdicios en total para los tres tipos de desperdicio; se evidenció niveles bajos de indicadores de productividad en la etapa de "Abono": productividad global igual a 6,96; productividad de mano de obra con un valor de 6,38; productividad de transformación con un valor de 10; productividad de tiempo productivo de 5,53%; y un valor de almacenamiento de pulpa de 14,35%, es decir, el consumo de pulpa es menor que el almacenamiento de esta. Se diseñó un proceso Lean que cuenta con las herramientas; VSM, 5 S, Kanban, Tablero Kaizen y Poka-yoke, apuntando a la mejora continua e incremento del aprovechamiento de la pulpa de café con desperdicios y control de indicadores. Se desarrolló un tablero de control para el seguimiento de las métricas establecidas en los indicadores apropiados para cada etapa del proceso.

Palabras clave: *Proceso Lean, Kaizen, Kanban, 5S, Poka-yoke, Productividad, Insumo*

Tabla de Contenido

1. Planteamiento del Problema	7
1.1 Descripción del Problema	7
1.2 Formulación del Problema	16
1.3 Objetivos	16
1.3.1 Objetivo General	16
1.3.2 Objetivos Específicos	16
1.4 Justificación	16
1.5 Metodología	17
1.6 Marco de Referencia	18
1.6.1 Marco Teórico	18
1.6.1.1 Contextualización	18
1.6.1.1.1 Pulpa de café.	18
1.6.1.1.2 Características físicas.	19
1.6.1.1.3 Descripción de la finca El Alto.	19
1.6.1.2 Descripción del biodigestor y los tipos para la producción de biogás.	22
1.6.2 Marco Conceptual	22
1.6.2.1 Utilización de Herramientas de Manufactura Esbelta en el Diagnóstico de la Productividad.	22
1.6.2.2 Proceso Analítico Jerárquico (AHP).	26
1.6.3 Marco Legal	27
1.6.3.1 Leyes, decretos y resoluciones	27
2. Diagnóstico del proceso de transformación de cereza de café	29
2.1 Guía para el análisis del trabajo como herramienta de exploración para el proceso de transformación de café en la finca El Alto	29
2.2 Gráfica del proceso operativo como Herramienta de obtención y presentación de datos	33
2.3 Resultados de las guías para el análisis del trabajo en la finca El Alto	35
2.3.1 Flujograma analítico como herramienta de presentación de datos obtenidos	43
2.3.2 Indicadores de productividad	49
2.3.2.1 Productividad global.	49
2.3.2.2 Productividad de la mano de obra.	50
2.3.2.3 Productividad de la transformación de mermas.	51
2.3.2.4 Eficiencia de los equipos OEE.	52
2.3.2.5 Tasa de producción por trabajador.	53

2.3.2.6 Participación de productividad de las estaciones en el proceso de transformación.	55
2.3.2.7 Índice de productividad del almacenamiento de la pulpa de café.	55
2.4 Matriz DOFA	56
2.5 VSM actual	57
3. Proceso Piloto de Transformación de Pulpa de Café mediante Herramientas Lean	60
3.1 Análisis Jerárquico de Proceso (AHP) para Selección de Producto Secundario a Intervenir	60
3.1.1 Matriz Criterios vs Criterios o de Comparación entre Criterios	62
3.1.2 Subcriterios de inversión	63
3.1.3 Resultados de Pesos Porcentuales en Matrices de Alternativas vs Criterios	64
3.2 Insumo pulpa de café para producto Secundario Biogás para Estufa de Cocinar que se tendrá en los siete periodos próximos	65
3.2.1 Producción de Pulpa de Café Proyectada	66
3.2.2 Demanda de Gas para Estufa Tradicional de Cocina en la finca El Alto	67
3.3 Cálculos para la Estimación y Dimensionamiento del Biodigestor	68
3.4 Determinación e integración de herramientas lean, dependiendo de los desperdicios identificados en el diagnóstico	72
3.4.1 Desarrollo metodología 5 s	72
3.4.1.1 Primera S (Clasificar).	72
3.4.1.2 Segunda S (Ordenar)	75
3.4.1.2.1 Herramientas en el reproceso de sembrado, identificación y orden para uso del diseño propuesto.	75
3.4.1.2.2 Troncos de madera obtenidos de la renovación no se utilizan en el área donde están ubicados.	76
3.4.1.2.3 Orden de los tiempos	78
3.4.1.2.4 Recipientes de plástico vacíos [80
3.4.1.2.5 Las herramientas de medir la humedad para el proceso de secado	82
3.4.1.2.6 Las láminas de aluminio que rodean la pulpa de café obtenida [no protegen de la humedad ni canalizan las aguas lluvia. Además, el área o el terreno de almacenamiento presenta lixiviados al suelo y la pulpa se encuentra descubierta, lo que genera malos olores y pérdida de propiedades de la pulpa de café para el compost o producto secundario].	83
3.4.1.3 Tercera S (Limpiar).	86
3.4.1.4 Cuarta S (Estandarizar).	87
3.4.1.5 Quinta S (Disciplina).	89
3.4.2 Segunda herramienta Lean: Kanban	90
3.4.2.1 Tarjeta Kanban de producción para el diseño propuesto.	93

3.4.2.2 Cálculo número de Kanban de producción.	94
3.4.2.3 Tarjeta Kanban de suministro para el diseño propuesto.	96
3.4.3 Tercera herramienta Lean: Pokayoke	97
3.5 VSM propuesto	100
4. Tercer Objetivo: Establecer el sistema de control del proceso Lean de transformación de pulpa de café para la generación de insumos de productos secundarios a través de métricas orientadas a la mejora continua	102
4.1 Cuarta herramienta Lean: Kaizen	102
4.2 Selección de indicadores	103
4.2.1 Inventarios	103
4.2.2 Pesaje	103
4.2.3 Despulpadora	104
4.2.4 Control de calidad	104
Para esta estación se definieron los indicadores de gestión y control relacionados a calidad interna del proceso. El cálculo del indicador se muestra a continuación:	104
4.2.5 Recoger pulpa de café	105
Para esta estación se definieron los indicadores de gestión y control relacionados a tiempo y productividad. Estos fueron calculados como:	105
4.2.6 Pesaje pulpa	105
Para esta estación se definieron los indicadores de gestión y control relacionados a tiempo y productividad. Estos fueron calculados como:	105
4.2.7 Biodigestor	105
4.3 Sistema de control del proceso lean de transformación de pulpa de café a través de métricas orientadas a la mejora continua	105
5. Discusión de resultados del proyecto	107
5.1 Conclusiones	111
Recomendaciones	114
Anexo A	115
Anexo B	116
Tablas	121
Figuras	123
Listado de Apéndices	127

1. Planteamiento del Problema

1.1 Descripción del Problema

El cultivo de café en el departamento de Cundinamarca se realiza en las vertientes de la Cordillera Oriental, entre los 900 y los 2.200 metros de altura sobre el nivel del mar. Los cultivos se distribuyen entre 69 de sus 116 municipios, equivalente a 30.142 hectáreas y 32.027 fincas, de las cuales dependen 28.600 familias aproximadamente. El café de Cundinamarca es producido con técnicas sostenibles, artesanales y de mínima intervención industrial, lo que da por resultado un grano de óptima calidad, con grandes condiciones de sabor y con total conciencia ambiental. La caficultura se produce bajo sombra, lo que le confiere a la taza un sabor único con unas condiciones de cuerpo, aroma y sabor que le hacen exclusivo. La tradición cafetera es base y sustento de la alimentación de miles de familias cundinamarquesas. Además, es una oportunidad turística para los entusiastas de la bebida nacional que pueden recorrer 69 Municipios a lo largo de siete rutas (Cafeteros, Comité de Cafeteros de Cundinamarca, 2021).

Figura 1
Ruta Almedias – Guavio – Oriente. (Una de las 7 rutas del café en Cundinamarca)



Nota: Basado de Cafeteros, F. N. (2021).

La finca donde se realizará la presente investigación se llama El Alto y se encuentra ubicada en la Vereda Belén del Municipio de Machetá – Cundinamarca. Como se observa en la Figura 1, la finca está localizada en la zona que corresponde a una de las siete rutas cafeteras del Departamento llamada “Almedias – Guavio – Oriente”, que abarca los Municipios de Macheta,

Manta, Tibirita, Gachalá, Gachetá, Gama, Junín, Ubalá, Cáqueza, Choachí, Fómeque, Gutiérrez, Guayabetal, Fosca, Medina, Quetame, Paratebueno y Ubaque.

El 90% de la actividad económica del Municipio de Machetá corresponde a la agricultura, seguida por el comercio local, la ganadería, el transporte y la albañilería. Destacan los cultivos de papa, cebolla cabezona, arveja, maíz y café, además de la explotación pecuaria de ganado bovino con doble finalidad: carne y leche; también hay granjas avícolas y de cerdos.” (Macheta, 2020).

Tabla 1

Total, área cosechada y producción de cultivos agroindustriales en la Unidad Productora Agropecuaria para el total en el área rural dispersa censada

Total, área rural dispersa censada Macheta			
Área cosechada (hectáreas) y producción (toneladas) de cultivos agroindustriales			
Total, área cosechada con cultivos agroindustriales	Total, producción de cultivos agroindustriales	Total, área cosechada de cultivos de café	Total, producción de cultivos de café (Pergamino seco)
160	153	157	145

Nota: Basado de DANE. (2014).

La Tabla 1 corresponde al censo realizado al municipio de Machetá en el año 2014 por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), y muestra un total de 157 hectáreas cosechada de cultivos de café y 145 toneladas como total de producción de cultivos de café “Pergamino seco”.

En la finca El Alto, la pulpa de café genera lixiviados al suelo que representa el 20% de la pulpa total obtenida, y el restante 80% de la pulpa de café se utiliza en insumos para abono natural como compost. *“La combinación de cal, vástagos de plátanos picados y la pulpa de café genera compost. El compost se deja fermentar en un área designada y luego se esparce en las plantas de café, para el aprovechamiento de estos desperdicios.”* (Sanchez, 2021).

Figura 2

Diagrama de árbol; probabilidad para los usos del fruto de café en la finca El Alto

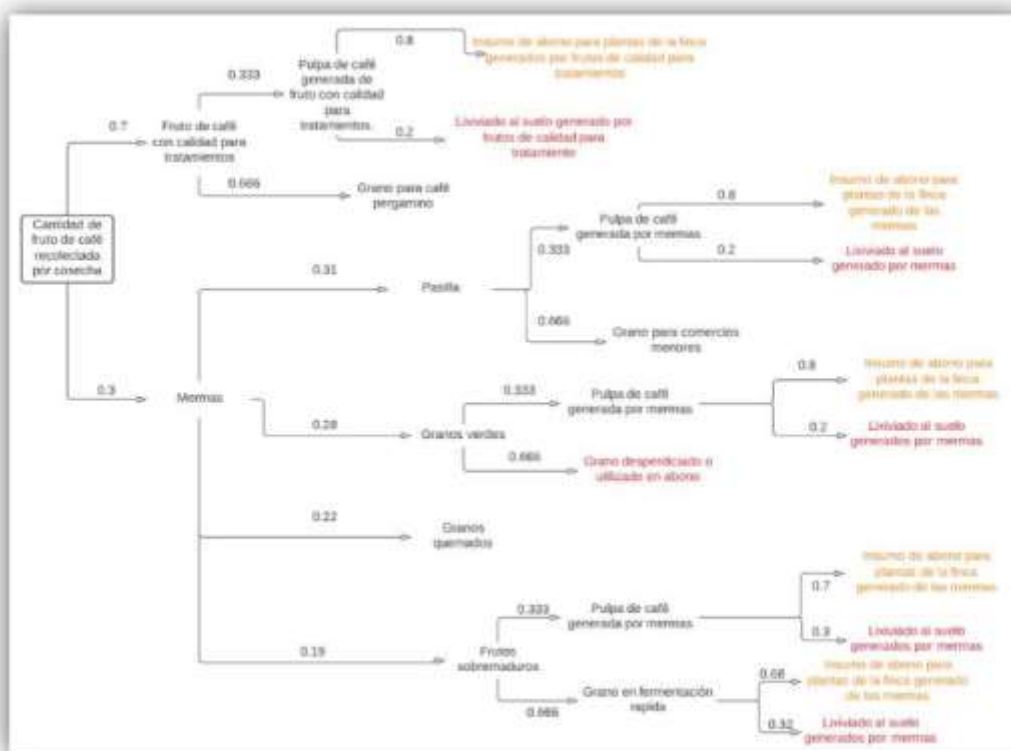


Tabla 2

Probabilidad para los destinos del fruto de café

Descripción de obtención	Probabilidad de obtención
Fruto de café con calidad para tratamientos	70,00%
Mermas**	30,00%
Total: Cantidad de fruto de café recolectada por cosecha	100%
Pulpa de café generada de fruto con calidad para tratamientos.	23,31%
Grano para café pergamino a comercializar	46,62%
Subtotal: Fruto de café con calidad para tratamientos	70%
Insumo de abono para plantas de la finca generados por frutos de calidad para tratamientos*	18,65%
Descripción de obtención	Probabilidad de obtención
Lixiviado al suelo generado por frutos de calidad para tratamiento*	4,66%
Subtotal: Pulpa de café generada de fruto con calidad para tratamientos	23%
Pasilla	9,30%
Granos verdes	8,40%
Granos quemados	6,60%
Frutos sobre maduros	5,70%
Subtotal: Mermas	30%
Granos quemados	6,60%
Pulpa de café generada por mermas	7,79%
Grano para comercios menores	6,19%

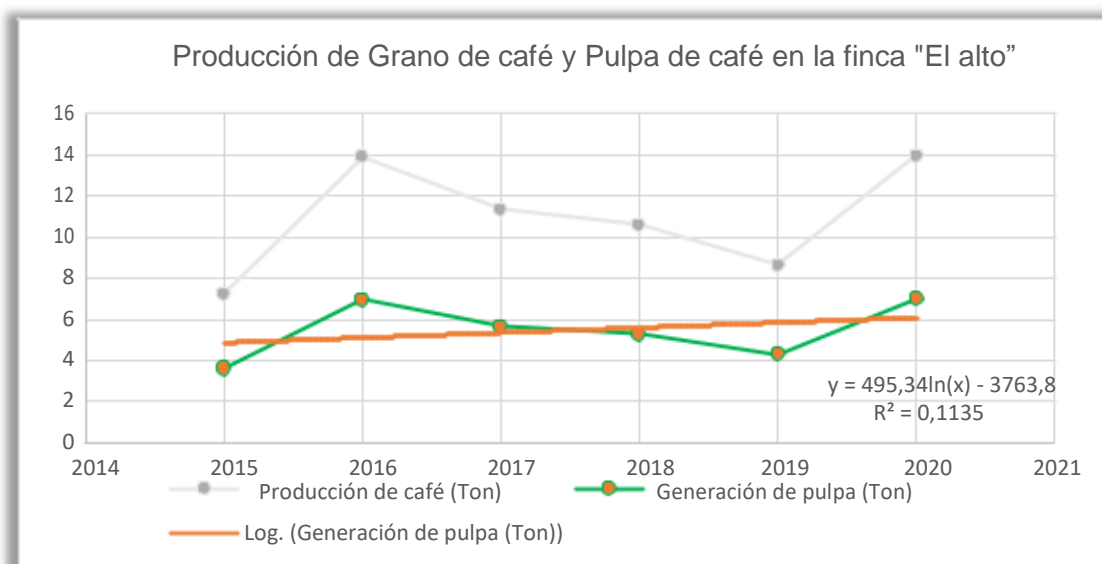
Descripción de obtención	Probabilidad de obtención
Grano desperdiciado o utilizado en abono*	5,59%
Grano en fermentación rápida	3,80%
Subtotal: Mermas	30%
Insumo de abono para plantas de la finca generado de las mermas*	8,63%
Lixiviado al suelo generado por mermas*	8,56%
Grano desperdiciado o utilizado en abono*	5,59%
Granos quemados	6,60%
Subtotal: Mermas	29%

Nota: *Oportunidades de mejora. **entiéndase por merma como la pérdida de café por estado físico del fruto.

La Tabla 2 presenta los resultados del árbol de probabilidades de la Figura 2. Se muestra una probabilidad de producción de café pergamino para comercialización de 46,62%. También se evidencia un valor de 23.31% como la probabilidad de obtener pulpa de café generada por frutos de calidad; un valor de 7.79% para pulpa de café generada por mermas. La probabilidad de generación de compost proviene de diferentes fuentes; la primera de ella es la pulpa de café generada por frutos de calidad y corresponde a un 18.65%; y la segunda fuente de compost proviene del café generado por mermas y corresponde a un 8.63%; evidenciando una baja proporción de transformación y aprovechamiento de la pulpa del café, lo que abre oportunidades al mejoramiento de los procesos actuales llevados en la finca

Actualmente la finca cuenta con sesenta mil (60.000) plantas de café, donde cada una genera entre 1.5 y 2 kilogramos de café en grano por cosecha, y paralelamente por cada dos toneladas de grano de café se obtiene una tonelada (Ton) de pulpa de café.

Figura 3
Producción histórica desde la primera cosecha en la finca El Alto



La Figura 3 muestra la producción de café procesado con valores entre 6,5 Ton a 14 Ton de café pergamino y 3,5 Ton a 6,5 Ton de pulpa de café con tendencia de equilibrio que se refleja en la línea de tendencia logarítmica del gráfico. De acuerdo con el IBM “se debe utilizar una línea de tendencia logarítmica si los valores de los datos aumentan o disminuyen rápidamente y luego se estabilizan. Por ejemplo, si el gráfico muestra un aumento rápido de los ingresos por la línea de producto a lo largo del tiempo y luego una meseta, una línea de tendencia logarítmica puede ser adecuada” (Analytics, 2014). La producción de pulpa de café no representa tendencia creciente o decreciente general; cabe resaltar que la producción de café para esta zona es anual después de dos años de la siembra, es por esto el corto número de cosechas para la finca El Alto. Adicionalmente la Figura 3 muestra los valores máximos de producción de pulpa en los años 2016 y 2020, manteniendo así estable la producción de pulpa entre los años 2017 y 2019. Además, la línea de tendencia presenta un $R^2 = 0,11$, es decir, que el porcentaje de variabilidad total esta descrita en la ecuación o línea de regresión que minimiza el error cuadrático de la recta con un valor de 11,35%. Esto debido a que el error cuadrático de la recta es mayor que el error total de variabilidad de cada punto en el eje “y” respecto a la media de “y” (María-José Rodríguez Jaume, 2001), lo cual se tendrá en cuenta en momento de realizar proyecciones en la fase del diagnóstico.

Figura 4
Representación porcentual de las mermas en El Alto



En la finca El Alto se produce entre 7.000 Kilogramos (Kg) a 14.000 Kilogramos de fruto de café por cosecha. La Figura 4 muestra la distribución porcentual del tipo de merma (Frutos sobre maduros, pasilla, granos verdes, granos quemados), que corresponde al 30% de la

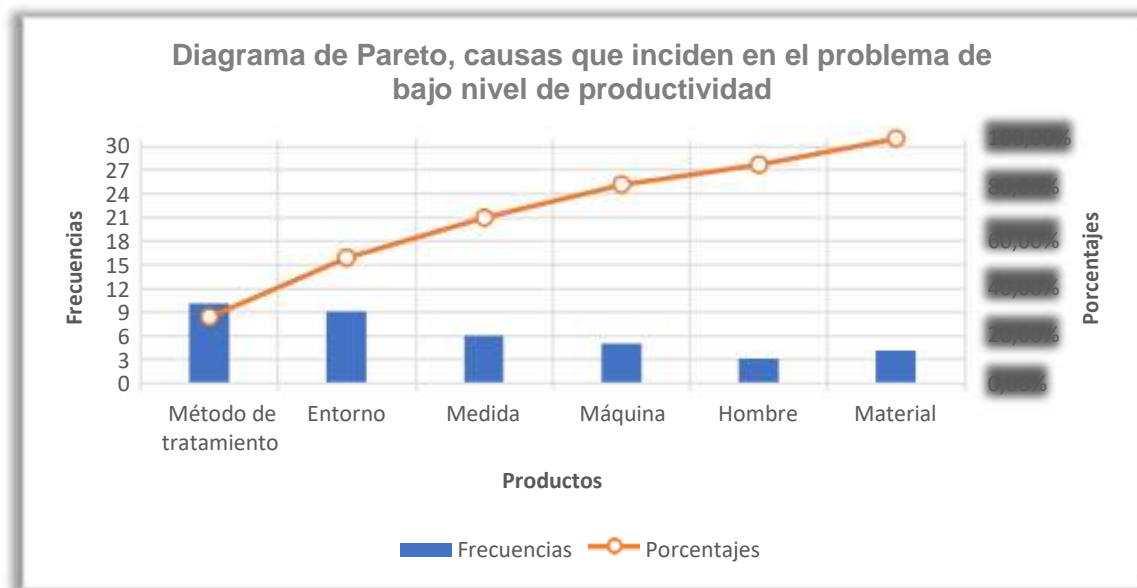
factores son necesarios nuevos procesos, así como adecuados métodos para el tratamiento de la pulpa de café. Esto debido al gran impacto negativo para el suelo de la finca producido por los lixiviados, además de solo tener el 46,6% de aprovechamiento del fruto del café. Por otra parte, el factor de maquinaria es ajustable ya que existe la posibilidad de inversión. Pero se requiere la maquinaria adecuada, lo que justifica el uso del diagrama de Ishikawa. Debido a la falta de procedimientos adecuados para lograr un adecuado proceso de transformación existe una baja utilización de los desechos orgánicos o pulpa de café.

Tabla 3
Evaluación de causas por parte del administrador

Causa	Frecuencia de presencia por cosecha (resultado de evaluación)	Porcentaje de participación	Frecuencia Acumulada	Porcentaje acumulado
Método de tratamiento	10	27,03%	10	27,03%
Entorno	9	24,32%	19	51,35%
Medida	6	16,22%	25	67,57%
Máquina	5	13,51%	30	81,08%
Causa	Frecuencia de presencia por cosecha (resultado de evaluación)	Porcentaje de participación	Frecuencia Acumulada	Porcentaje acumulado
Hombre	3	8,11%	33	89,19%
Material	4	10,81%	37	100,00%
Total	37	100%		

La Tabla 3 representa los resultados de una encuesta realizada al Administrador de la finca donde se le pidió que describiera y evaluara las causas incidentes en la baja productividad anual. Cada causa podía ser clasificada con un puntaje entre uno a diez, siendo uno el mínimo de frecuencias y 10 el máximo de presencia de esta causa en esa cosecha.

Figura 6
Diagrama de Pareto, causas que inciden en el problema de bajo nivel de productividad

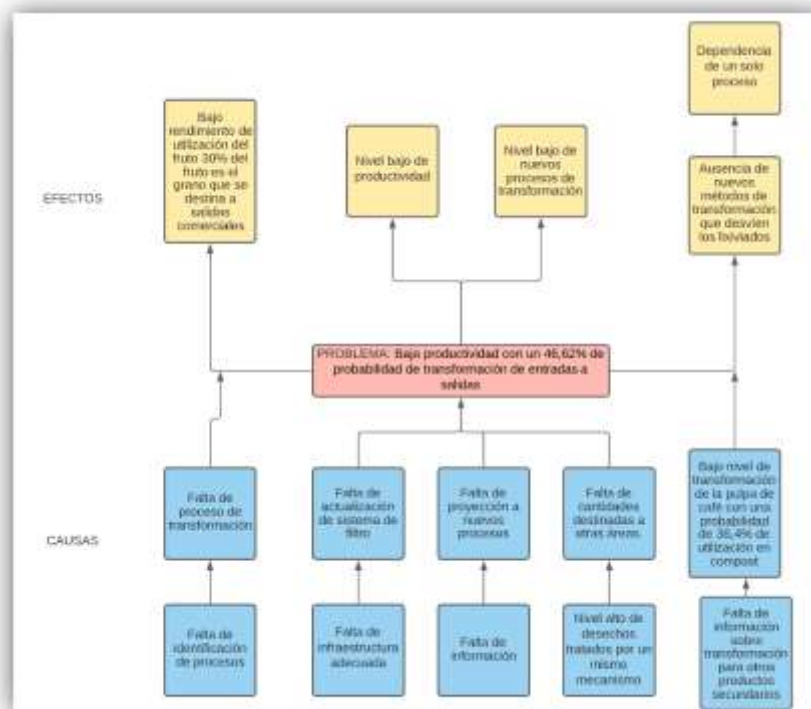


La Figura 6 muestra como tres causas acumulan el 80% de frecuencias por cosecha: El método de tratamiento, el entorno y la medida. La primera causa, aunque disminuye el vertimiento de lixiviados, el 20% sigue en fuga a las aguas del ambiente. El entorno causa bajas en la productividad debido a que la adaptación requiere de procesos acordes a los ecosistemas. Finalmente, la medida es el nivel de cantidad de pulpa de café dirigida al problema, debido a la ausencia de transformación. Esto evidencia la necesidad de nuevos diseños de transformación.

A pesar de que la fuga mencionada no genera malos olores ni enfermedades graves en los trabajadores o plantas, sigue representado un impacto negativo ambiental para la finca. El filtro de esta fuga está estructurado con “2 filtros de piedras de carbón y un tercer filtro con rocas y minerales” (Sanchez, 2021). La probabilidad de obtener pulpa de café es de 31.07 % y su transformación en nuevas salidas es inexistente. A su vez, el grano de calidad para la generación de salidas tiene una probabilidad de 46.62%; esto evidencia que los procesos de transformación de la finca presentan niveles bajos de producción. Las causas de este bajo nivel se identificaron gracias al administrador de la finca como se mostró anteriormente.

Figura 7

Árbol de problema bajo productividad con un 46,62% de probabilidad de transformación de entradas a salidas



La Figura 7 representa el árbol de problema central, en la parte inferior las causas hacen alusión a la raíz del problema, mientras los efectos en la parte superior representan las ramas del árbol. Como se puede observar, el problema central es el bajo nivel de productividad junto al 46% de probabilidad destinado a comercialización principal. Análogamente, el porcentaje de probabilidad a comercios menores es de 6,19%. Esto también es una causa de baja productividad, ya que las entradas del sistema de transformación actual generan un menor nivel de salidas. Otro factor es el inadecuado uso de infraestructura no proyectada para nuevos tratamientos, junto al alto nivel de desechos tratados por un mismo proceso de transformación. En este sentido, es importante recordar que con el 36% de probabilidad se obtiene pulpa sin transformar para diferentes salidas diferentes al compost. Finalmente, la última causa de la baja productividad es la falta de diferentes áreas destinadas a nuevos procesos de transformación.

1.2 Formulación del Problema

¿Como mejorar la productividad en la transformación de pulpa de café para generar insumos de productos secundarios a través de procesos Lean en la finca cafetera El Alto macheta Cundinamarca?

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Diseñar el proceso Lean de transformación de pulpa de café para la generación de insumos de productos secundarios para la finca cafetera El Alto, Macheta Cundinamarca.

1.3.2 Objetivos Específicos

1. Diagnosticar la situación actual de la finca El Alto en el municipio de macheta, mediante la determinación de los procesos que intervienen y los desperdicios presentes en estos. Lo anterior con el objetivo de establecer parámetros de diseño para el proceso de transformación.
2. Desarrollar un proceso piloto de transformación de pulpa de café mediante herramientas Lean.
3. Establecer el sistema de control del proceso Lean de transformación de pulpa de café, buscando la generación de insumos para productos secundarios a través de métricas orientadas a la mejora continua.

1.4 Justificación

Para la finca cafetera El Alto, ubicada en la vereda Belén de Macheta Cundinamarca, es importante la elaboración de café pergamino. Sin embargo, este proceso de transformación deja residuos orgánicos que no son utilizados con un método adecuado para generar valor agregado a las salidas del proceso. Darle un uso adecuado funcionaría para la mejora continua de productividad en el sistema actual de producción. Al evidenciar esta ausencia de proyectos agrícolas en la finca y el bajo control de lixiviados (denominados aguas mieles por la pulpa de café y utilizados como compost), para la finca El Alto es necesario incrementar la productividad. Entendiendo que actualmente solo con el 46,62% de probabilidad las entradas del sistema o frutos de café se destinan a productos terminados para comercialización. En este sentido, se pretende realizar un diseño para el proceso de transformación de pulpa de café con el objetivo de generar insumos para productos secundarios a lo largo de varias fases

Para esto es necesario realizar una investigación sobre la transformación de derivados del café como lo son desde la pulpa o la cereza de café hasta la amplia variedad de productos secundarios. Para lograr esto se hará uso de herramientas de ingeniería con ayuda del software de diseño de proceso Lucid chart, el software estadístico R Studio y Excel.

El proyecto se centrará en el manejo de residuos orgánicos a través del diseño de la transformación de esta materia prima, pues para La Finca es importante la calidad de sus suelos y el máximo aprovechamiento de los recursos con los que cuenta actualmente. A su vez, para los administradores y los trabajadores de La Finca es prioritario innovar en la utilización de residuos para incrementar la productividad y reducir las mermas.

1.5 Metodología

En la Figura 8 se muestra la metodología a seguir para la realización de la investigación. Según Desposorio Pulido (2017), “El Mantenimiento Productivo Total TPM (Total Productive Maintenance) es un conjunto de técnicas orientadas a eliminar las averías a través de la participación y motivación de todos los empleados. La idea fundamental es que la mejora y buena conservación de los activos productivos es una tarea de todos, desde los directivos hasta los ayudantes de los operarios.” El diseño de transformación hace analogía al mantenimiento productivo desde un marco general a uno específico. Es decir, los conceptos de esta filosofía o metodología TPM se ajustan de forma específica a los nuevos diseños de transformación como mantenimientos; tomando de estos conceptos actividades y ajustándolos a la investigación presente. Además, es la herramienta más utilizada para la eficiencia de productividad y lo que esta abarca dentro de un sistema de producción.

Figura 8
Metodología

Metodología TPM		Fase 1 Diagnóstico						
PROCESO	ACTIVIDADES							
Mejoras Entocadas (Kobetsu Kaizen)	Revisar teoría sobre los requerimientos en el diseño de proceso y variables incidentes en los desperdicios	Escoger la herramienta a utilizar para la recolección de datos	Diseño de la tabla de recolección de datos	Analisar teoría para elaboración de encuesta al trabajador en la guía	Herramienta IC (mat) para recolección de datos de reportes de estas variables por parte del trabajador (encuesta)	Recolectar datos según el plan de recolección de datos (mat)	Recolección de información, videos y entrevistas para la presentación del proceso del proceso actual (fotos)	Organización de datos para obtener información en forma de diagramas, tablas e indicadores
Mantenimiento Autónomo (Jishu Hozen)	Identificación de desperdicios	Encuentra oportunidades de mejora						
Mantenimiento Planificado	Identificar los defectos y su fuente de generación (máquina, trabajador, tratamiento de pulpa)	Análisis de información que incide en la baja productividad	Análisis de datos en forma de indicadores					
Mantenimiento de Calidad (Jinshu Hozen)	Análisis de datos en forma de indicadores	Análisis DEFA de la infraestructura actual y geografía	Informe de diagnóstico	Primer informe a materia modalidad de grado				
PROCESO		Fase 2. Diseño proceso de transformación piloto						
Prevención del Mantenimiento	Productos secundarios de la línea los cuales podrían ser tratados con pulpa en forma de insumos	Investigar Protocolos de seguridad en los procesos propuestos	Definición las variables y parámetros que intervienen en el proceso propuesto	Mapas procedimental que intervienen (VSM)				
Actividades de departamentos administrativos y de apoyo	Diseñar los procedimientos que se realizan	Determinar herramientas lean, dependiendo de los desperdicios identificados en el diagnóstico	Integrar estas herramientas Lean en el diseño de proceso	Diseño de nuevos procesos con herramientas Lean	Entrega segundo informe materia modalidad de grado			
PROCESO		Fase 3. Establece sistema de control de proceso						
Formación y Adiestramiento	Herramientas visuales para dar a conocer la implementación de los nuevos procesos de transformación con indicadores							
Gestión de Seguridad y Entorno	Diseñar sistema de control a estos indicadores (productividad)	Comunicar cambios a los componentes de la línea del nuevo diseño	Revisión final	Entrega final				

1.6 Marco de Referencia

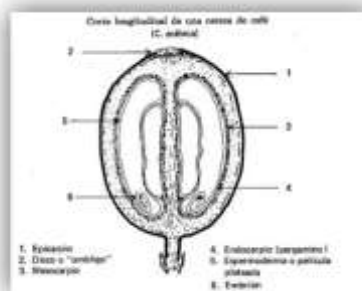
1.6.1 Marco Teórico

1.6.1.1 Contextualización

1.6.1.1.1 Pulpa de café. La pulpa del café representa aproximadamente el 42% en peso del fruto fresco (Duangjai et al., 2016), es, por lo tanto, el subproducto más voluminoso del beneficiado húmedo. Cada dos toneladas de café producen alrededor una tonelada de pulpa, por lo que es importante minimizar sus riesgos e impacto ambiental derivados de su mal manejo (Duangjai et al., 2016). El tratamiento de la pulpa debe llevarse a cabo de forma inmediata, para evitar serios problemas de contaminación en ríos y suelos ubicados cerca de las instalaciones de procesamiento de café. Para tratar de manera adecuada la pulpa de café hay que conocerla a fondo. Algunos autores han abordado el tema de su caracterización; entre ellos Blandón et al. (1999) y Londoño et al. (2016), quienes al estudiar la pulpa han sugerido diversos usos para la misma, entre ellos la producción de combustible, extracción de ingredientes activos, sustratos fermentables para uso de cultivos (Torres-Mancera et al., 2011), procesos de compostaje y extracción de minerales, aminoácidos, polifenoles y cafeína (Duangjai et al., 2016). (Fierro-Cabrales, 2018).

1.6.1.1.2 Características físicas. La pulpa de café es el primer producto que se obtiene en el método usado para el procesamiento del grano de café, y representa, en base seca, alrededor del 29% del peso del fruto entero. (Bressani, 2014). En la Figura 9 se puede visualizar el interior de una cereza de café.

Figura 9
Corte longitudinal de una cereza de café



Nota: Basado de Bressani, R. (2014).

1.6.1.1.3 Descripción de la finca El Alto. La finca El Alto es una propiedad productora de café, donde su principal ingreso económico proviene de la venta de café tostado y molido a los proveedores de café de marcas comerciales. Las unidades de distribución son denominadas cargas y equivalen a dos bultos de café. Los datos de las cantidades anuales distribuidas son desconocidos para la investigación, pero durante el desarrollo se pretende estimar para el desarrollo de la metodología, esto según la entrevista con la administradora de la finca.

Figura 10
Vereda Belén



Nota: Basado de Aplicación Mapas de Google

La Figura 10 representa el mapa de la vereda Belén, “Se encuentra en el extremo Oriente del municipio. Límites Norte y Occidente vereda Guina Oriente Municipio de Tibirita Sur vereda

San José y San Luis. Su extensión es de 353.21 has, equivalente al 1.54% de la extensión municipal. La vereda de Belén posee aproximadamente 209 predios. La mayoría de sus habitantes mayores de edad no tuvieron una educación escolar. El 90% de los habitantes son propietarios y un 10% viven en arriendo.” (Macheta, 2020).

Figura 11

Siembra y cosecha de los dos tipos de café en la finca El Alto y Estación de semillero seguido estación de recolección y estación de pesaje



La Figura 11 representa el estado de siembra y cosecha de la finca, “La finca cuenta usualmente con la variedad arábica que demora en crecer 9 meses, 3 años en producir un buen grano y de 6 a 9 meses en florecer. Después de realizar la recolección de los frutos maduros se empacan y se pesan para luego pasar al proceso de descerezado. Para esto se necesita una maquina especial, para le caso la despulpadora Ecomil 1” (Sanchez, 2021). Muestra la estación semillero, en esta se puede observar las plantas en bolsas de almacenamiento para posteriores procesos de siembra. Algunas de las plantas ya están siendo sembradas. En la imagen de la cereza o fruto de café se puede observar el color rojo, verde y sobre maduro; estos son los tres tipos de salidas de esta estación de recolección. Por último, la imagen de estación de pesaje donde el trabajador pesa y luego sube las escaleras para despulpar.

Figura 12

Proceso de pesar, empacar el café en la finca El Alto y Estación Despulpadora, estación de fermentado y lavado



La Figura 12 representa los estados de pesar y empacar el café en la finca El Alto, “Después de esto se realiza el proceso de lavado limpio, cero brocas. Se separa la pasilla del café bueno. Esta pasilla se vende a marcas de café comerciales; este proceso en la finca se conoce como café residual”. (Sanchez, 2021). Muestra la estación de despulpadora, fermentado y lavado. El objeto que enseña el Administrador (hombre vestido de blanco en la Figura) es utilizado para medir la fermentación de los granos en el tanque. Finalmente, en la última foto se muestra el filtro de aguas el cual va dirigido hacia el río cercano, no sin antes pasar por tres filtros de carbón donde se extrae el mucilago.

Figura 13

Proceso de lavado, fermentado, secado en la finca El Alto y Recorrido a estación de compost y área disponible para nuevos procesos



La Figura 13 muestra algunas imágenes de los procesos de lavado, fermentado y secado de la finca, los cuales se indagan en la fase 1 de la metodología de esta investigación o fase de diagnóstico. Muestra la estación de secado, en la cual se ven los surcos de secado cuando el café sale de la estación de lavado. En la imagen no se ven granos secando debido a que al momento de ser tomada la estación se encuentra en el ciclo número 1 de recolección, sin

embargo, a medida que pase el tiempo los surcos se llenarán de granos húmedos. Para el almacenamiento del café seco se tiene como disposición el área mostrada en las dos últimas imágenes. Esta es una bodega de dos pisos que puede albergar 12 toneladas al final del cuarto ciclo. Muestra el recorrido hacia la estación de “Abono” para la realización de compostaje. Por este pasan los trabajadores con una carretilla llevando 12 kg en promedio por trabajador en cada viaje desde la zona de despulpadora. Después de realizar los recorridos se le adiciona cal y vastagos de plátano. Por último, se muestra el área disponible para tratamientos que es donde se almacenan los químicos utilizados para los mantenimientos en la estación de semillero.

1.6.1.2 Descripción del biodigestor y los tipos para la producción de biogás.

Para el nuevo diseño de transformación de la pulpa de café en insumos, dos productos secundarios se basan en la construcción de un biodigestor, para el cual es necesario definir su funcionamiento y los tipos existentes utilizados en pequeñas industrias de producción agrícola. Para León, “Un biodigestor es un depósito completamente cerrado, donde el estiércol de los animales se fermenta sin aire para producir gas metano y un sobrante (o líquido espeso), que sirve como abono y como alimento para peces y patos. El gas metano, que resulta menos peligroso que el propano utilizado en las ciudades, se produce en un biodigestor aprovechando el estiércol de las vacas, cerdos, cabras, conejos, gallinas, caballos y burros (COMPOSTAJE), con lo cual se evita el empleo de la leña y, desde luego, la destrucción de los árboles.” (León, 2011).

Los biodigestores, según el tipo de reactor, pueden ser de varios tipos: mezcla completa sin recirculación y con recirculación, anaerobio de flujo ascendente con lecho de lodo UASB, de Flujo Pistón -PFR y de cúpula móvil. Además de los anteriores también existen biodigestores de estructura flexible.

1.6.2 Marco Conceptual

1.6.2.1 Utilización de Herramientas de Manufactura Esbelta en el Diagnóstico de la Productividad. La filosofía de manufactura esbelta se ha utilizado para reconocer la necesidad de cambio o transformación, donde tres aspectos son importantes según Duque (2007). Estos aspectos se resumen en la Figura 14:

Figura 14
Factores de éxito en la implantación Lean

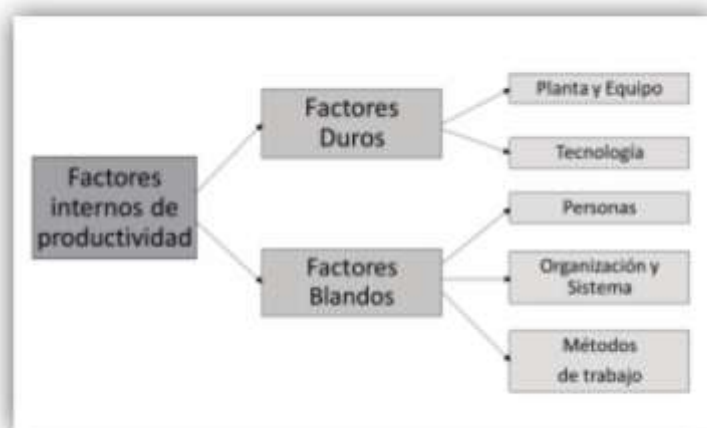


Nota: Basado de Duque, D. F. (2007).

La Figura 14 pretende mostrar los factores de éxito con la implantación de manufactura esbelta, donde esta filosofía de cambio o transformación ha contribuido en varios sistemas a través de las metodologías de cambio y sus técnicas como lo son: el uso de líneas modelo, eventos kaizen, enfoque de flujo y demás. Por medio de investigaciones se ha observado que la filosofía "Manufactura Esbelta" y sus técnicas se han utilizado para la planeación de procesos de transformación y la realización del diagnóstico. Lográndolo mediante la determinación de costos de producción e identificación de desperdicios asociados a sus procesos, además de indicadores de producción.

La Manufactura Esbelta es una filosofía de trabajo, basada en las personas, que define la forma de mejora y optimización de un sistema de producción focalizándose en identificar y eliminar todo tipo de "desperdicios", definidos éstos como aquellos procesos o actividades que usan más recursos de los estrictamente necesarios" (Hernandez, Vizán, 2013, p.10). (Duque, 2007).

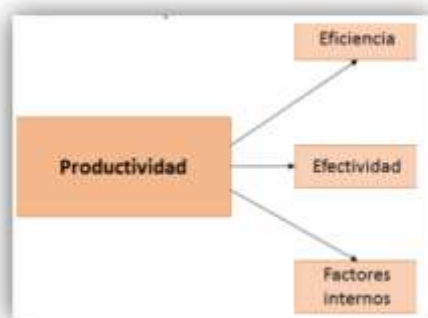
Figura 15
Factores internos de productividad



Nota: Basado de Herrera, M. K. (2019).

La Figura 15 resume los principales factores internos de impacto en la productividad, donde se muestra la división de estos factores en dos clases. En primer lugar, los factores duros son aquellos que impactan de una forma “Dura” o más directa, entre estos se visualizan la tecnología, personas, la planta y el equipo. Por otro lado, los factores blandos tienen en común las personas y aparte la organización del sistema y los métodos de trabajo.

Figura 16
Indicadores contenidos en la productividad



Nota: Basado de Herrera, M. K. (2019).

La Figura 16 representa los indicadores contenidos en la productividad que según Herrera (2019), “se definen cuál o cuáles variables de cada constructo tienen relación con el resto de los indicadores y en qué medida, además de establecer aquellas que tienen algún impacto sobre la productividad”

Figura 17
Herramientas de ME que inciden en la productividad



Nota: Basado de Herrera, M. K. (2019).

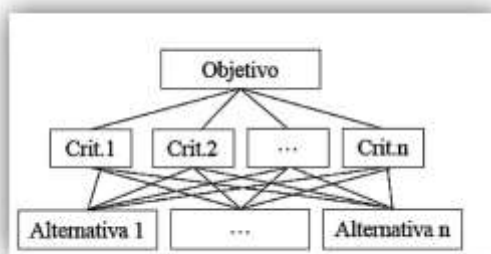
La Figura 17 representa el porcentaje de incidencia de las herramientas de Manufactura Esbelta, donde se puede visualizar que la herramienta de las 5S's tiene mayor porcentaje de incidencia con un valor del 15%, seguido de TPM, Milk run y kaizen con valores de 14%, 13% y 12% respectivamente.

Duque (2007), también menciona algunas dimensiones al establecer un sistema de control de proceso, contemplando ciertas métricas para cada dimensión de transformación. A continuación, se exponen algunas de estas dimensiones:

- Monitoreo del progreso de una implementación Lean: El establecimiento de una línea de base para las diferentes métricas al inicio de un proceso de implementación es necesario para mostrar el progreso y evaluar la efectividad de los diferentes cambios, herramientas y técnicas que se implementan. Monitoreo continuo: una vez implementadas las diferentes herramientas (post-implementación), estas métricas servirán, de alguna manera, como entrada para construir gráficos de control y establecer metas de mejora para los períodos de reporte (reuniones de revisión mensuales, trimestrales y anuales). (Duque, 2007).

1.6.2.2 Proceso Analítico Jerárquico (AHP). “La importancia del AHP está en la determinación de pesos relativos para calificar las alternativas. Al suponer que tenemos n criterios en cierta jerarquía específica, el AHP establece una matriz de comparación por pares A de $n \times n$, que mide el juicio del tomador de decisiones de la importancia concerniente a cada criterio. La comparación por pares se ejecuta de tal modo que el criterio en la fila i ($i=1, 2, 3, \dots, n$) se califica con respecto a cada criterio alterno. Si define el elemento (i, j) de A , el AHP utiliza la escala de Saaty del 1 al 9, donde $= 1$ representa que i y j tienen igual importancia para el experto. Luego, $= 5$ indica que i tiene una mayor importancia que j y $= 9$ indica que es extremadamente más importante que j .”

Figura 18
Proceso Analítico Jerárquico (AHP)



Nota: Basado de Mendoza. (2019).

Figura 19
Escala de juicio

Escala numérica	Escala verbal	Descripción
1	Igual importancia.	Los dos elementos están hechos igualmente a la prioridad o valores.
3	El elemento es moderadamente más importante respecto al otro.	El juicio y la experiencia previa favorecen a un elemento frente al otro.
5	El elemento es fuertemente más importante respecto al otro.	El juicio y la experiencia previa favorecen fuertemente a un elemento frente al otro.
7	La importancia del elemento es muy fuerte respecto al otro.	Un elemento domina fuertemente.
9	La importancia del elemento es extrema respecto al otro.	Un elemento domina al otro con el mayor nivel de magnitud posible.
2, 4, 6, 8	Valores intermedios entre dos juicios adyacentes.	
Inconsistencia (1/2)	Valores intermedios entre juicios adyacentes, indica esta escala si uno que se subestima respecto al otro grado de prioridad.	
Inverso		
1 1 1 1 1 1 1 1 2 3 4 5 6 7 8 9		Se utiliza cuando el segundo elemento es inverso del primero a comparación.

Nota: Basado de Mendoza. (2019).

La Figura 19 presenta una forma de evaluación de criterios según juicio de expertos. De acuerdo con Mendoza (2019), “Una vez recopilados los juicios individuales de los expertos, se calculan los pesos relativos de cada criterio, normalizando la matriz para crear una nueva. Este

proceso requiere básicamente dividir los elementos individuales de cada columna entre la suma de la columna. Por otro lado, para el cálculo de los vectores de prioridad de cada criterio, es necesario promediar cada fila de la matriz normalizada.”

- **Medida de consistencia:** calcular el índice de consistencia () para cada criterio, donde es igual al número de criterios. La ecuación presenta la fórmula matemática. (Mendoza, 2019)

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1}$$

- **Índice Aleatorio (IA):** este puede ser calculado de manera empírica como el promedio CI de una muestra grande de matrices de comparación generadas al azar. En la ecuación (2) se denota la expresión.

$$IA = \frac{1,98(n - 2)}{n}$$

- **Razón de Consistencia (CR):** como se presenta en la ecuación:

$$CR = \frac{CI}{IA}$$

1.6.3 Marco Legal

1.6.3.1 Leyes, decretos y resoluciones

- Ley 76 de 1927: Sobre protección y defensa del café (Cafeteros F. N., 2020).
- Ley 76 de 1931: Provee el fomento de la industria cafetera (Cafeteros F. N., 2020).
- Decreto Ley 2811 de 1974: Por el cual se dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente (Cafeteros F. N., 2020).
- Ley 09 de 1979 Por la cual se dictan medidas sanitarias (Cafeteros F. N., 2020).
- Ley 863 de 2003 Ley normas tributarias -transferencias cafeteras (Cafeteros F. N., 2020).
- Decreto 2078 de 1940 Se dictan medidas relacionadas con la industria del café (Cafeteros F. N., 2020).

- Decreto 1173 de 1991 Por el cual se expiden normas sobre regulación de la política cafetera y se dictan otras disposiciones (Cafeteros F. N., 2020).
- Resolución Número 003929 de 2013: Por la cual se establece el reglamento técnico sobre los requisitos sanitarios que deben cumplir las frutas y las bebidas con adición de jugo (zumo) o pulpa de fruta o concentrados de fruta, clarificados o no, o la mezcla de éstos que se procesen, empaquen, transporten, importen y comercialicen en el territorio nacional (Social, 2013).

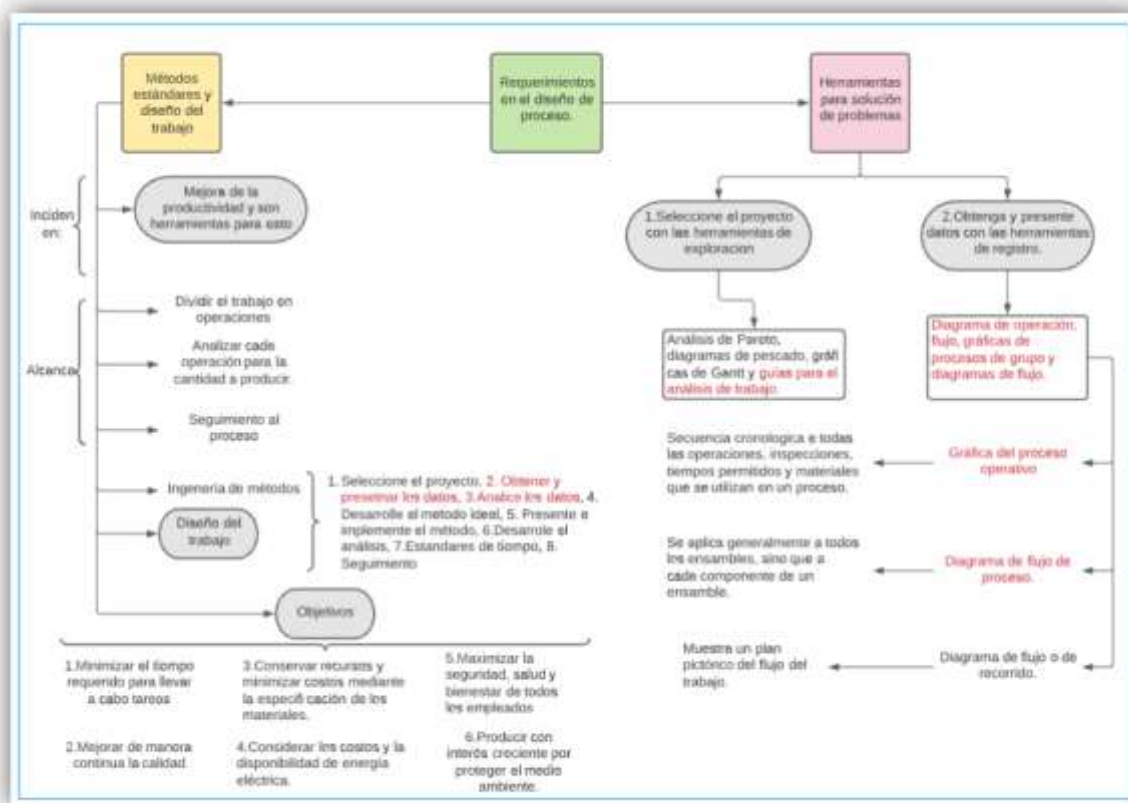
2. Diagnóstico del proceso de transformación de cereza de café

2.1 Guía para el análisis del trabajo como herramienta de exploración para el proceso de transformación de café en la finca El Alto

Para la elaboración de la guía de análisis en el trabajo se tuvo en cuenta los requerimientos en el diseño de procesos y las variables incidentes en los desperdicios. En estos requerimientos se menciona la guía para el análisis de trabajo, el cual es un formato tipo encuesta. Las preguntas están conformadas con base a estos dos conceptos y además de esto a la influencia de los métodos de diseño en las áreas operacionales de la empresa o finca El Alto.

Figura 20

Mapa conceptual del contenido en los capítulos uno y dos del libro titulado "Ingeniería industrial métodos, estándares y diseño de trabajo"



Este concepto se divide en dos: métodos estándares y diseño del trabajo y herramientas para la solución de problemas. El primero consiste en la incidencia como lo es la mejora de la productividad. En este se describe el alcance de estos métodos por tres secciones las cuales son

dividir, analizar y seguimiento. También se explica paso a paso la metodología en la ingeniería de métodos para el diseño de trabajo. Estos pasos son descritos en los numerales del 1 al 8. En la etapa de diagnóstico se resaltan en color rojo el obtener, presentar y analizar datos, pero también se muestran los objetivos de esta metodología. Por otro lado, el concepto de herramientas para la solución de problemas se divide en dos conceptos: las herramientas de exploración y la presentación de información. Esta última enmarcada en color rojo para identificar las herramientas implementadas en el diagnóstico.

Tabla 4

Variables para identificar en el proceso de elaboración de café pergamino en la finca El Alto

Desperdicio	Descripción	Variables
Sobreproducción	Producir más o antes de lo necesario	Cantidad de producción, demanda, tiempo de entrega.
Inventarios	Cualquier acumulación de materiales o información.	Capacidad, área, flujo de material, comunicación entre áreas.
Sobre proceso	Procesos innecesarios	Operaciones, inspecciones, demoras, transporte, tiempo que no genere valor al proceso.
Esperas	Tiempos perdidos en las máquinas o personas	Tiempo perdido de trabajador, tiempo perdido de máquina.
Reprocesos	Por defectos o inspecciones	Estándares de calidad.
Transportes	De productos, materiales o información de un lugar a otro	Distancia, Peso, locación, distribución, cantidad, capacidad, vehículo
Movimientos	Movimientos Innecesarios de personal por zona de trabajo.	Tiempo productivo, esfuerzo.

Nota: Basado De Ibarra-Balderas, V. M. (2017).

La Tabla 4 representa las posibles variables a encontrar en la identificación de desperdicios de cada estación en el proceso actual, según la filosofía Lean y teniendo en cuenta la teoría encontrada. De esta forma la gráfica representa el tipo de desperdicio a encontrar con la descripción y variables en los que se muestran. Según el autor la muda o el desperdicio; “Se define como cualquier actividad en un proceso que consume recursos y que no agrega valor al producto o servicio desde el punto de vista del cliente; la eliminación del desperdicio es la forma

más eficiente de aumentar la rentabilidad de cualquier organización por eso es importante entender exactamente qué es y dónde se encuentra. Y lo que es más importante, sin aumentar el estrés de las personas. No se trata de hacer más, sino de hacerlo mejor. El gurú Taiichi Ohno identificó 7 formas diferentes de desperdicios que se dan en cualquiera de las fases de realización de un producto o servicio”. (Ibarra-Balderas, 2017) .

Figura 21

Guía para el análisis del trabajo en la finca El Alto según requerimientos del diseño de proceso y variables incidentes en los desperdicios

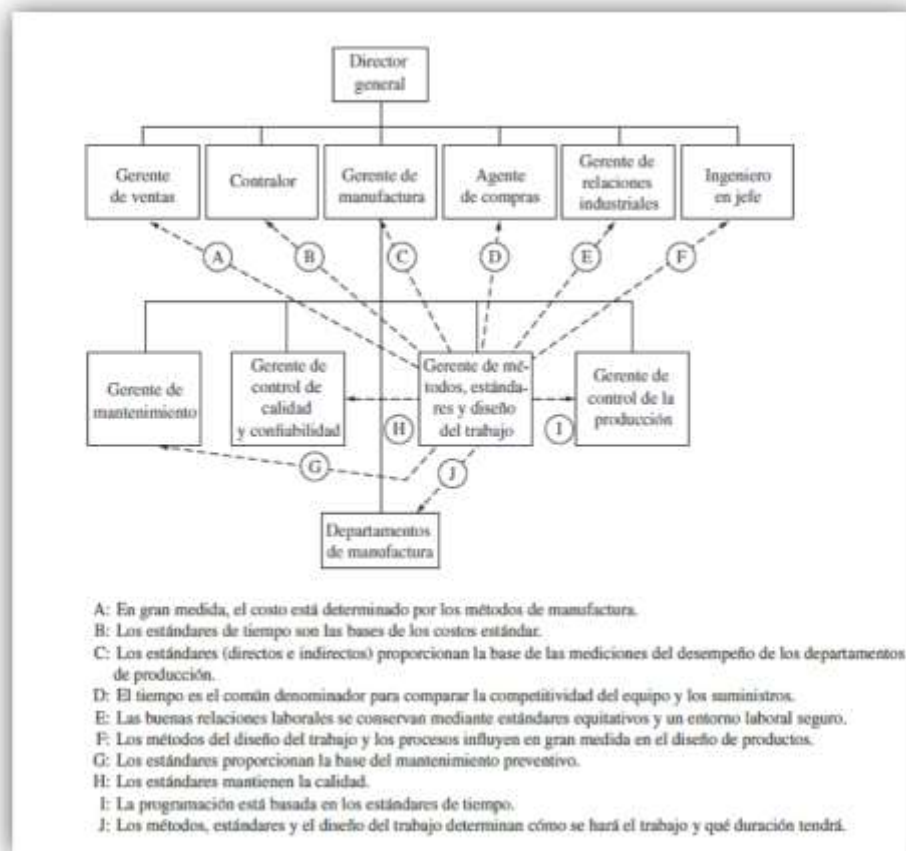
Guía para el análisis del trabajo/ lugar de trabajo	
Trabajo- Sitio de trabajo Proceso de transformación del café	Analista: Juan Carlos Gomez Sanchez Fecha: 18/08/2021
Descripcion:	Café fruto o cereza a café pergamino
Factores del trabajador	
Nombre: Fabio Sanchez Edad: 54	
Equipo de protección personal Gafas de protección Máscara zapatos de seguridad	Tapones en los oídos Guantes Otros: Botas de caucho
Factores del proceso de trabajo	
1. Describa el proceso de producción de la finca por estaciones y sus actividades	12. Describa el proceso de balance de materia, tiempos, distancias, abastecimiento, almacenamiento, requerimientos de alistamiento, transporte de cada estación y capacidades
2. ¿ Cuantas variedades de productos o salidas tienen la finca (pergamino, molido, compost).?	13. ¿ Cuánto es el valor que representa el área de cada estación?
3. De las variedades de café, ¿ Cuánto se genera de producto final o café pergamino y para café molido compost?	14. ¿ Cuál de los siguientes desperdicios está presente en cada estación teniendo en cuenta las variables descritas en la parte izquierda ?
4.A. Cantidad de producción, demanda, tiempo de entrega. 4.B. Tiempo perdido de trabajador, tiempo perdido de máquina. 4.C. Distancia, Peso, locación, distribución, cantidad, capacidad, vehículo 4.D. Operaciones, inspecciones, demoras, transporte, tiempo que no genere valor al proceso. 4.E. Capacidad, área, flujo de material, comunicación entre áreas. 4.F. Tiempo productivo, esfuerzo. 4.G. Estándares de calidad	A. Producir más de lo demandado o producir algo antes de que sea necesario. B. Esperas, puntualidad C. Transporte Cualquier movimiento innecesario de productos y materias primas D. Sobre procesos limpiar dos veces o simplemente hacer un informe que nadie va a consultar, Hacer un trabajo extra sobre un producto E. Exceso de inventario F. Movimientos innecesarios, cansancio al trabajador G. Defectos
5. ¿ Cuánta es la demanda de cada tipo de producto de salida ?, (datos históricos)	15. ¿ Cuánto es el tiempo en cada estación del proceso ?
6. ¿ Cuáles son los defectos y mermas ocasionadas en cada estación del proceso actual ?	16. Pérdidas en desperdicios cuantificadas (es decir cuanto pierde de merma en cada estación del proceso y para el abono cuanto pierde y en qué forma)
7. Lead time de proveedores que se demoran en traer los suministros por estación	17. ¿ Como es el proceso de compra de suministros, herramientas, materia prima indirecta, materia prima directa (semillas).?
Indicadores	
8. ¿ Cuánto es la cantidad de entradas y salidas por estación ?	18. ¿ Cuál es la Cantidad Real con calidad para transformación y la cantidad ingresada destinada para transformación?
9. ¿ Cuánto es el tiempo productivo y el tiempo disponible?	19. ¿ Cuánta es la cantidad de materia prima o transformaciones de café terminados realizados y los días disponibles de trabajo?
10. ¿ Cuánto es la cantidad de la merma encontrada y la cantidad transformada del proceso ?	20. ¿ Cuánto es el tiempo productivo de cada estación y el tiempo total del proceso?
11. ¿ Cual es la Disponibilidad, Rendimiento, Calidad de las máquinas presentes en el proceso?	21. ¿ Cuánto es el consumo anual de pulpa de café y el Stock de pulpa de café Q(cantidades)?

La Figura 21 presenta la guía para el análisis de trabajo, la utilización de esta guía nos permitirá la obtención de datos del método de trabajo actual y con ello dividir el trabajo en operaciones, analizar cada operación para la cantidad a producir, tener un seguimiento del

proceso que está en contacto directo con el administrador de la finca y es por ello por lo que la estructura de la guía es semejante a la guía de evaluación mostrada de Niebel y Freivalds, (2009) en forma de cuestionario cuantitativo. El propósito de la guía es la obtención de datos y el poder presentar estos datos con las herramientas de registro; diagrama de operación, flujograma analítico, graficas de proceso y diagramas de flujo con sus variables y parámetros correspondientes a cada herramienta, como cantidad, tiempo, materia prima e insumos necesarios y descripción del como los trabajadores abordan las diferentes etapas o estaciones del proceso actual. También, según las posibles variables incidentes en desperdicios lean que se puedan encontrar las preguntas 4 y 14 con base a la tabla 4, la cual describe el desperdicio lean y su variable.

Figura 22

Diagrama de una organización típica que muestra la influencia de los métodos, estándares y diseño del trabajo en la operación de la empresa.

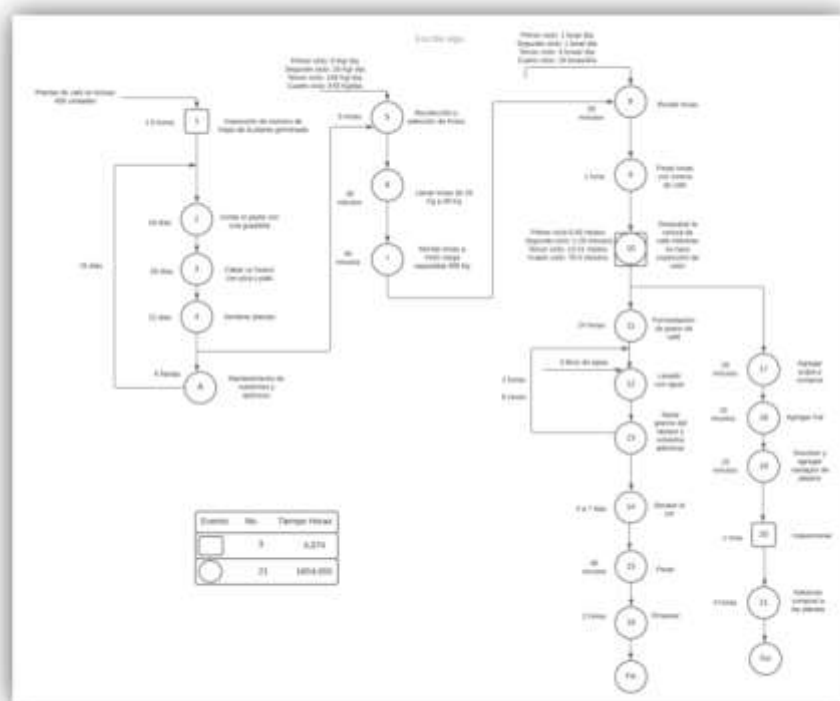


Nota: Basado de Niebel, B. W. (2009).

La Figura 22 presenta las diferentes áreas de una organización típica y la influencia que tiene el área de diseño de métodos con las demás operaciones, dependiendo de cada interacción surgen diferentes factores que se deben tener en cuenta en el momento de diseñar un nuevo trabajo, estos factores serán obtenidos en forma de datos respecto a cada inciso enumerado desde el inciso A hasta el inciso J. Estos datos se obtendrán por medio de preguntas con el área de “controlador” para extraer estándares de tiempo, con el área de “manufactura” para cantidades requeridas en el área de manufactura, entradas de insumos y materia prima con el “agente de compra”, entorno laboral y la relación de los trabajadores con el proceso en cuanto a seguridad en el área de “relaciones industriales”, en el área de “control y calidad” se preguntara sobre los requerimientos del almacenamiento de pulpa de café y la elaboración de compost, y de esta forma obtener datos que inciden en el diseño de un nuevo método respecto a las demás operaciones que se realizan en el proceso actual el cual se visualiza en la figura 23.

2.2 Gráfica del proceso operativo como Herramienta de obtención y presentación de datos

Figura 23
Gráfica del proceso operativo de transformación de café



En la Figura 23 se observa la presentación de datos según los requerimientos en el diseño de proceso, donde la gráfica de operaciones muestra la secuencia de eventos con su correspondiente acción a realizar y el tiempo determinado para esta labor. La primera sección de eventos corresponde a la etapa o estación de semillero. Este solo se pone en marcha cuando se requiere sembrar nuevas plantas y se tiene en cuenta la espera de los primeros frutos, los mantenimientos o acción de nutrientes y químicos. Esta sección se está revisando cada quince días, es por ello por lo que el evento "A" se repite cada 15 días. La segunda sección ocurre desde el evento 5, el cual corresponde a la recolección. Este se lleva a cabo en 3 lotes de 4 hectáreas aproximadamente, en cuatro ciclos de quince días y una espera de ciclo a ciclo de treinta días. Es por ello por lo que en este evento la entrada de frutos de café depende principalmente del ciclo. El comportamiento de entradas a este evento es de forma creciente respecto al tiempo. El proceso de transformación a café pergamino está entre los eventos cinco a dieciséis, donde al evento nueve se recibe empacado el fruto en lonas para el proceso de despulpar dependiendo del ciclo. También se puede ver un bucle de repetición del evento 13 al 11, estas operaciones están en la estación de lavado donde el fin del bucle es hasta llegar a la repetición seis con un tiempo de dos horas. Por último, se muestra el proceso de transformación de la pulpa de café actual desde el evento 17 "agregar pulpa al compost" hasta el evento 21 donde se adiciona el compost ya transformado a las plantas de la finca El Alto

Figura 24

Segunda guía para el análisis del trabajo en la finca El Alto según la Influencia de los métodos, estándares y diseño del trabajo en la operación de la empresa

Guía para el análisis del trabajo/ lugar de trabajo	
Trabajo- Sitio de trabajo	Proceso de transformación del café
Analista: Juan Carlos Gomez Sanchez	Fecha: 18/08/2021
Descripción: Café fruto o cereza a café pergamino	
Factores del trabajador	
Nombre: Fabio Sanchez	Edad: 54
Equipo de protección persona Gafas de proteccion Máscara zapatos c Tapones en los oídos Guantes Otros: Botas de caucho	
Factores del proceso de trabajo	
22. ¿ Que tan competente es la interacción entre los suministros (pulpa de café) y el equipo. Teniendo en cuenta los tiempos de los suministros y el tiempo de ser transformados estos en el equipo?	31. Los mantenimientos preventivos en los equipos del proceso hasta el café pergamino y el proceso del compostaje como se llevan a cabo
23. ¿Cuánto tiempo dura la pulpa de café en su almacenamiento?	32. La demanda requerida y los estándares de tiempos como es la relación entre estos, es decir, la estandarización en cuánto a tiempos, cantidad, manejo de materia prima en el proceso de producción como están afectando actualmente las demandas requeridas. ¿Se cumplen estas demandas requeridas?
24. ¿ Cuáles son los requerimientos para el almacenamiento de esta pulpa de café ?	
25. Pulpa de café en relación con la demanda de compostaje, en cantidad y tiempo, capacidad de cubrir, ¿ Cuánta demanda para cuantas hectáreas o áreas de plantas de café cubre?.	33. ¿Cuánto es la duración de un ciclo de trabajo y cuantos bultos o cantidad de producto terminado se obtiene?
26. ¿Que tan seguro es el área de los equipos desde el inicio del proceso hasta la última estación?	34. ¿ Cuánto es la capacidad tecnológica de cada equipo en cada estación?
27. ¿Como influye el proceso de diseño de transformación actual de la pulpa de café en el compostaje utilizado.?	35. ¿ Cuántas variedades tiene de café y su cantidad por cosecha aproximadamente ?
28. Los estándares del método actual en cuanto a preparación cantidades tiempo áreas distribución cuándo estos se salen de los límites y cómo actúan actualmente, ¿se tiene un proceso estandarizado?	36. ¿ Quienes son los suministradores de las materias primas secundarias teniendo en cuenta que la principal materia prima es el fruto de café?
29. ¿Cuánta cantidad de pulpa de café es generada y transformada a compostaje.?	37. ¿Quien o quienes le dan las semillas o plantas de café para el proceso de sembrar, además de otras materias primas.?
30. Area disponible para nuevos tratamientos de pulpa de café	38. Equipos y herramientas de cada estación de trabajo.

La Figura 24 muestra la guía para el análisis del trabajo en la finca El Alto con base a la influencia de los métodos, estándares y diseño del trabajo para las empresas según la información encontrada. Todos estos factores fueron extraídos en forma de pregunta para encontrar oportunidades de mejora.

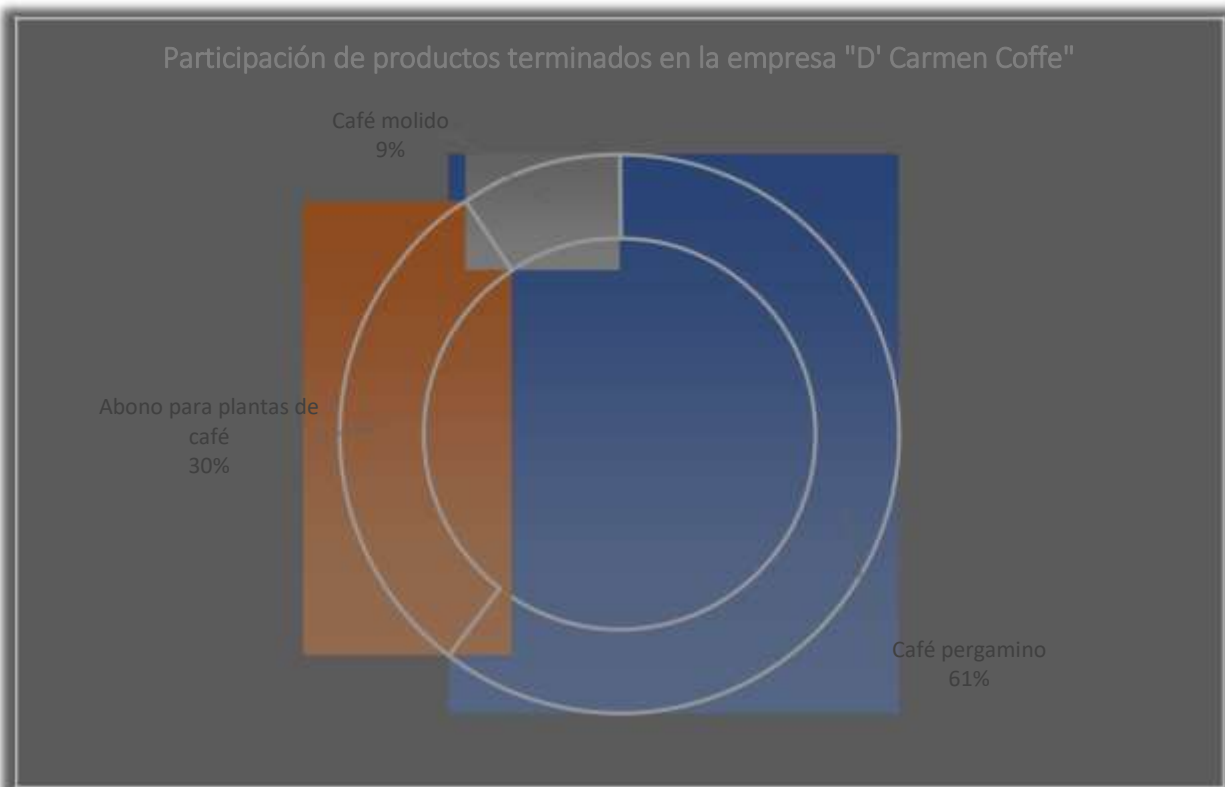
2.3 Resultados de las guías para el análisis del trabajo en la finca El Alto

La presentación de resultados se mostrará a través de tablas, gráficas, ilustraciones y diagramas correspondientes a la información recolectada. De esta forma se presentarán en este orden:

- Resultados de las preguntas 2 y 3, se visualizan en una gráfica de proporción en la figura 25.
- Resultado de la pregunta 1, se describe el proceso de producción en una tabla.
- Resultados en las preguntas (6,13,15,16) en forma tabular por estación.
- Resultados de la pregunta 4, relacionado con desperdicios Lean en una tabla.

- Resultados de preguntas del 21 al 29 en la Figura 30.
- Resultados de preguntas 30 a 38 en diagramas de presentación de información.

Figura 25
Participación de productos terminados en la empresa



La Figura 25 representa las variedades de productos terminados en la empresa "D' Carmen Coffe", en donde solo en la finca El Alto o planta de producción, se elaboran los productos terminados como el café pergamino y abono para plantas de la misma finca. El café pergamino tiene una proporción mayor a la mitad de producción de La Finca, con un valor de 61%, mientras que el abono para plantas de café tiene un valor de 30%. Esto como resultado de las preguntas dos y tres realizadas en la guía de exploración de área de trabajo. Además de esto es importante considerar que la demanda requerida por el Cliente Comercial está dada por la producción de La Finca.

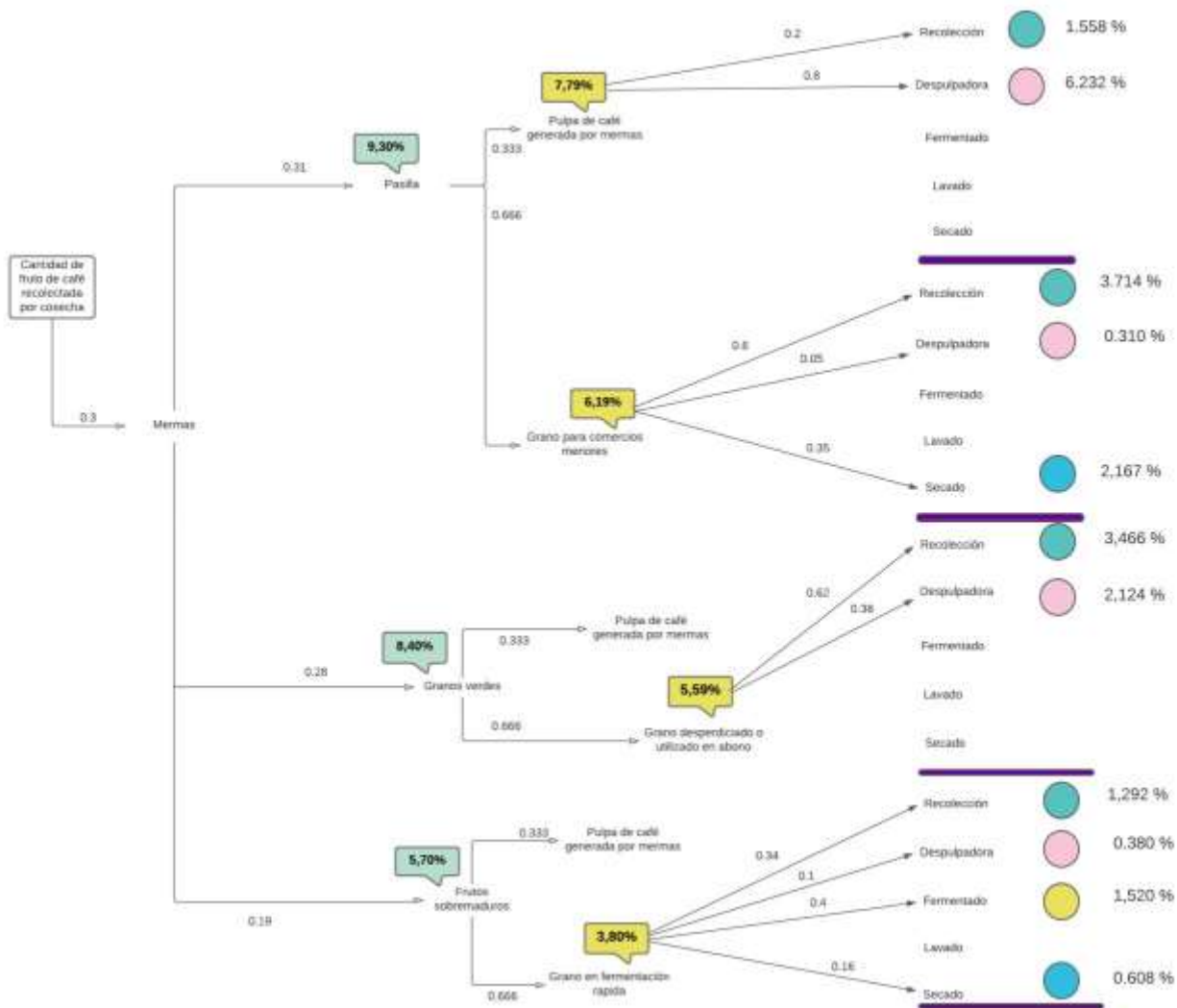
La recolección de información agrupa algunas preguntas con datos en común, es por ello por lo que se dividen en diferentes tablas con similitud de información. La identificación de estas preguntas se enmarca en el título de cada tabla.

Tabla 5
Resultados de las guías para el análisis del trabajo en la finca como herramienta de exploración mostradas en la pregunta 1

Descripción del proceso de producción de café pergamino en la finca El Alto.
<p>1.) 1.1 Semillero: En esta estación se obtienen las plantas en bolsa las cuales para su plantación deben tener 3 niveles de hojas o 6 hojas y la raíz no debe estar enroscada en la punta y no pasar más de 6 meses de ser germinada, de esta forma el tiempo de sembrado es de dos meses para plantar 400 plantas para esto se cuenta con tres trabajadores de 7:00 Am a 4:00 Pm, las actividades son alistar el pasto con una guadaña, cavar un hueco con pica y pala de 27 a 30 cm de profundidad, una distancia entre plantas de 0.5 a 0.8 m y un espacio entre surcos a 2 metros, esta actividad se realiza al inicio de la creación de una plantación y cada 6 años para renovar las plantas viejas. 1.2 Recolección: En esta estación se recoge los frutos de color morado uva o rojos, si se recogen verdes y sobre maduros en valdes diferentes, cada trabajador tiene dos valdes, uno para recoger el rojo o morado y el otro para los errores verdes o morados, es decir, verde o sobre maduro, estos valdes están sujetos a la cintura por medio de una correa con una capacidad de 12 kg , además de esto se tiene una lona de fibra con capacidad de 50 kg pero el trabajador aproximadamente carga de 25Kg a 30 Kg hasta el moto carga el cual tiene a su vez una capacidad de 400 kg. El trabajo de recolección se realiza en un tiempo de 7:00 am a 4:00 pm, donde en este intervalo de tiempo se realizan viajes hasta la estación de pesaje Por día un trabajador recoge entre 60 a 120 kg. 1.3 Pesaje: En esta estación se recibe el fruto de café empacado en lonas de 50 kg(rojos), el almacenamiento de estas lonas están cerca de la estación de despulpar y se realiza después de la recolección en un horario de 4:00 pm a 5:00 pm si es en el primer ciclo o durante el trabajo de recolección en el segundo tercer y cuarto ciclo dependiendo de la cantidad en recibida, esta tarea es realizada por un trabajador que también está en la estación de despulpar, cabe resaltar que esta cereza de café no puede estar más de 10 horas almacenadas. 1.4 Despulpadora: En esta estación se utiliza una despulpadora de “3 chorros y medio”, con una capacidad de una tonelada por hora y media de cereza de café como entrada y esta tiene dos salidas una por donde sale el café en grano y el otro la pulpa de café. En esta estación hay dos trabajadores uno en inspección de que no pasen frutos verdes y el otro alimentando la tolva de cereza de café, esta pulpa de café se almacena en tinas y el grano de café se almacena en un tanque con capacidad de 2 toneladas. 1.5 Fermentado: En esta estación el café se deja 24 horas en fermentación con una capacidad de 2 toneladas de almacenamiento. 1.6 Abono: Inicia desde el área de despulpado donde la pulpa fue almacenada en tinas, esta pulpa es transportada a la estación de elaboración de abono ubicada a 100 m de distancia de la despulpadora por medio de carretillas de una capacidad de carga de 80 Kg a 100 Kg, pero los trabajadores cargan 12.5 Kg, 2 trabajadores para estas estaciones, se le agrega cal en el almacenamiento y vástagos de plátano durante seis (6) meses esta tarea dura entre 3 a 4 horas. 1.7 lavado: En esta estación se lava el grano fermentado hasta que no quede mucilago o “baba”, se realizan 6 ciclos de lavado donde en cada uno se agregan entre 1 a 3 litros de agua, estas se sacan en tinas y se vuelve agregar el grano este proceso dura 2 horas. 1.8 Secado: En esta estación entra el café lavado y se ubican en parcelas dependiendo el día de salida dura entre 4 a 7 días en secado dependiendo del sol, toda la parcela tiene una capacidad de 40 bultos de 50 Kg, esto hasta 11.5 de humedad. 1.9 Empacado: Se empaca en bultos de 50 kg y se almacena en una bodega con estibas para que no haya contacto con el suelo.</p>

La Tabla 5 es el resultado de la pregunta 1 en la guía para análisis de diseño en el trabajo. En esta se describen las estaciones del proceso de producción de café pergamino en la finca El Alto. Dentro de esta tabla se muestran los procesos de balance de materia, tiempos, distancias, abastecimiento, almacenamiento, requerimientos de alistamiento, transporte de cada estación, capacidades y los materiales utilizados en cada estación. Todos estos se obtuvieron al momento de realizar la visita y entrevistar al Administrador de La Finca junto a dos trabajadores. La entrevista se realizó con una cámara que tiene capacidad de filmar, donde además de estas preguntas, por medio del recorrido se transmitió la experiencia de cinco años trabajando en el proceso de café.

Figura 26
Árbol de probabilidad de las mermas por estación del proceso actual.



La figura 26 presenta la obtención porcentual de las mermas por estación a través de un árbol de probabilidades, los cuadros de color verde indican el valor de ocurrencia según el administrador y los trabajadores de cada tipo de merma, como base de la investigación la percepción de los trabajadores en este primer contacto con la finca “el alto”. Luego de las mermas de color verde se desglosan unas submermas que también presentan un valor de ocurrencia señaladas con color amarillo y de la misma forma estas tienen una presencia porcentual en cada estación, dando como resultado el valor en la que cada una de estas hacen presencia en las estaciones señaladas en la figura 26 anterior.

Tabla 6
Resultados en las preguntas (6,13,15,16) relacionadas por estación de proceso involucrada

Estación	Mermas (cuales)	Mermas (%)	Lead time (t) (Materia Prima)	Área (m ²)	Tiempo total
Recolección	<ul style="list-style-type: none"> • Grano en fermentación rápida. • Grano desperdiciado o utilizado en abono. • Grano para comercios menores. • Pulpa de café generada por mermas. 	<ul style="list-style-type: none"> • 1,292 % • 3,466 % • 3,714 % • 1,558 % 	Valde de recolección y correas (1 día). Lonas (30 minutos).	120000	60 días o 4 ciclos de 15 días.
Despulpadora	<ul style="list-style-type: none"> • Grano en fermentación rápida. • Grano desperdiciado o utilizado en abono. • Grano para comercios menores. • Pulpa de café generada por mermas. 	<ul style="list-style-type: none"> • 0,380 % • 2,124 % • 0,310 % • 6,232 % 	4 días (rodamientos, camisas, pecheros)	9,375	21 horas o 1.5 horas por tonelada
Fermentado	Café con mucilago y PH bajo para fermentado	1,520 %	No requiere	3,5	192 horas o 24 horas por despulpada
Lavado	Perdida de grano al extraer y agregar el grano al tanque.	2,652%	Agua diariamente	4	2 horas por ciclo o 64 horas.
Secado	<ul style="list-style-type: none"> • Humedad menor o mayor que 11.5. • Grano para comercios menores 	<ul style="list-style-type: none"> • 0,608 % • 2,167 % 	No requiere	240	4 a 7 días por ciclo

La Tabla 6 muestra los resultados relacionados a las preguntas del guía de exploración 6,13,15 y 16 las cuales corresponden a la cuantificación de dimensiones de las estaciones de proceso en área y tiempo. Además de esto, se adquirió información de la materia prima utilizada, así como su tiempo de obtención por parte de los proveedores. Por último, se resumieron los datos sobre las mermas encontradas y su porcentaje de aparición por ciclo de proceso de la figura 26. Esta cuantificación de mermas se obtuvo de la experiencia de los trabajadores y el administrador de la finca, y con ello la distribución de este porcentaje en cada causa o merma cualitativa. Es importante aclarar que estos ciclos tienen una duración de quince días y una

espera entre ciclos de treinta días, contemplando un total de cuatro ciclos desde el segundo semestre del año.

Tabla 7
Ciclo y porcentaje de merma para cada estación

Ciclo y porcentaje de merma	Estaciones				
	Recolección	Despulpadora	Fermentado	Lavado	Secado
1	2,602%	1,003%	0,905%	0,152%	0,277%
2	4,703%	1,504%	1,809%	0,304%	0,555%
3	7,404%	3,510%	1,809%	0,456%	0,796%
4	11,313%	4,012%	4,523%	0,608%	1,110%
Total	26,022%	10,030%	9,046%	1,520%	2,775%

La Tabla 7 representa los porcentajes de merma calculados por el administrador de la finca, en los cuales se le dio un valor por medio de juicio de experiencia en el trabajo de transformación de café. Además de esto, no está presente la merma “granos quemados” ya que esta es ocasionada por un proceso fuera de la finca. Dando así un valor total de mermas en El Alto de 26,022%. El porcentaje de mermas con el paso de los ciclos toma valores que van aumentando en la participación del porcentaje total los cuatro ciclos. En la estación de recolección los dos primeros ciclos están entre los valores 1,003% y 1,504%; valores muy cercanos. Pero a medida que la cantidad de cereza de café aumenta en el ciclo 3 y cuatro cambia a 3,510% y 4,012% respectivamente. El comportamiento de crecimiento de mermas se debe a la cantidad de cerezas de café ingresadas al sistema, también para las estaciones de fermentado, lavado y secado. Aun así, para las estaciones de despulpado para los tres primeros ciclos no se presenta valores altos de merma comparados con el último ciclo, que muestra un valor alto de 4,523% de un ciclo a otro. Este fenómeno se debe a que la disponibilidad de máquina despulpadora está en un valor de 87% y es donde la cosecha da mayor cantidad de fruto de café o cereza de café.

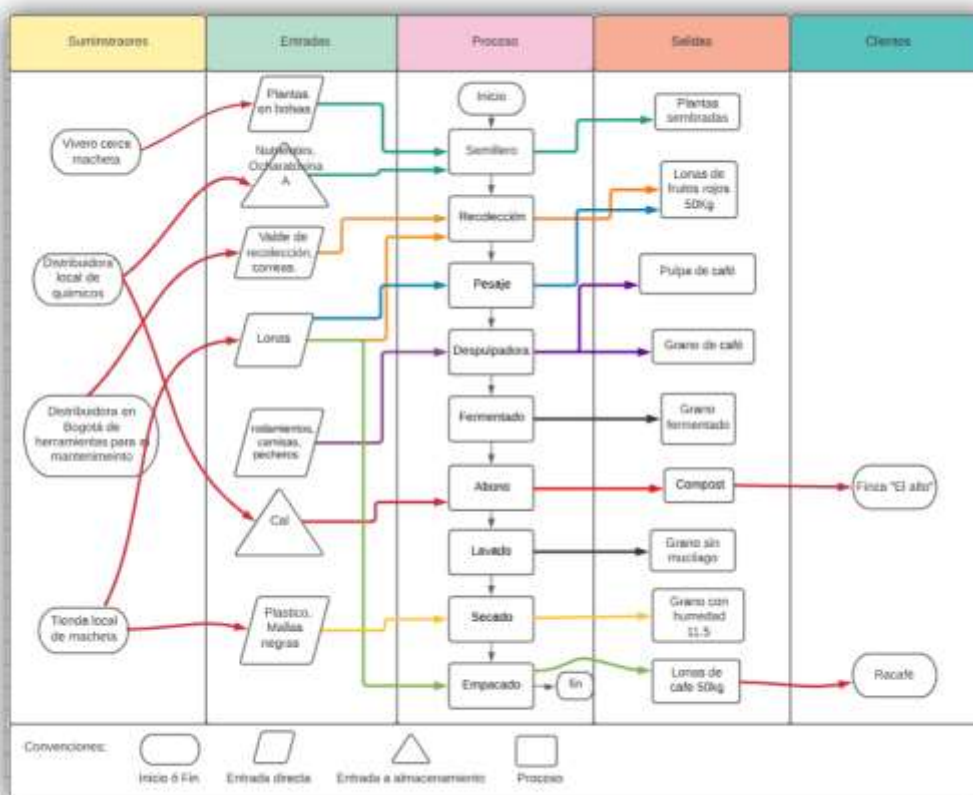
Figura 27
Resultados de forma tabular a las preguntas de los factores incidentes en el área de métodos, estándares y diseño

Factores del proceso de trabajo	Resultados
21. ¿Qué tan competente es la interacción entre los suministros (pulpa de café) y el equipo? ¿Teniendo en cuenta los tiempos de los suministros y el tiempo de ser transformados estos en el equipo?	El tiempo de suministro de pulpa de café es de 1,5 horas por tonelada y tiempo de transformación de la pulpa es de 6 meses por tonelada la cual se transforma en abono, teniendo en cuenta como factor denominador el tiempo para medir esta competencia, la cual es de nivel bajo ya que la obtención de pulpa es el 0,104167% del tiempo de transformación de la pulpa de café teniendo en cuenta que la transformación tiene un tiempo de 1440 horas.
22. ¿Cuánto tiempo dura la pulpa de café en su almacenamiento?	La pulpa de café dura en su almacenamiento de 3 horas si se cuenta con un trabajador encargado para esta tarea y 12 horas si no se cuenta con trabajador.
23. ¿Cuáles son los requerimientos para el almacenamiento de esta pulpa de café?	El lugar es un área cuadrada con techo para el impedimento del paso de la luz en finas de almacenamiento con un valor de 5 m ² .
24. Pulpa de café en relación con la demanda de compostaje, en cantidad y tiempo, capacidad de cubrir, ¿Cuánta demanda para cuantas hectáreas o áreas de plantas de café cubre?	La pulpa de café transformada en abono cubre seis (6) hectáreas de plantas para producción este abono debe esparcirse rápidamente lo cual lleva a cabo un tiempo de tres meses por dos trabajadores.
25. ¿Qué tan seguro es el área de los equipos desde el inicio del proceso hasta la última estación?	Los equipos como tapabocas especiales para plaguicidas, el traje en el momento de fumigar no ha ocasionado accidentes laborales por lo que se consideran seguros ya que las inseguridades en el trabajo o riesgos están en la manipulación de químicos como la "Ochratoxina A", en la finca no se ha encontrado broca o plaga de este tipo.
26. ¿Como influye el proceso de diseño de transformación actual de la pulpa de café en el compostaje utilizado?	El proceso de transformación actual ayuda a los gastos por compostajes externos, aun así, se utilizan compostajes endemos y nutrientes o sustratos en forma de gastos ya que el tratamiento puede ser mejorado.
27. Los estándares del método actual en cuanto a preparación cantidades tiempo áreas distribución cuándo estos se salen de los límites y cómo actúan actualmente, ¿se tiene un proceso estandarizado?	El método actual de producción se estandarizo al tercer año de producción durante dos cosechas se han implementado los tiempos y las cantidades mencionadas, aun así, en el momento de que los resultados de la estandarización no resulten se evalúa y se ajustan estas medidas.
28. ¿Cuánta cantidad de pulpa de café es generada y transformada a compostaje?	De 6,5 toneladas en promedio de pulpa de café se generan 3 toneladas de compost.
29. Área disponible para nuevos tratamientos de pulpa de café	Se cuenta con un cuarto donde se guarda la materia prima para los mantenimientos de nutrición a las plantas de café, esta tiene un área de 27 m ² , además de esto se cuenta con área de cielo abierto cerca del almacenamiento de compost de 8 m ²

De la Figura 27 se puede extraer la competencia entre el suministro de pulpa de café y la transformación de la pulpa de café, donde la obtención de la pulpa de café es el 0.0104 % del tiempo de transformación de esta pulpa a compost. Además de esto se describen factores como el tiempo de almacenamiento, sus requerimientos, la relación de la demanda de compost, la cantidad producida, la estandarización del método actual utilizado en el proceso de forma general y las áreas disponibles para posibles transformaciones. También cabe agregar que el tiempo estándar para sembrar las plantas de café no ha funcionado pues se ha realizado pocas veces en el proceso de producción, esto ha producido errores debido a la falta de información y estandarización en la actividad de sembrar.

Para el entendimiento del proceso de transformación de café en la finca El Alto la herramienta en forma tabular SIPOC (Suministrador, entradas, proceso, salida) facilita la visualización de las identificaciones de los suministradores, las entradas de las estaciones del proceso, las salidas de estos y los clientes a los que va dirigido. Según Iglesias (2012), “El SIPOC es una técnica que permite identificar cuáles son los suministradores del proceso, las entradas de cada suministrador al proceso, el proceso propiamente dicho, o sea, las etapas o fases del proceso, las salidas que emite el mismo y los clientes externos e internos que reciben estas salidas”.

Figura 28
Entradas y salidas del proceso de transformación de café, preguntas (36 a 38) de la segunda guía de exploración para análisis de trabajo



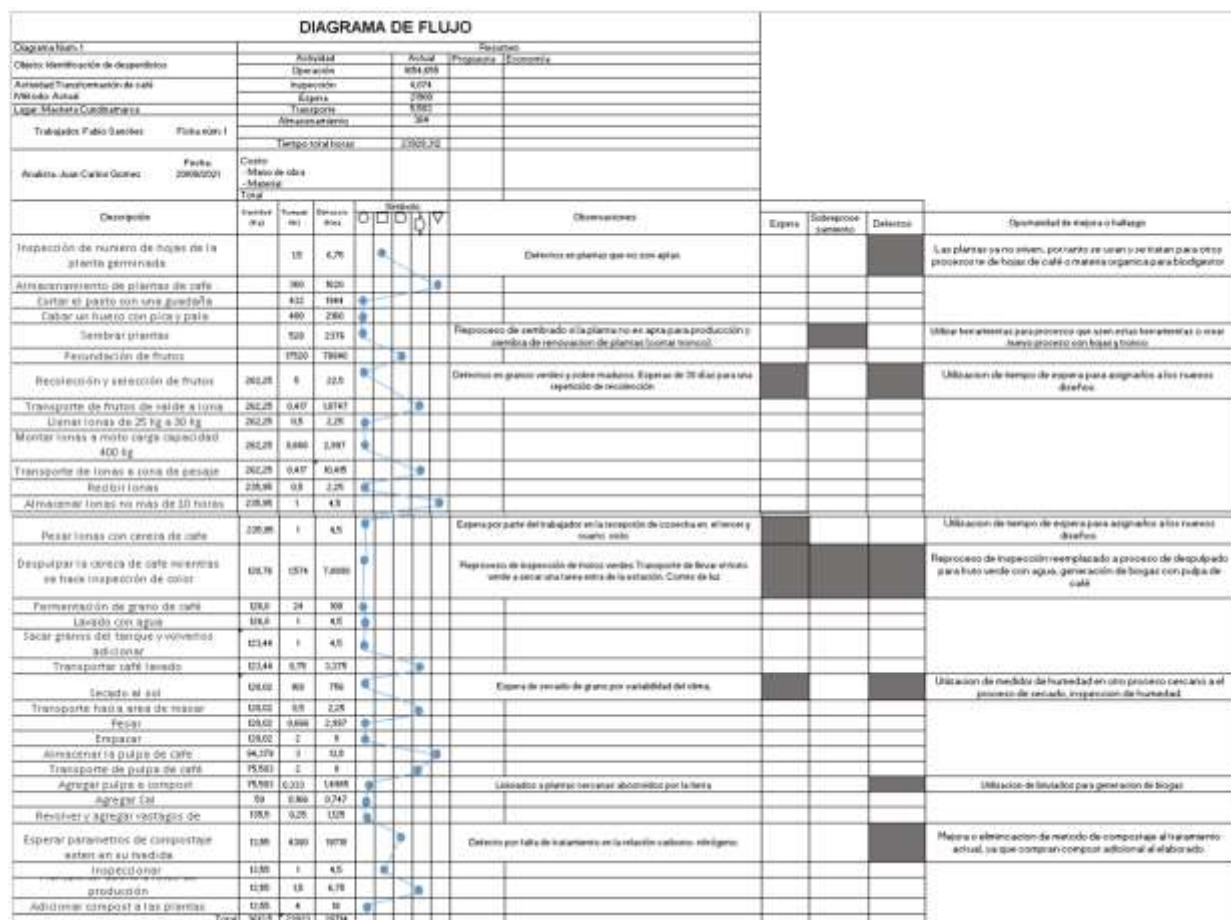
La Figura 28 muestra los suministradores del proceso de transformación de café en la finca El Alto junto a sus entradas respectivas. Esto para dar respuesta a la segunda parte de la guía de análisis de diseño de trabajo. En esta guía se muestra que proveedores como “Distribuidora local de químicos” tiene relación con dos entradas las cuales llegan al proceso

como almacenamiento y no como entrada directa. Por otra parte, el proveedor “Tienda local de macheta” tiene conexión con dos entradas, pero en este caso las entradas son directas debido a que son materiales requeridos en el momento. Finalmente, el proveedor que solo tiene una conexión de una sola entrada es el de mayor distancia respecto a la finca o lugar de producción. Este suministra materiales de mantenimiento o de cambio para la máquina despulpadora; este mantenimiento se realiza cada cosecha, es decir, anualmente. Las etapas del proceso tienen un color respectivo para poder facilitar el entendimiento de las entradas y sus salidas correspondientes, y seguidamente los clientes respectivos.

2.3.1 Flujograma analítico como herramienta de presentación de datos obtenidos

Se desarrollo el diagrama de flujo analítico con el objetivo de poder identificar especificaciones de desperdicios dentro del proceso. Estos desperdicios están descritos en las observaciones de lo que anteriormente se logró extraer, como el reproceso en la estación de sembrado las herramientas utilizadas para cavar en la tierra se dispondrán para el nuevo trabajo, los defectos en separación de color en la estación de recolección y recepción de café, además del tiempo de espera por 30 días un valor crítico para la finca que estará disponible para la producción de biogás como oportunidad de mejora junto con las demás. Estos se identificaron en diferentes estaciones como el reproceso de llevar frutos verdes desde la estación de despulpado a la estación de secado para generar pasilla, es una oportunidad de mejora para que en esta inspección se despulpe el grano verde y genere materia prima para biogás sin perder producto final para comercios menores.

Figura 29
Diagrama de flujo analítico del proceso de transformación de café en la finca El Alto



La Figura 29 representa el diagrama de flujo de cereza de café promedio de los cuatro ciclos donde muestra la secuencia de eventos realizados y los desperdicios identificados en cada evento con la descripción de oportunidad de mejora o el hallazgo correspondiente. La cantidad ingresada de cereza de café es un promedio de los cuatro ciclos en la cosecha y los correspondientes porcentajes de merma. Se puede observar en la gráfica de dispersión como los primeros eventos tienden a pasar de eventos operacionales a eventos de transporte en pocos intervalos generando picos variables. Es decir, se están realizando operaciones y seguido de esto un transporte en la mayoría, además de almacenamiento. Esto sucede en las etapas de semillero y recolección debido a que la distancia entre el producto a procesar y los equipos a transformar es lejana. Haciendo así que las distancias con mayor recorrido se presenten en estas estaciones como también se puede observar en el diagrama de flujo. Para la velocidad de un trabajador se tomó en cuenta el estándar de 4.5 kilómetros por hora y el tiempo por testimonio

de los trabajadores y el Administrador como resultados de las guías de exploración. Para el caso de las estaciones de despulpar la cereza de café y el lavado del grano, la gráfica de dispersión no presenta variabilidad pues son operaciones continuas además de ser estaciones que están cerca una de la otra. El comportamiento de las últimas estaciones presenta variabilidad como las primeras, esto se debe a que el procesamiento de abono se lleva a cabo a 100 metros de distancia. En la gráfica se muestra como distancia el recorrido en kilómetros realizados durante el tiempo por evento.

La Figura 29 muestra las oportunidades de mejora en cada evento del proceso de transformación según la identificación de desperdicios Lean. Estos se tendrán en cuenta en el momento del diseño de transformación para la pulpa de café.

La Figura 29 también muestra el valor de la producción de compost el cual es el 10% de la pulpa de café recolectada y tratada para su transformación. Según Bressani “por cada 10 toneladas de pulpa fresca se pueden generar aproximadamente 1 tonelada de compost” (Bressani, 2014). Es por ello por lo que la mezcla de vástagos de plátano y después de revolver una vez al mes durante seis meses este compost, se obtiene el producto terminado que en promedio de los cuatro ciclos tiene un valor de 13,5503 Kilogramos por día. Según la “Guía Técnica de Conservación de Suelos y Agua”; en suelos fértiles se aplican 2-3 libras por planta, en suelos rojos de bajo contenido de materia orgánica se aplican hasta 6 libras por planta. La Finca al tener 60.000 plantas requiere 163,293 Kg o 360 libras para las plantas presentes. Adicionalmente, la finca produce al final de la cosecha 4 toneladas de pulpa de café. Aun así, la finca El Alto compra compost, y según el administrador de la finca el compost cubre el 25% de las plantas, es decir, 15.000.

Con las Figuras 23 y 29 es posible visualizar el proceso de transformación de café de forma detallada lo que permite contestar las preguntas faltantes correspondientes a las guías de exploración.

Tabla 8

Resultados de la pregunta 4 de la guía de análisis del área de trabajo mostrada en la Figura 21, "resumen desperdicios lean encontrados".

Estación	Desperdicio lean	Variabes	Clasificación desperdicio Lean
Semillero	Esperas de si planta es apta o no para producción.	Tiempo: 6 meses	Espera
	Reproceso de sembrado si la planta no es apta para producción	Tiempo: 2 meses, Área: 4 Hectáreas, Cantidad de plantas: 20000, Trabajadores: 3	Reproceso
Recolección	Defectos en granos verdes y sobre maduros o mermas	Porcentaje del 10,030% de la cantidad de recolección.	Defectos
	Esperas de 30 días para una repetición de recolección	Tiempo: 30 días	Espera
Pesaje	Espera por parte del trabajador en la recepción de cosecha del segundo al tercer ciclo.	Tiempo: 4 horas	Espera
Despulpadora	Reproceso de inspección de frutos verdes.	Tiempo: 2 horas por ciclo	Reproceso
	Transporte de llevar el fruto verde a secar una tarea extra de la estación.	Distancia: 3 metros del lugar de trabajo	Reproceso
	Espera en funcionamiento de la energía por cortes de luz de la zona	Tiempo: 1 día	Espera
Fermentado	No se presencia desperdicios	No se presencia desperdicios	-
Abono	Defecto por falta de tratamiento en la relación carbono- nitrógeno.	parámetros de humedad, PH, temperatura, control de aireación	Defectos
Lavado	No se evidencia de desperdicios	No se evidencia de desperdicios	-
Secado	Espera de secado de grano por variabilidad del clima.	Tiempo 4 a 7 días	Espera
Empacado	No se evidencia desperdicio	No se evidencia desperdicio	-

La Tabla 8 desglosa el desperdicio Lean que es encontrado por estación, donde se muestra las razones que dan origen a este desperdicio a través de la experiencia del administrador de la finca o los datos recolectados por parte de la guía de exploración. Además de esto se muestran las variables y parámetros con sus valores o estimaciones. Estos hallazgos por la guía de exploración se mostrarán a través de un diagrama de flujo para su mejor comprensión.

La Figura 21 muestra la guía para el análisis del trabajo en la finca El Alto según la influencia de los métodos, estándares y diseño del trabajo en la operación de la empresa. Esto con el propósito de evaluar estos factores.

Tabla 9
Resultado de preguntas cualitativas segunda guía de exploración

Resultado de preguntas cualitativas segunda guía de exploración	
30. Los mantenimientos preventivos en los equipos del proceso hasta el café pergamino y el proceso del compostaje como se llevan a cabo	Los mantenimientos preventivos se dividen en dos secciones, la primera es para las plantas de café donde se agregan nutrientes para las plantas abono y sustratos cada quince días se está revisando el estado de e la planta, además de sembrar plantas que les proporcionen sombra a las plantas de café esto se debe realizar cada vez que se siembren nuevas plantas. La segunda sección es para la despulpadora donde cada año se verifica el tambor de la maquina las correas y las camisas, si es necesario un ajuste o cambio se realiza antes de la cosecha de segundo semestre.
31. La demanda requerida y los estándares de tiempos como es la relación entre estos, es decir, la estandarización en cuánto a tiempos, cantidad, manejo de materia prima en el proceso de producción como están afectando actualmente las demandas requeridas. ¿Se cumplen estas demandas requeridas?	La estandarización del sistema se cumple, si el tiempo no es suficiente se va contratando trabajadores que hagan que se cumpla esta estandarización de procesos y tiempos.

La Tabla 9 muestra los resultados de las preguntas 23 y 29 de la segunda guía de análisis de trabajo con ayuda de los diagramas de operaciones y el flujograma analítico. En estas preguntas se hace referencia a mantenimientos preventivos de los equipos involucrados, los cuales están en la estación de semillero y despulpadora.

Tabla 10
Resultado de pregunta 32 segunda guía de exploración

Café pergamino							
No. De ciclo de 15 días	Kilo gramos por día	Lonas	No. De ciclo de 15 días	Kilogramos por ciclo	Cantidad mermas por ciclo	Cantidad real al final	Lonas
1	3	0,06	1	45	1,170	43,829	0,876
2	15	0,3	2	225	10,581	214,418	4,288
3	89,4	1,788	3	1341	99,287	1241,712	24,834
4	522	10,44	4	7830	885,807	6944,192	138,883
Promedio	157,35	3,147	Total	9441	996,848	8444,151	168,883

La Tabla 10 presenta las cantidades correspondientes a cada ciclo de trabajo durante la cosecha de café pergamino. Es posible observar el promedio de cantidad, la cantidad total real

y el porcentaje de mermas por estación. En total, la cantidad real al final es de 8444,1 y según los datos recolectados en la encuesta realizada a los trabajadores de la finca y al Administrador, este valor de producción varía según el paso de los años de manera decreciente, hasta el quinto año en el cual se hace necesario renovar la planta.

Tabla 11
Resultado de pregunta 32 segunda guía de exploración

Pulpa de café							
No. De ciclo de 15 días	Kilo gramos por día	Lonas	No. De ciclo de 15 días	Kilogramos por ciclo	Cantidad mermas por ciclo	Cantidad real al final	Lonas
1	2	0,04	1	30	0,780	29,219	0,584
2	10	0,2	2	150	7,054	142,945	2,858
3	59,6	1,192	3	894	66,191	827,808	16,556
4	348	6,96	4	5220	590,538	4629,461	92,589
Promedio	104,9	2,098	Total	6294	664,565	5629,434	112,588

La Tabla 11 presenta las cantidades correspondientes a cada ciclo de trabajo durante la generación de pulpa de café. Se muestra el promedio de cantidad, la cantidad total real y el porcentaje de mermas por estación. En total, la cantidad real al final es de 5629,4 Kilogramos y según el comportamiento de la últimas cosechas, este valor puede ser de hasta 7000 Kilogramos cuando la planta es nueva en producción.

Figura 30
Comportamiento en cantidad de pulpa de café a través de los ciclos El Alto



La Figura 30 muestra el comportamiento de la cantidad de pulpa a través de los ciclos en la cosecha, la cantidad de merma total del ciclo es menor que la cantidad diaria lo que hace que al final se obtenga una cantidad real de pulpa de café por debajo de la cantidad ingresada de cereza de café. El comportamiento para tener en cuenta es que del tercer ciclo al cuarto ciclo se dispara de forma creciente generando un pico de cantidad en el último ciclo, pues se requiere mayor capacidad y recursos en los nuevos diseños para este cambio constante de crecimiento.

2.3.2 Indicadores de productividad

2.3.2.1 Productividad global. Para el indicador de productividad global se tiene en cuenta la información recolectada sobre la cantidad real y las mermas de cada estación. El Administrador tiene como medida los porcentajes de mermas para cada estación y ciclo como se muestran en la Tabla 10 y Tabla 11. Con base a esto se realizó el diagrama de flujo representando en la Figura 32 la cual muestra la cantidad entrante y la cantidad de salida en cada estación. Con este diagrama de flujo se parte para el cálculo de productividad global donde para cada estación se calcula el indicador de productividad en función de la cantidad que entra al sistema y la cantidad que sale real.

Tabla 12
Indicador de productividad en los cuatro ciclos por estación

Productividad por estación transformación saliente						Estación compost	
Recolección	Pesaje	Despulpadora	Fermentado	Lavado	Secado	Abono	
1,111	1	1,832	1,015	1,027	1,028	6,965	

La Tabla 12 muestra el indicador global de productividad para cada estación según las cantidades entrantes de cada estación y las cantidades resultantes de estas. Se puede observar como las cantidades de salida son menores que las de entrada excepto por la estación de pesar con el nombre de “Pesaje” la cual tiene un valor de 1. La estación con mayor cantidad entrante y poca salida es en la despulpadora con un valor de 1,832, es decir, un nivel alto de baja productividad. El caso contrario es la estación de “lavado” la cual tiene la mejor productividad, aun cuando en ella hay operaciones que se repiten hasta seis veces durante dos horas según el diagrama de operaciones.

2.3.2.2 Productividad de la mano de obra. Teniendo en cuenta que un trabajador puede producir como valor mínimo 70 Kg al día y como mejor valor 120 Kg al día, en promedio un trabajador puede producir 95 Kg en un día de trabajo dependiendo de la estación y el tiempo disponible. A su vez, 47.5 Kg de compost es la producción promedio por trabajador. Teniendo en cuenta el tiempo operacional del diagrama de operaciones y el tiempo disponible para cada actividad, se presenta en forma de tabla los indicadores de productividad de un trabajador en promedio por cada estación con la siguiente ecuación:

$$\text{Productividad} = \frac{\text{Producción}}{\text{Tiempo disponible}}$$

Tabla 13
Resultados de indicadores de productividad de mano de obra

Productividad de un trabajador promedio por estaciones								
Día por ciclo	Recolección	Pesaje	Despulpadora	Fermentado	Abono	Lavado	Secado	Empacado
1	0,05	0,07	0,005	0,87	0,12	0,01	0,57	0,05
2	0,26	0,35	0,02	0,5	0,60	0,05	0,57	0,26
3	1,56	2,09	0,14	0,66	3,62	0,29	1	1,56
4	9,15	12,21	0,87	1	21,17	1,74	1	9,15
Horas disponibles	5	1	1,5	24	4	2	168	2

La Tabla 13 representa los indicadores de productividad de cada trabajador de la finca donde se puede observar cómo desde el tercer ciclo los trabajadores de la finca no tienen valores muy altos en las estaciones de recolección y pesaje, esto se debe al exceso de tiempo dada la poca fecundación. Sin embargo, en los últimos dos ciclos se aumenta la producción teniendo así que contratar más trabajadores. La productividad en la despulpadora se comporta de manera similar, pero con la capacidad suficiente de producción en todas las estaciones. El comportamiento de los indicadores muestra que el tiempo productivo y el tiempo disponible de cada trabajador está al límite de cero o con valores altos mayores que 1. Cuando el tiempo productivo es mayor que el tiempo disponible, el valor del indicador será mayor a 1, y esto nos dirá que no es suficiente la capacidad del trabajador. En la tabla se enmarca de color rojo aquellos valores que nos indican que la productividad de un trabajador promedio no es suficiente para la operación realizada en la estación correspondiente. De esta forma se puede observar como en las estaciones de recolección, pesaje, abono, lavado y empacado la productividad del trabajador es de bajo nivel. Paralelamente, hay una mayor incidencia en la estación del abono con un valor

de 21.17 ya que se cuenta con poco tiempo y en el último ciclo se genera una gran cantidad de pulpa de café que pocos trabajadores atienden. Como las estaciones de recolección van ligadas a los mismos trabajadores, se tiene en cuenta la misma productividad al empacar y en recolección. Por otro lado, la estación de despulpadora, fermentado y secado tienen un alto nivel de productividad en mano de obra.

2.3.2.3 Productividad de la transformación de mermas. Para tener una medida de cuanto de la merma encontrada es transformada, se realiza un indicador a razón de cuantas veces la cantidad de merma transformada está en la cantidad de merma real. Es decir, entre mayor sea la cantidad de merma transformada el indicador limitara a uno. De esta forma si el valor del indicador es mayor que 1 indicara un bajo nivel de productividad de transformación.

$$\text{ó} \quad = \frac{\text{Cant. Merma Transformada}}{\text{Cant. Merma Real}}$$

Tabla 14
Resultados de indicadores de productividad de mano de obra

Productividad de transformación de mermas por estaciones							
Recolección	Pesaje	Despulpadora	Fermentado	Abono	Lavado	Secado	Empacado
1,25	1	1,33	2	10	2,04	1,53	4

La Tabla 14 representa los indicadores de productividad de transformación de la merma encontrada en cada estación. Para el cálculo de este indicador se tuvo en cuenta la proporción de transformación dirigida a la zona de “Abono”. Esto hace referencia a las mermas del 19% de la cantidad final de salida en las estaciones de recolección y despulpadora, ya que estas mermas se dirigen a esta zona de abono para ser transformadas en compost. Cabe resaltar que en la estación de recolección la merma se dirige a la estación de secado también. Además, la proporción se obtuvo de los datos de la segunda guía de exploración en la pregunta 15. Por otra parte, se observa que el mejor nivel de productividad de transformación está en la estación de recolección, ya que en esta las mermas encontradas se seleccionan y se almacenan para transformación a “pasilla”. El siguiente mejor nivel de productividad de transformación está en la estación “despulpadora” donde de igual forma la merma encontrada se almacena junto con la pulpa de café la cual es dirigida a transformación para compost. Para el caso de la estación de empacado la merma encontrada no es transformada de manera adecuada ya que no aporta valor

a la zona de compostaje debido a la pérdida de nutrientes, es por ello por lo que poca merma de esta estación se transforma, dando así un valor mayor de 4.

2.3.2.4 Eficiencia de los equipos OEE. La despulpadora es el equipo utilizado para la transformación de café y generación de pulpa. Para el cálculo del indicador de eficiencia de la maquinaria se tuvo en cuenta los siguientes parámetros:

- Disponibilidad = Tiempo que ha estado produciendo la maquina / (Tiempo que podría haber estado produciendo y no lo hizo)
- Rendimiento = Tiempo ideal / (Tiempo de Operación x capacidad)
- Calidad= Unidades conformes / Total de unidades fabricadas
= Disponibilidad * Rendimiento * Calidad

Tabla 15
Resultados de indicadores de productividad de mano de obra

Día promedio de ciclo	Estación			
	Disponibilidad	Rendimiento	Calidad	OEE
1	0,500%	97,398%	97,328%	0,474%
2	2,500%	95,297%	95,065%	2,265%
3	14,900%	92,596%	92,004%	12,694%
4	87,000%	88,687%	87,244%	67,315%

La Tabla 15 muestra el cálculo del indicador OEE diario en el respectivo ciclo teniendo en cuenta las cantidades reales producidas por cada ciclo, la disponibilidad de tiempo y la capacidad de la despulpadora que es de una tonelada por cada hora y media. Esto debido a que, por cada ciclo, una tonelada en la finca tiene disponible máximo 90 minutos para esta tarea.

La Tabla 15 muestra el indicador OEE por día promedio de cada ciclo. En cuanto a disponibilidad se puede ver que la maquina se utiliza un 87% en el cuarto ciclo que es donde la cosecha a fecundando todos los frutos. En los primeros tres ciclos esta disponibilidad es de porcentaje muy bajo con valores entre 0.5% y 14.9% de disponibilidad. Para el análisis, el rendimiento la máquina, se tiene en cuenta las cantidades reales sobre el tiempo de operación por la capacidad de unidades en un determinado tiempo. Los indicadores OEE en los primeros ciclos son muy bajos ya que las cantidades reales obtenidas son mucho menores que las cantidades con capacidad a realizar. La máquina no tiene paradas durante su funcionamiento y se realiza mantenimiento cada año, ya que la pulpa se usa durante 60 días en un periodo de un

año. El índice de calidad es la representación de la cantidad conforme sobre la cantidad total real por ciclo. Son valores bajos y es proporcional a la cantidad ingresada.

La eficiencia de la máquina viene dada por la disponibilidad, la cual solo en el cuarto ciclo presenta un índice considerable. De esta forma un indicador de nivel alto de eficiencia del equipo estaría con un valor cercano a 1 aun cuando en el ciclo cuatro se presenta mejor eficiencia. Debido a que se espera realizar en 0.09 minutos 1 Kg de producto terminado de la despulpadora, la cantidad de producto terminado en Kg es proporcional a la cantidad real que sale.

2.3.2.5 Tasa de producción por trabajador. La tasa de producción por trabajador nos indica la razón o medida de los kilogramos terminados por un determinado tiempo disponible. Se tiene en cuenta la capacidad promedio de cada operario y su registro histórico observado por el Administrador. De esta forma para el cálculo de tasa de producción de cada trabajador según el ciclo y el producto elaborado se tiene en cuenta la siguiente ecuación:

é

Los datos para la elaboración de este indicador fueron recolectados a través de la información brindada por el administrador de la finca, donde tiene una medida para cada trabajador según su capacidad diaria, y con ello se realizó un promedio de capacidad durante los quince días de cada ciclo.

Tabla 16

Cantidad de materia prima según tipo de producto terminado por ciclo con duración de 15 días mano de obra

	Trabajador 1		Trabajador 2		Trabajador 3		Trabajador 4	
Ciclo	Café pergamino	Compos t	Café pergamino	Compos t	Café pergamino	Compos t	Café pergamino	Compos t
1	11,25	7,5	11,25	7,5	11,25	7,5	0	0
2	56,25	37,5	56,25	37,5	56,25	37,5	0	0
3	201,00	363,375	226,125	338,906	226,125	387,843	351,75	289,968
4	415,312	538,312	383,312	562,781	334,0625	513,843	614,062	611,718

Tabla 17
Cantidad de materia prima según tipo de producto terminado por ciclo con duración de 15 días

	Trabajador 5		Trabajador 6		Trabajador 7		Trabajador 8	
Ciclo	Café pergamino	Compost	Café pergamino	Compost	Café pergamino	Compost	Café pergamino	Compost
4	1052,812	0	1084,812	0	1134,062	0	854,062	0

Las Tablas 16 y 17 representan las cantidades reales producidas de cada producto terminado en la finca El Alto por cada trabajador. Los trabajadores 1, 2 y 3 están presentes durante cuatro ciclos, es decir, durante 150 días y junto con el trabajador cuatro también están en la producción de compost, el cual tiene una duración de tres ciclos. El trabajador 4 inicia sus operaciones desde el ciclo tres hasta el cuarto. Por último, los trabajadores 5,6,7 y 8 están solo en el cuarto ciclo y se utiliza su tiempo de trabajo en las operaciones de realización de café pergamino, produciendo así mayor cantidad en kilogramos del producto terminado (café pergamino).

Tabla 18
Tasa de producción por trabajador

Tasa de producción por trabajador al día en kilogramos								
Ciclo	Trabajador 1	Trabajador 2	Trabajador 3	Trabajador 4	Trabajador 5	Trabajador 6	Trabajador 7	Trabajador 8
1	1,250	1,250	1,250	No presente	No presente	No presente	No presente	No presente
2	6,250	6,250	6,250	No presente	No presente	No presente	No presente	No presente
3	37,625	37,669	40,931	42,781	No presente	No presente	No presente	No presente
4	63,575	63,073	56,527	81,719	70,1875	72,320	75,604	56,937

La Tabla 18 muestra la tasa de producción correspondiente a cada trabajador en cada ciclo, donde el mejor valor es cumplir con la capacidad máxima del mejor trabajador, es decir, 120 Kg al día o 1.800 Kg en cada ciclo de café pergamino. Los valores son el resultado de la cantidad producida diaria en cada ciclo. Se debe tener en cuenta que en los ciclos 3 y 4 pueden obtenerse 120Kg diarios. Los tres primeros trabajadores están en dos productos terminados, es por ello por lo que sus valores son inferiores a los demás; y del cuarto trabajador en adelante se toman valores mejores, ya que solo se encargan de esta operación y han utilizado menos esfuerzo.

2.3.2.6 Participación de productividad de las estaciones en el proceso de transformación. Con la intención de medir cuanto del tiempo productivo de cada estación representa de la totalidad del tiempo de proceso, se toma como unidad el tiempo total del proceso de transformación y cuanto de este participa en cada estación. Para ello se tiene en cuenta la siguiente ecuación:

Tabla 19
Indicie de productividad por estación en el proceso de transformación de cereza de café

	Recolec- ción	Pesaje	Despulpado -ra	Fermenta- do	Abono	Lavado	Secado	Empaca- do	Total
Tiempo productivo					12,249				221,239
horas/estación	7	2,5	1,574	24	6	2,75	168	3,166	6
Índice de productividad	3,164%	1,130 %	0,711%	10,848 %	5,537 %	1,243 %	75,936 %	1,431 %	100,000 %

Nota: Separar abono del resto

Para el tiempo productivo de cada estación se tomó las operaciones que agregan valor a la transformación de la cereza de café. El índice de tiempo productivo mayor es el secado con un valor de 75.93%, ya que este requiere mayor tiempo para obtener una humedad de 11.5. El segundo tiempo más productivo es el de fermentado con un valor de 10,848%. Estas son operaciones que, aunque aportan mayor valor al proceso también toman más tiempo. Se puede observar como el índice de productividad de la estación “abono” tiene mayor participación que el de recolección, pesaje y empacado, dándonos a entender que para este tiene mayor presencia que las estaciones clave del producto terminado principal de La Finca. Para el caso de este indicador no se tuvo en cuenta la estación de semillero ya que este se realiza ocasionalmente cada 5 años.

2.3.2.7 Índice de productividad del almacenamiento de la pulpa de café.

Para saber cuánto de la pulpa de café almacenada sale a consumo o como producto y tener un indicador de productividad sobre el almacenamiento actual se tiene en cuenta el siguiente indicador en cantidades:

El 14,35% de lo que se almacena como pulpa de café es consumido por la finca como producto final y es utilizado como compost en las plantas de café de La Finca. Esto según el flujograma analítico el cual muestra como a través del paso de transportes y tratamientos se almacenan 94,379 Kg y se consumen 67,75 Kg en las plantas de café.

2.4 Matriz DOFA

Figura 31
Matriz DOFA

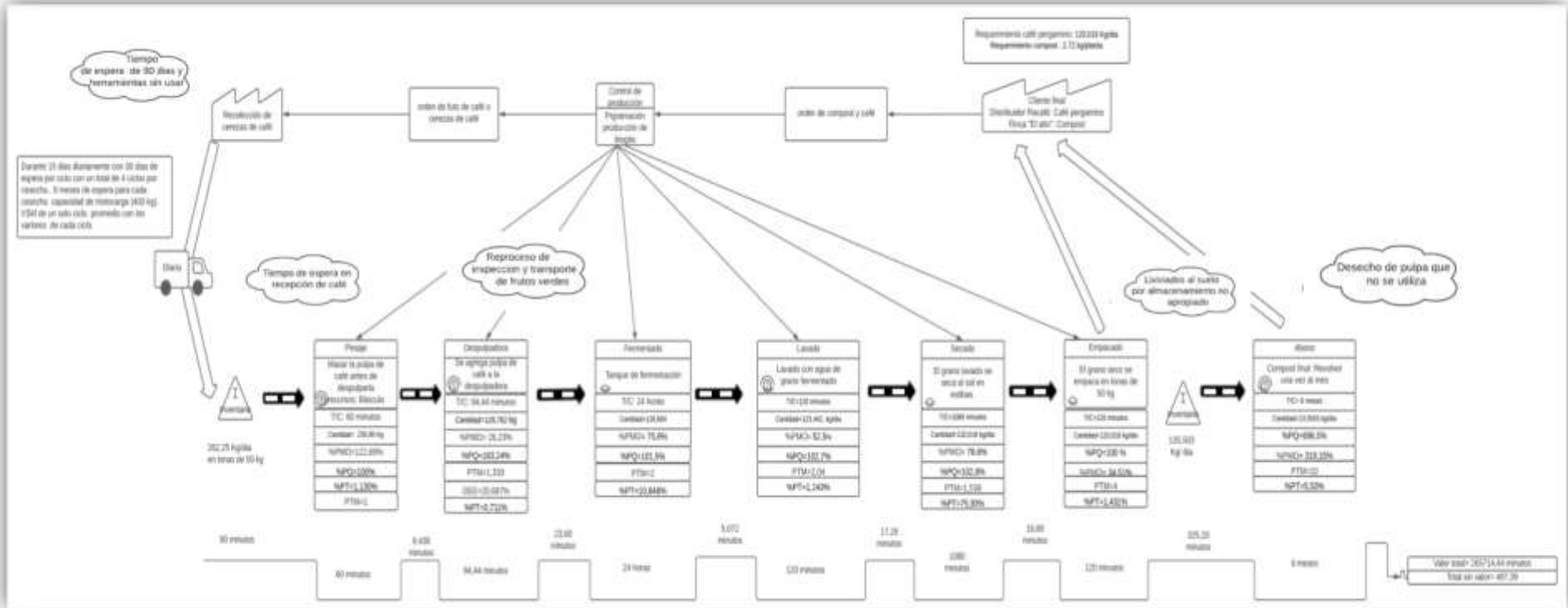
DEBILIDADES	OPORTUNIDADES
<ul style="list-style-type: none"> • Mermas del 26,02 % en total. • Esperas de alto nivel de tiempo • Rapresos y defectos en estaciones de operaciones • Estación del compost con bajo nivel de procesamiento y bajo nivel de tratamiento. • Estación del secado dependiente de la estabilidad del clima • Nivel bajo de salida a diferentes destinos con un índice de productividad de 6,9 en cantidad para pulpa de café, es decir, se transforma menos de lo que entra. • Baja utilización de la despujadora a su capacidad • Alta distancia entre la despujadora y la estación "abono". • Índices de productividad de la mano de obra muy bajos o muy altos debido a la disponibilidad de tiempo • Nivel bajo de transformación de la misma en fermentado, lavado y pesaje. 	<ul style="list-style-type: none"> • Utilización de tiempos largos de espera para transformación de nuevos procesos con la pulpa de café • Diseño de nuevos tratamientos para la pulpa de café • Ubicación de espacios disponibles para nuevos diseños de transformación • Defectos en la recolección como granú verde y salte malabars para nuevas transformaciones • Utilización de equipos en nuevas transformaciones debido a su disponibilidad en los ciclos uno y dos para la despujadora. • Utilización de tiempo restante a la cochera para nuevos procesos de transformación y los espacios disponibles • Área disponible para nuevos tratamientos de 27 m² • Rapresos que generan valor • Alto tiempo de almacenamiento de la pulpa de café para distribución de nuevas transformaciones.
FORTALEZAS	AMENAZAS
<ul style="list-style-type: none"> • Alto nivel de disponibilidad en los tres primeros ciclo por parte de la despujadora. • Tres trabajos con 30 días de disponibilidad entre ciclos. • Disponibilidad de mano de obra durante esperas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Tiempo perdido por nuevas transformaciones. • Métodos mal implementados por falta de capacitación. • Seguimiento de los nuevos diseños de transformación con bajo nivel de actualización • Calidad del diseño de la transformación para los insumos secundarios.

La Figura 31 hace alusión a la matriz DOFA, utilizada para mostrar los resultados obtenidos durante la fase de diagnóstico, teniendo así de una forma clara las mejoras incluidas en el diseño propuesto de la transformación de la pulpa de café. También, los posibles obstáculos a superar teniendo en cuenta las fortalezas del actual procedimiento para la transformación del café cereza en café pergamino. De esta forma también se tiene en cuenta factores externos que pueden afectar los nuevos diseños, como lo es el manejo de los recursos actuales en cuanto a mano de obra, equipos y eventos operacionales, sin afectar alguno de estos de forma negativa.

2.5 VSM actual

Para la creación del mapa de flujo de valor o en sus silgas en ingles VSM “Value Stream Map”, se tuvo en cuenta la Figura 33 para las cantidades promedio de los cuatro ciclos presentados. Además, se contempló el tiempo de transporte de un trabajador promedio por lona de 50 kg, el cual es de dos minutos desde la zona de pesaje a despulpadora, lavado y fermentado. Estas últimas se encuentran en la misma área por lo que el tiempo de transporte por lona de 50 kg hacia el área de secado es de siete minutos. El mapa comienza con la estación de pesaje y el proveedor de esta primera, la estación de recolección. En este se presenta un ciclo promedio de 15 días con una frecuencia diaria de la estación de recolección por medio de una moto carga con una capacidad de 400 Kg.

Figura 32
Mapa de flujo de Valor actual



En la Figura 32 se muestra el flujo de valor, el cual está compuesto por las estaciones descritas con los indicadores de productividad hallados con anterioridad, así como la cantidad de trabajadores presentes en cada una de estas estaciones. Por otra parte, como producto terminado se tiene el compost para La Finca y el café pergamino para el distribuidor Comercial. En este sentido, se requieren 2,7 kilogramos producidos por planta en La Finca. Se cuenta con 60000 plantas y diariamente se producen 13,5 Kilogramos de compost, que durante 15 días da un total de 196 kilogramos. Sin embargo, La Finca sigue comprando compost de partes externas. **Desecho de pulpa que no se utiliza:** Lo que se quiere mostrar es que solo el 10 % de la pulpa de café generada produce compost, como lo señala el indicador de productividad en cantidad con un valor alarmante de 695,5%, además de otros eventos Kaizen que señalan las oportunidades de mejora con las que se parte el diseño del nuevo trabajo, como la no utilización de desechos,

Tiempo de espera: es un evento crítico en la estación de recolección mostrada en el VSM en la parte de proveedores con un valor de 90 días, esto debido a que 3 trabajadores viven en la finca y se encargan de hacer mantenimiento y en espera de nuevos frutos o cosechas de color rojo, es decir, madurando cada mes con un total de cuatro ciclos de 15 días, este tipo de desperdicio Lean también aparece en la estación de pesaje, durante el proceso de recolección los lotes donde se encuentran las plantas de café son atendidas por trabajadores dependiendo del ciclo, durante el tercer y cuarto ciclo un trabajador se encarga de recibir las lonas de café para pesarlas en la báscula, este no puede moverse de esta estación ya que los trabajadores de recolecciones están llegando con un tiempo aleatorio, es por ello que en ocasiones se encuentra en tiempo de espera, según el trabajador de esta estación puede estar hasta 30 minutos, lo que es una oportunidad de mejora teniendo en cuenta que se encuentra cerca de la estación de despulpadora, que es donde se vuelve a realizar una inspección de color. **Evento de reproceso en la estación “despulpadora”:** se encuentra como inspección de color de frutos, es una oportunidad para agregar materia prima que está en estado de merma, por color, en esta estación se agregara una maquina despulpadora con capacidad de 400 Kg/hora, esto para que el reproceso agregue valor al proceso de biogás, y pueda la merma utilizarse para ambos procesos, sin alterar la merma conocida como “pasilla” o granos verdes, que después de ser seleccionados de la planta los granos pueden ser utilizados para mercados menores, y la pulpa de café para producción de biogás. Finalmente, en la estación “abono” hay presencia de **desechos sin método de tratamiento:** estos lixiviados o desechos en forma líquida son generados por la pulpa mal almacenada, lo cual es una gran oportunidad de mejora ya que actualmente contamina al suelo, pero con una mejor utilización serán almacenados en la bolsa biodigestora produciendo a su vez biogás.

3. Proceso Piloto de Transformación de Pulpa de Café mediante Herramientas Lean

3.1 Análisis Jerárquico de Proceso (AHP) para Selección de Producto Secundario a Intervenir

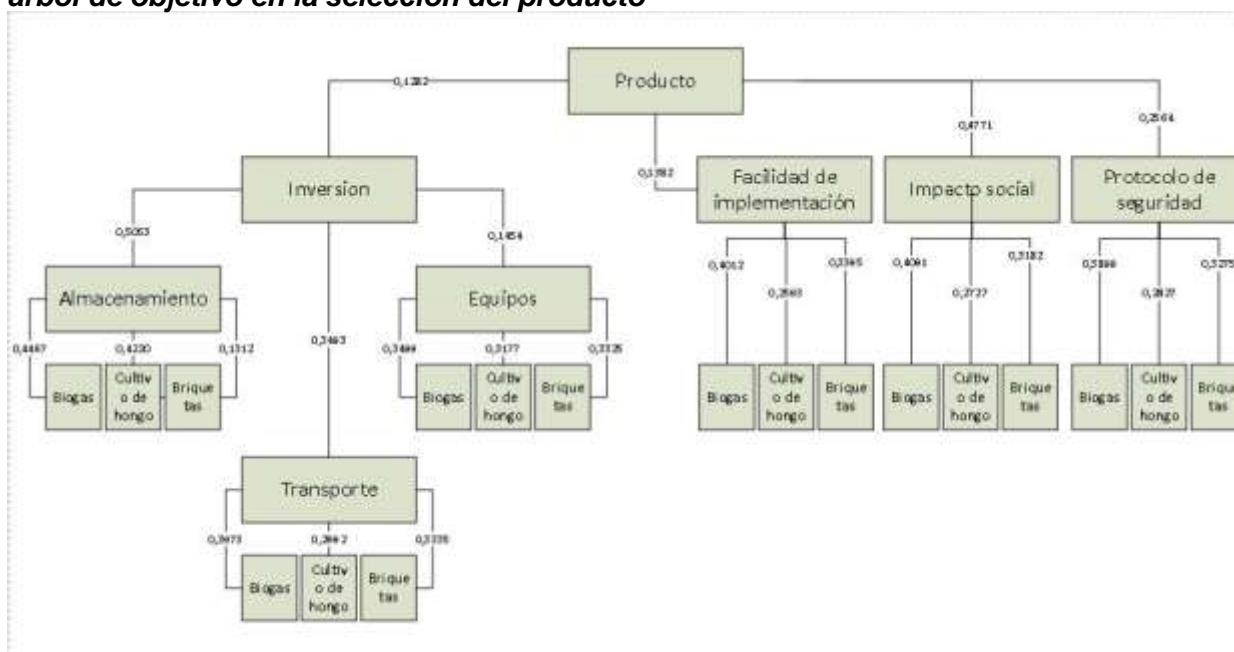
Para la selección del producto secundario, al cual se le desarrollará el diseño de proceso Lean, se implementó la metodología AHP. De acuerdo con Mendoza (2019), “Cuando se busca una mayor precisión en el análisis de decisiones complejas, se hace necesario recurrir a diferentes técnicas de la Investigación de Operaciones, particularmente en la Teoría de decisiones. Sin embargo, la mayoría de estas pueden ser inadecuadas para manejar desempates de elecciones o disparidad en decisiones grupales por determinadas razones. En este artículo ampliamos los casos de aplicación del esquema metodológico del Proceso de jerarquía analítica (AHP) para abordar problemas en consensos de expertos.” (Mendoza, 2019).

Tabla 20
Definición de criterios y alternativas

	Concepto	Definición
Criterios	Inversión	Se refiere a la cantidad monetaria que se requiere ingresar para elaborar el producto secundario, teniendo como materia prima la pulpa de café estos se dividen en tres subcriterios; "Almacenamiento", "Transporte", "Equipos".
	Almacenamiento	Es el costo de almacenamiento donde para la alternativa de biogas tiene un valor de \$1.280.066, en este se incluye la construcción de la tanja, el costo de renta por metro cuadrado el cual cubre un área de 9 metros cuadrados, para el cultivo de hongos se debe utilizar un cuarto cerrado y húmedo que sería el cuarto de mantenimiento el cual tiene un costo de renta de \$1,254,979 con la infraestructura adaptada para que no tenga contacto con el suelo los cultivos de hongos, para las briquetas el costo es de 4.3583478 siendo el más elevado en este se incluye un espacio que requiere una fábrica dedicada Aproximadamente 2 acres de tierra Por ejemplo almacenamiento de biomasa, almacenamiento de briquetas, planta de briquetas.
	Transporte	Es el costo de transportar el producto secundario final obtenido hasta el cliente final, el biogas requiere tubería, adaptación de inyectores de la estufa y soportes para la tubería PVC con el costo menor entre las tres alternativas de \$1.318.342 ya que se requiere recorrer 100 metros de distancia, para la mermelada se requiere contratar un vehículo para transporte de alimentos con un valor de \$1.945.267 el valor más alto conteniendo transporte con refrigerante, y para el caso de las briquetas el transporte estará bajo el alquiler de un vehículo mensual con un valor de \$1.570.580.
	Equipos	Es el costo de equipos y herramientas para la elaboración del producto, para el biogas se requiere una bolsa biodigestora y un tanque para filtro de gas, este contiene el menor costo con un valor de \$637.064, para el caso de cultivos de hongos los equipos son medidores de ph y demás requerimientos químicos, además de una estructura en forma de estante para que la humedad se conserve, este con un valor de \$702,536 y por último las briquetas requieren una paletadora, esta máquina con un valor de \$ 671,520.
	Facilidad de implementación	Es un criterio que tiene en cuenta las habilidades de los trabajadores y su experiencia manual evaluado con un valor de 1 a 50, siendo la mejor puntuación el número más cercano a 50.
	Impacto social	Este criterio se evalúa con una puntuación de 1 a 10, en este se tiene en cuenta el valor agregado que genere a la sociedad cercana, agriculturas y la familia que vive en la finca.
	Protocolo de seguridad	Este criterio se evalúa con un valor de 1 a 100, en este se tiene en cuenta los cuidados que se deben tener en cuenta esto se muestra en los apéndice al final del documento, donde cultivo de hongos obtuvo la mayor puntuación con un valor de 72.66.
Alternativas	Biogas	Esta alternativa es un producto a partir de la pulpa de café que genera biogas y como cliente final estufa de la finca.
	Cultivo de hongos	Cultivo de hongos es una alternativa sugerida por la guía de cenicafe explicada al final de los apéndice del documento.
	Briquetas	Briquetas son leña ecológica, se utiliza como biocombustible el cliente final puede ser una caldera industrial o las estufas de las casas.

La tabla 20 tiene el propósito de definir los criterios para la selección de una de las alternativas definidas igualmente en la tabla anterior. El criterio inversión se divide en 3 subcriterios con una evaluación monetaria donde el objetivo es el costo mínimo de inversión al producto a seleccionar, cada uno de estos muestra los valores respectivos para “Almacenamiento”, “Transporte” y “equipos”, para ello se investigó en el mercado actual los precios correspondientes y es un criterio donde el juicio d expertos está condicionando al mercado actual. A diferencia de los criterios siguientes que son evaluados por un juicio subjetivo y una evaluación de puntuaciones únicas para cada criterio ya que las dimensiones son diferentes para el caso de la facilidad de implementación, se tiene en cuenta las habilidades de los trabajadores, para el criterio del impacto social que generara, se evalúa con una puntuación con base a los beneficios que puede generar a la familia que vive en la finca y alrededores de agricultores, que utilizan café. Por último, el protocolo de seguridad se incluye como criterio en el momento de realizar un producto y sus normas de seguridad en el trabajo, que previamente son definidas y en los apéndices indicados en la parte final del documento.

Figura 33
árbol de objetivo en la selección del producto



La figura 33 presenta el árbol objetivo para la selección del producto secundario con base a los criterios definidos anteriormente. Donde el “impacto social” tiene un peso de 47,7% respecto a los demás con valores de 12,82% para inversión, 13,82 % para facilidad de implementación y 25,64 % para protocolo de seguridad. En el criterio de inversión el almacenamiento tiene un peso de 50,53% indicando que es más importante tener en cuenta el almacenamiento que los equipos y el transporte que a pesar de su peso con un valor de 34,93% aun es menos importante que el almacenamiento y de más importancia que los equipos. En la parte inferior se muestran las alternativas donde es el punto de partida para llegar al producto a escoger. El árbol hace un recorrido multiplicando el porcentaje de la rama anterior hasta llegar al concepto “producto” y se suman todos los puntos de partida o alternativas con el mismo nombre que se encuentran en la parte inferior. El árbol objetivo nos arrojará tres resultados pesos porcentuales que son el resultado del recorrido por cada alternativa mostrados en la figura 33, y de esta seleccionar el peso con mayor valor el cual es igual a 40,48% para Biogás.

3.1.1 Matriz Criterios vs Criterios o de Comparación entre Criterios

Para la investigación se tiene en cuenta el juicio por parte del Administrador, y se tienen en cuenta los criterios que conlleva el diseño de un nuevo proceso en tres de los productos secundarios mencionados. La calificación se realizó en una escala de valores entre 1 y 4, donde 1 es menos importante y 4 más importante. Se obtuvieron las siguientes matrices normalizadas con sus resultados en peso de importancia.

Tabla 21
Matriz Normalizada Criterios vs Criterios

	Inversión [C]	Facilidad de implementación [L]	Impacto social [I]	Protocolo de seguridad [S]	Promedio	W _i
Inversión [C]	1/8	1/7	3/25	1/8	359/2800	0,1282
Facilidad de implementación [L]	1/8	1/7	4/25	1/8	387/2800	0,1382
Impacto social [I]	1/2	3/7	12/25	½	167/350	0,4771
Protocolo de seguridad [S]	1/4	2/7	6/25	¼	359/1400	0,2564
Suma	1	1	1	1	1	1

La Tabla 21 es resultado de la matriz de comparación por pares de criterios que fueron elegidos con los requerimientos del Administrador y su respectiva evaluación. De esta forma se

muestra que el criterio con mayor peso de importancia está en “Impacto Social” con un valor de 47,71% seguido de “Protocolo de Seguridad” con un valor del 25,64%; dando a entender que al juicio de expertos esos criterios tienen mayor peso, y menor peso los criterios “Inversión” y “Facilidad de Implementación”, con valores de 12,82% y 13,82% respectivamente.

Tabla 22
Índices de consistencia

Índice de consistencia:	0,0043
Índice de consistencia aleatoria:	0,99
Razón de consistencia	0,0043

La Tabla 22 muestra los índices de consistencia los cuales según García (2006), “El AHP permite identificar y tomar en cuenta las inconsistencias de los decisores, ya que rara vez estos son consistentes en sus juicios con respecto a factores cualitativos. Así, AHP incorpora en el análisis un Índice de Consistencia (IC) y una Relación de Consistencia (RC), para medir la calidad de los juicios emitidos por un decisor. El RC es una medida de la relación del error cometido por el decisor y el error aleatorio, este debe ser menor al 0,1 o 10%”. Para el decisor o el Administrador de la finca sus juicios con sus respectivos valores dan una razón de consistencia menor que el 10% con un valor de 0,04%, es decir, la evaluación realizada para los criterios seleccionados es confiable.

3.1.2 Subcriterios de inversión

Para el criterio de inversión se tuvieron en cuenta 3 subcriterios los cuales son “Almacenamiento”, “Transporte” y “Equipos”. A estos se les dio un valor monetario según el tipo de proceso o alternativa a seleccionar, dando como resultado la siguiente tabla:

Tabla 23
Subcriterios del Criterio Inversión y sus valores en peso

	Almacenamiento	Transporte	Equipos	Promedio	W _i
Almacenamiento	1181907/2338901	1181907/2338901	1181907/2338901	1181907/2338901	0,5053
Transporte	2523767/7225205	2523767/7225205	2523767/7225205	2523767/7225205	0,3493
Equipos	125745/864977	125745/864977	125745/864977	125745/864977	0,1454
Total	1	1	1	1	1

En la Tabla 23 se representan con valor porcentual el peso según el juicio por costo monetario de cada subcriterio de inversión, donde el “Almacenamiento” es el de mayor peso con

un valor de 50,53% del total de los subcriterios de inversión seguido del “Transporte” y “Equipos”, con un valor de 34,93% y 14,54% respectivamente.

Tabla 24
Índices de consistencia

Índice de consistencia:	0
Índice de consistencia aleatoria:	0,66
Razón de consistencia	0

La Tabla 24 es el resultado de multiplicar la matriz de comparación por pares (A) por la matriz de pesos (W), lo cual se realiza para obtener los indicadores de consistencia. Al tener 3 criterios, el índice de consistencia aleatoria nos da un valor de 66% y como en la fórmula para el índice de consistencia y razón de consistencia, se resta el número de criterios a la suma del peso de cada subcriterio, es decir 3-3, se obtiene entonces como resultado 0 en ambos índices, dando así un valor aceptable para la elección de alternativa.

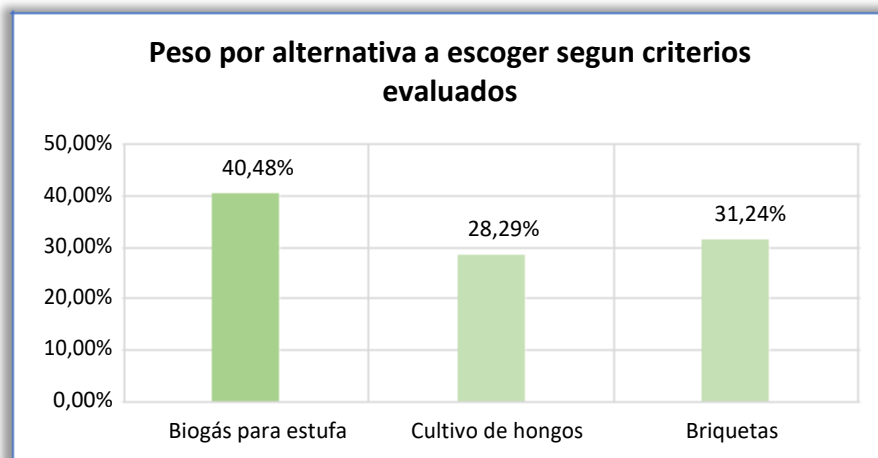
3.1.3 Resultados de Pesos Porcentuales en Matrices de Alternativas vs Criterios

Tabla 25
Resumen de resultados de las matrices normalizadas

	Inversión [c]			Facilidad de implementación [L]	Impacto social [I]	Protocolo de seguridad [S]
	Almacenamiento [A]	Transporte [T]	Equipos [E]			
Biogás para estufa	0,446	0,397	0,349	0,401	0,409	0,389
cultivo de hongos	0,422	0,269	0,317	0,259	0,272	0,282
Briquetas	0,131	0,333	0,3324	0,339	0,318	0,327
Suma	1,000	1,000	1,0000	1,0000	1,000	1,000

La Tabla 25 es el resumen de resultados de las matrices normalizadas cuyos valores nos indican el valor porcentual que representa cada criterio por alternativa de proceso a escoger. Se muestra como “Biogás para Estufa” tiene los mayores pesos para escoger, dando como resultado la siguiente gráfica:

Figura 34
Peso por alternativa a escoger según criterios evaluados



La Figura 34 muestra los resultados obtenidos de la metodología AHP. Según el juicio del tomador de la decisión que es el administrador de la finca y el juicio de criterios según sus valores y su mejor calificación se escoge la alternativa “Biogás para Estufa” con un porcentaje de peso de elección de 40,48%.

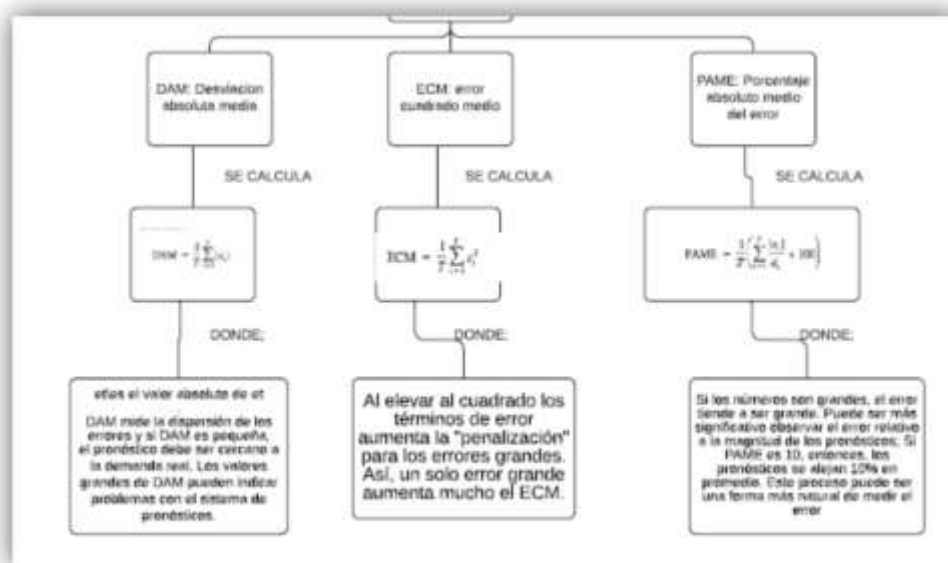
3.2 Insumo pulpa de café para producto Secundario Biogás para Estufa de Cocinar que se tendrá en los siete periodos próximos

El cálculo de la cantidad proyectada en pulpa de café se realiza para poder tener una aproximación de lo que podrá producir en pulpa de café la finca que abastecerá la demanda requerida que es $1,3 \text{ }^3/h$. Esta pulpa de café para el nuevo producto o biogás es la materia prima que suministrará al biodigestor o bolsa biodigestora. Los pronósticos de la producción de pulpa de café se calcularán con diferentes métodos aun cuando el Administrador tenga previsto que la producción será menor de lo que regularmente se produce. Esto debido a que se encuentran en etapa de renovación en algunos lotes de la Finca, y en otros la renovación se realizó recientemente.

Primero se calculará el valor del suministro de materia prima o pulpa de café y luego se calculará el valor de gas requerido para cocinar teniendo en cuenta otras variables y parámetros mencionados más adelante.

3.2.1 Producción de Pulpa de Café Proyectada

Figura 35
Mapa conceptual de errores a analizar



La Figura 35 es un mapa conceptual donde se describe cada error además de la fórmula para su cálculo. En este se resalta el error MAPE que es el porcentaje absoluto medio del error, donde si los valores son altos así mismo el error tiende a ser alto. De igual forma se describe el proceso ECM el cual es el resultado de elevar al cuadrado el error MAD, el cual mide la dispersión de los errores, es decir, que si los valores son bajos el pronóstico debe ser cercano a la producción real. Con base a estos errores se escoge el método de pronóstico.

Tabla 26
Métodos de pronósticos con sus respectivos errores

Métodos de pronósticos	Errores			
	CFE	MAD	MSE	MAPE
Promedio móvil simple	0,065	0,930	1,581	17,14%
Promedio móvil ponderado	0,509	3,629	6,666	21,86%
suavización exponencial "Holt"	-3,321	1,465	3,344	24,24%
suavización exponencial doble "Brown"	4,587	1,421	3,244	22,87%
suavización exponencial "Winter"	1,023	1,616	6,332	36,51%
Regresión lineal	-15,096	2,516	6,445	47,01%

En la Tabla 26, para el método promedio móvil simple, los pronósticos se alejan 17,14% en promedio de los datos reales de producción. Este arroja el error de menor valor y es por ello por lo que se escogió este método. Además, el error de la dispersión de los errores de igual forma da un valor bajo, dando a entender que los pronósticos por el método de promedio móvil ponderado son valores cercanos a la producción real.

Figura 36
Requerimientos de Pulpa de Café



La Figura 36 muestra las proyecciones de pulpa de café para los siguientes periodos. Se puede observar cómo después del periodo 6 la producción tiende a mantenerse hasta el periodo 9, donde después habrá un crecimiento drástico en el periodo 10, como ocurrió del periodo 1 al 6.

3.2.2 Demanda de Gas para Estufa Tradicional de Cocina en la finca El Alto

Actualmente, la estufa de gas en la finca El Alto se utiliza para productos secundarios como la preparación de los alimentos para los trabajadores. Para esta labor se tiene como recurso un cocinero que trabaja durante seis horas al día debido a que prepara tres comidas diarias. La duración de cada una de estas preparaciones es de aproximadamente dos horas.

Tabla 27

Requerimientos de biogás en la finca El Alto teniendo en cuenta un valor de 1,3 m³ de biogás consumido por hora

Ciclo de cosecha	Consumo de biogás requerido (m ³ /día)	Días consumiendo biogás	Tiempo consumiendo gas (horas/día)	Cantidad de pulpa promedio histórica (Kg)	Biogás producido con la cantidad promedio (m ³ /día) durante 30 días	m ³ /día Caudal pulpa	kg/día (pulpa)
1	0,000	0,000	0,000	29,219	0,049	0,006	1,948
2	0,000	0,000	0,000	142,946	0,238	0,031	9,530
3	0,000	0,000	0,000	827,808	1,380	0,182	55,187
4	1,651	30,000	1,270	4629,461	7,716	1,016	308,631
5	7,540	30,000	5,800	0,000	0,000	0,000	0,000
Total	9,191	60,000	7,070	5629,435	9,382	1,235	375,296

Según la investigación de Arias et al. (2018), el consumo de biogás para una estufa tradicional adaptada a un biodigestor es de 1,3 m³/h. Además, la guía de Cenicafe reporta que 25 litros de biogás son generados por un kilogramo de pulpa fresca alimentada al biodigestor.

En la Tabla 27 se muestra el consumo requerido de biogás dependiendo del ciclo de cosecha, la cantidad de días de consumo de biogás por ciclo, el tiempo de consumo y la cantidad de pulpa promedio según datos históricos tomados de la Tabla 11. La cantidad de biogás producido se calculó teniendo en cuenta la cantidad de pulpa producida promedio. La producción de biogás se genera después de 30 días aproximadamente, por este motivo el ciclo anterior suministra biogás para el siguiente ciclo.

3.3 Cálculos para la Estimación y Dimensionamiento del Biodigestor

Una vez definidas las variables y parámetros para la construcción del biodigestor se calcula los valores resultantes para la estimación del volumen líquido según los metros cúbicos de pulpa de café diarios alimentados al digestor.

Tabla 28

Variables y parámetros obtenidos del cálculo de requerimientos en el diseño del biodigestor propuesto

Ciclo días)	Cantidad de pulpa promedio histórica (Kg)	Q al día (kg/día)	Co (Kg SV/día)	m3/día Caudal	V liquido 2 (m3)	cov(KgSv/m3* día)	THR	V liquido 1 (m3)
1	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2	29,219	1,948	0,046	0,006	0,192	0,500	14,398	0,092
3	142,946	9,530	0,226	0,031	0,941	0,500	14,398	0,451
4	827,808	55,187	1,307	0,182	5,448	0,500	14,398	2,615
5	4629,461	308,631	7,311	1,016	30,466	0,500	14,398	14,622
Total	5629,435	375,296	8,890	1,235	37,047	2,000	57,592	17,780

En la Tabla 28 se muestran los resultados obtenidos por ciclo de cosecha de las variables parámetros definidos según la metodología para la investigación adaptada de la herramienta Lean TPM (Total production Mantenimiento). En esta parte lo importante a resaltar es el volumen requerido para la pulpa generada: para el tercer ciclo un volumen de 5,448 m³ y para el cuarto ciclo un volumen de 30,466 m³, dividido en dos biodigestores o zanjas para lo requerido en cada ciclo.

La profundidad de las zanjas depende del terreno. Cenicafé recomienda una profundidad máxima de 1,5 m y 20° grados de inclinación del talud. Para la proporción de gas y líquidos se toma como referencia la tabla de la Figura 41 donde se muestran las dimensiones apropiadas según la proporción de gas de 10% y líquido de 90% dentro del biodigestor.

Tabla 29

TPM como metodología para reconocer los parámetros y variables

Diseño proceso de transformación piloto	Prevención del Mantenimiento	El planificar e investigar sobre las nuevas máquinas que pueden ser aplicadas en nuestra organización, para ello debemos diseñar e implementar procesos, verificar los nuevos proyectos, evaluar y validar los test de operación e implementar en la instalación y el ensayo.	Revisión metodológica, selección e implementación para la planificación de nuevos procesos	Análisis de factibilidad de la infraestructura actual y proyectos	Planificación e investigación de nuevos procesos de transformación.	Diseño de nuevos procesos (herramienta diagramación de flujo más de)	Plantear teorías sobre los requerimientos en el diseño de procesos	Realizar cálculos de requerimientos de este nuevo diseño	Determinar los Equipos e Insumos para transformación de operación a alta transformación	Análisis financiero
	Actividades de departamentos administrativos y de apoyo	Deben reformarse sus funciones mejorando su organización y cultura. Para ello se debe aplicar Mapa de cadenas de valor o metodologías para evaluar oportunidades y luego de ello poder lanzar los proyectos piloto.	Realiza VSM propuesto							
	Formación y Adiestramiento	La formación debe ser personalizada, de acuerdo a lo que necesita la planta y la organización, muchos de los departamentos se deben a que las personas no están bien adiestradas, por ello la planeación de la formación de las personas deben salir de las oportunidades encontradas en el desarrollo de los empleados y operarios. Unirse a los cursos técnicos de operarios combinados con estudios de prevención de accidentes. Todos los estudios de tiempos y movimientos deben tener su análisis de riesgos de	Gestión de inventarios como	Figurar capacitación de operarios para los operarios y equipos	Herramientas: útiles para de a conocer la implementación de los nuevos procesos de transformación con indicadores	Análisis financiero				
	Dirección de Seguridad y Entorno		Investiga Protocolos de seguridad en los procesos propuestos	Análisis financiero de seguridad						

TPM es una filosofía Lean con el objetivo del mantenimiento preventivo de la producción total, esta se adaptó para la realización de la metodología con las actividades a seguir, según el TPM en uno de sus encisos “prevención de mantenimiento” contiene la planificación e investigación de nuevas máquinas que pueden ser utilizadas en la organización en el momento de diseñar un nuevo proceso, para este caso el biodigestor será la nueva máquina donde en una de las actividades a seguir es realizar los cálculos de requerimientos en el nuevo diseño, es decir, variables y parámetros a tener en cuenta.

Figura 37
Profundidad y talud de la zanja en base a la circunferencia del biodigestor

	Profundidad	1 m de profundidad				1,5 m de profundidad				2m de profundidad				
		Talud	10°	20°	30°	45°	10°	20°	30°	45°	10°	20°	30°	45°
	Factor (b)	0,35	0,73	1,15	2	0,53	1,1	1,73	3	0,71	1,45	2,3	4	
Fase 90% líquido: 10% gaseoso	Circunferencia bobas	3	0,21	0,26	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		4	0,28	0,32	0,35	-	0,17	-	-	-	-	-	-	-
		5	0,33	0,36	0,38	-	0,24	0,29	-	-	0,15	-	-	-
		8	0,39	0,41	0,43	0,448	0,34	0,37	0,39	0,42	0,28	0,32	0,35	-
		10	0,42	0,43	0,44	0,47	0,37	0,39	0,41	0,44	0,33	0,36	0,38	0,42
		12	0,43	0,44	0,45	0,47	0,39	0,41	0,43	0,45	0,36	0,38	0,4	0,43
		15	0,44	0,45	0,46	0,48	0,42	0,43	0,44	0,46	0,39	0,41	0,42	0,44
18	0,45	0,46	0,47	0,48	0,43	0,44	0,45	0,47	0,41	0,42	0,44	0,45		
Fase 80% líquido: 20% gaseoso	Circunferencia bobas	3	0,18	0,25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		4	0,26	0,31	0,34	-	0,15	-	-	-	-	-	-	-
		5	0,32	0,35	0,38	0,41	0,21	0,27	-	-	-	-	-	-
		8	0,39	0,41	0,42	0,44	0,33	0,36	0,38	0,42	0,26	0,31	0,34	-
		10	0,41	0,43	0,44	0,46	0,36	0,39	0,41	0,43	0,32	0,35	0,38	0,41
		12	0,43	0,44	0,45	0,46	0,39	0,41	0,42	0,44	0,35	0,37	0,4	0,43
		15	0,44	0,45	0,46	0,47	0,41	0,43	0,44	0,46	0,38	0,4	0,42	0,44
18	0,45	0,46	0,47	0,48	0,43	0,44	0,45	0,46	0,4	0,42	0,43	0,45		

Nota: De RedBioLAc. (2019). ¿Cómo calcular un biodigestor flexible (tubular) de pequeña escala? RedBioLAc. <https://www.youtube.com/watch?v=X1c1ELKbzAU>

El biodigestor se tratará con fase líquida de 90% y fase gaseosa de 10%, circunferencia de la bolsa de biodigestor de 8 metros, profundidad de 1.5 metros y 20 grados de talud. La Figura 37 muestra dos factores: A= 0,37 y B=1,1, para el cálculo de las dimensiones de las zanjas representadas en las siguientes ecuaciones:

$$= \left(\frac{h}{(h + h) * 2} \right)$$

Las dimensiones de la zanja y las bolsas para cada requerimiento de biogás se obtienen de la Tabla 27. Para completar las variables en el diseño propuesto, y poder diligenciar las tarjetas Kanban de cantidad almacenada o ingresada a un proceso, según el tipo de tarjeta, de producción o de suministro, es necesario tener definido las variables que afectan la cantidad de inventario y cantidad ingresada al biodigestor. La función de las tarjetas Kanban es tener un sistema no centralizado del uso del inventario de pulpa de café en las actividades de producción de biogás, donde a través de tarjetas se llevará el registro de la cantidad que se demanda por el cliente final y la producción que se necesita extraer del inventario para luego pasar al proceso de pesaje y alimentación al biodigestor. De esta manera se sabrá qué actividades están por hacer, se están haciendo o ya se realizaron, según la cantidad solicitada de pulpa de café.

Tabla 30

Variables externas para el diseño de proceso lean aplicando variable de cantidad y tiempo en la herramienta Kanban

Dimensiones de la zanja de Biodigestor y de las bolsas de biodigestor								
Ancho de la bolsa de biodigestor. (metros)	Factor A	Factor B	Profundidad	Ancho mayor (metros)	Ancho menor	Área transversal (m2)	Largo de la bolsa de biodigestor (metros)	Largo de la bolsa de biodigestor (metros)
8	0,37	1,1	1,5	2,96	1,86	3,6	30,46m3	5,44m3
							8,463	1,513

La Tabla 30 muestra las dimensiones de la zanja donde estará el biodigestor y las medidas de las bolsas del biodigestor. Esto debido a que existen dos requerimientos de diferente demanda: en el cuarto ciclo de recolección se requiere una bolsa con un largo de 5,44 metros y después de la cosecha se requiere una bolsa con un largo de 8,463 metros para almacenar mayor cantidad de pulpa de café como sustrato al biodigestor.

3.4 Determinación e integración de herramientas lean, dependiendo de los desperdicios identificados en el diagnóstico

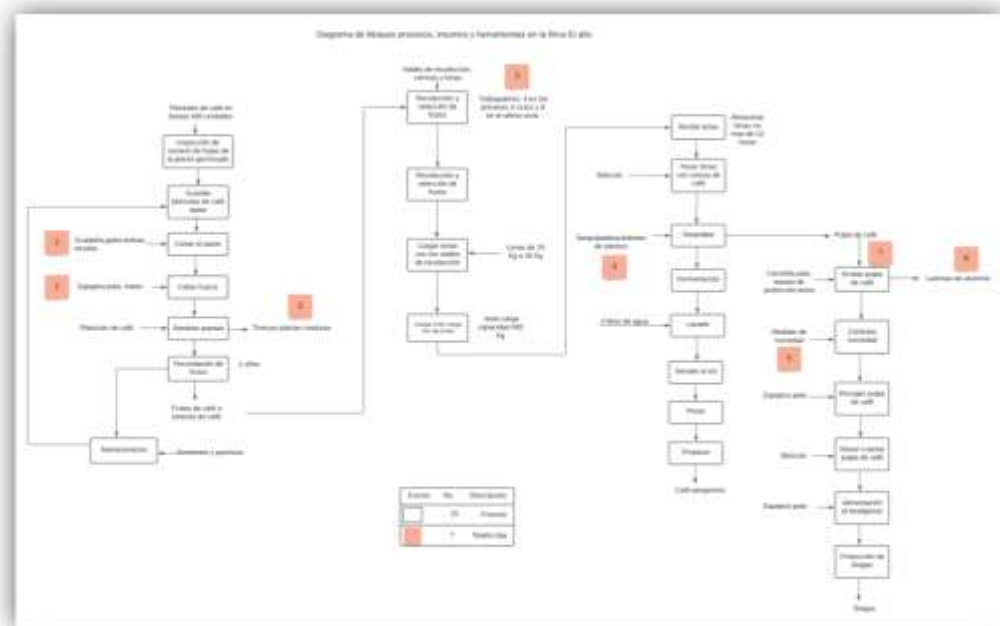
Se determinaron herramientas Lean según el trabajo de Nielsen y Pejstrup (2018). En el Capítulo 7 de este trabajo, se mencionan nueve herramientas a utilizar en una granja para procesos de agricultura, sin embargo, para la actual investigación se utilizarán las herramientas Lean Metodología 5s, Kanban, Poka Yoke y Board Kaizen.

3.4.1 Desarrollo metodología 5 s

3.4.1.1 Primera S (Clasificar). Para esta fase de la metodología se tienen en cuenta las estaciones en las cuales hay presencia de pulpa de café, teniendo como propósito identificar los materiales y objetos innecesarios, con base en los desperdicios Lean encontrados en la tabla 8. Se realizará un formato que permita registrar características de cada uno de los elementos contenidos en el proceso descrito en el flujo de operaciones. Esta descripción se presentará haciendo uso de la tarjeta roja, sugerida por la metodología de las 5's, para hacer el control requerido y acción a realizar, ya sea eliminación o control de los elementos innecesarios descritos por estas tarjetas.

Figura 38
Diagrama de bloques para el proceso actual y propuesto mostrando insumos y herramientas y fotografías de la ubicación.





En el diagrama de bloques de la Figura 38, cada bloque representa un proceso con sus respectivas entradas: insumos y herramientas utilizadas. El diagrama muestra el proceso actual para café pergamino y la estandarización del diseño para el proceso de transformación de pulpa de café a biogás. La realización de este diagrama cumple la función de indicar la ubicación de la tarjeta roja, realizadas en la clasificación o primera S “clasificar” para los desperdicios encontrados; donde el número de tarjeta roja es correspondiente a las descritas desde la tarjeta número uno (Tabla 31) en adelante.

Tabla 31
Tarjeta roja número 1

N° 1	área:	Semillero	Etiqueta 5s tarjeta roja	Fecha:
Problema detectado	Las herramientas para el reproceso de sembrado se usan durante toda una jornada de trabajo exclusivamente para esta labor y para el área de sembrado.			
Solución propuesta	1. Eliminar- tirar (área roja)			5. Señalizar
	2. Eliminar- Pendiente decisión (área amarilla)			6. Limpiar
	3. Ordenar		X	7. Reparar/mejorar
	4. Identificar		X	8. Estandarizar

La Tabla 31 representa la etiqueta de los objetos utilizados como herramientas manuales para el proceso de sembrado, la cuales son: pica, pala, guantes y guadaña. El trabajador realiza este proceso durante 60 días para tres lotes de producción de café de cuatro hectáreas. Estas herramientas serán ordenadas en el lugar cercano al nuevo diseño propuesto o elaboración de biogás, el cual tiene un área disponible en la estación de almacenamiento de pulpa de café; una vez estén identificadas para el tipo de uso correspondiente al diseño propuesto.

La tarjeta roja número dos describe el objeto “tronco de madera”, con un uso no apropiado de ellos y del área donde están actualmente apilados. El valor aproximado de la cantidad de troncos es de 100 unidades según el Administrador, y la altura del volumen ocupado por ellos es de aproximadamente cuatro metros de altura. Este lugar se ordenará y el espacio será utilizado por los troncos seleccionados para la construcción del diseño propuesto. Además, se limpiará el lugar y se harán mejoras a los troncos para que cumplan con los requerimientos del diseño propuesto.

La tarjeta roja número tres describe el problema detectado en la tabla 8 como desperdicio Lean, el cual es: esperas en tiempo por parte de los trabajadores para la recolección de café. Esto se debe a que solo se dispone de dos trabajadores en los dos primeros ciclos de cosecha, y estos deben repartir sus labores entre la seguridad y el mantenimiento. Se pretende identificar las horas disponibles diarias en los 30 días de espera por ciclo y así ordenar las actividades en el calendario de trabajo para el diseño propuesto.

La tarjeta roja número cuatro describe el material objeto “Recipiente de plástico” con capacidad de 450 litros y ubicado en la estación despulpadora. Se pretende disponer de este recipiente (ordenar) para poder modificarlo o repararlo y utilizarlo en la estandarización del proceso de despulpado por método húmedo. En este, la pulpa se separa del grano dentro del recipiente con agua. Esto para los frutos verdes y sobre maduros (mermas); y de esta manera utilizarlos en el biodigestor propuesto.

La tarjeta roja número cinco describe el material de trabajo u objeto sin uso en el área de secado “medidor de humedad”. Este objeto se utiliza dos veces al día durante 4 a 7 días. Se pretende gestionar (ordenar) el tiempo de uso de esta herramienta para aprovechar su disponibilidad y estandarizar su tiempo productivo en el proceso propuesto.

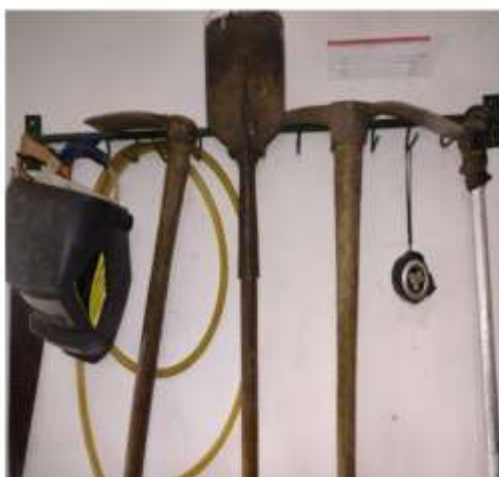
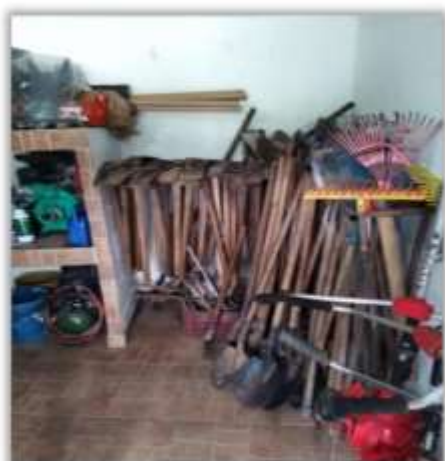
La tarjeta roja numero 6 describe el objeto “latas de aluminio”, que actualmente rodean la pulpa de café obtenida. Estas se eliminarán de la estación de almacenamiento de pulpa de café ya que no cumplen con la función de protección de la pulpa de café. Se mejorará este objeto al utilizarse como techo para proteger la pulpa de las aguas lluvia.

La tarjeta roja número 6 describe el objeto “Área o terreno de almacenamiento a cielo abierto”. Esta área y el método de almacenamiento actual se eliminará, de tal forma que la pulpa de café pueda conservar sus propiedades físicas al momento de alimentar el biodigestor propuesto. Además de señalar las medidas de seguridad y protección, y posteriormente limpiar el terreno de la pulpa actual para poder reparar el terreno y ajustarlo a un almacenamiento adecuado.

3.4.1.2 Segunda S (Ordenar)

3.4.1.2.1 Herramientas en el reproceso de sembrado, identificación y orden para uso del diseño propuesto. Actualmente en la estación “Semillero” se utilizan herramientas para cavar huecos con profundidad de 27 a 30 cm y sembrar las plantas de café. Estas herramientas son: una guadaña para despejar el área, una pica para profundizar el área de sembrado, una pala para recoger la tierra y una carretilla con capacidad de 80 a 100 Kg para almacenar la tierra de rellenar nuevamente el hueco. Este proceso se visualiza dentro de la Figura 32. De estas herramientas se identifican las apropiadas para el diseño del biodigestor tubular.

Figura 39
Almacén de herramientas para la finca El Alto



La Tabla 32 presenta el orden actual de las herramientas utilizadas para trabajos manuales en la finca. De esta forma el orden se mantiene, separando las herramientas de sembrado y las de elaboración de la zanja mencionada en la definición de variables y parámetros. La identificación de herramientas se realiza en la siguiente tabla:

Tabla 32
Identificación de herramientas

Herramienta	Descripción de uso en el diseño del biodigestor	Ilustración
Pica o Zapapico	Esta herramienta se usa para devastar y remover piedras. Se usa en agricultura para cavar zanjas.	
Pala	Esta herramienta de mano se usará en el proceso para remover la tierra de la zanja fuera de ella.	
Guadaña	Esta herramienta utilizada en el proceso de sembrado en la estación de semillero se encuentra en el almacén de herramientas. Se utilizará para cortar el pasto y plantas que estén en el área designada al biodigestor.	
Metro o flexómetro	Esta herramienta se utilizará para la medición de la base mayor, base menor y profundidad de la zanja, además de las mediciones para la elaboración del techo de la zanja.	
Carretilla	Esta herramienta con una capacidad de 80 Kg se utilizará para el transporte de tierra y elementos como el material de trabajo y las herramientas mencionadas.	

3.4.1.2.2 Troncos de madera obtenidos de la renovación no se utilizan en el área donde están ubicados. En el proceso de renovación de plantas actual, se genera un desperdicio de inventario debido a que los troncos resultantes de este proceso no se utilizan y entonces son almacenados en un espacio cercano a la estación de “secado”, lo que genera

obstrucción del paso hacia la zona de secado. Además, al estar en un lugar de almacenamiento sin cuidados de humedad, la madera pierde sus propiedades con el paso del tiempo. Esto sucede ya que no tienen una utilidad como material en el proceso referente a la pulpa de café actual.

Figura 40
Almacén de troncos de planta de café en la finca El Alto



Como se puede observar en la Figura 40, los troncos de madera son recubiertos con bolsa de plástico porque el proceso de renovación se lleva a cabo cada cuatro años. Lo que se pretende con la tarjeta roja para este material es utilizar los troncos para los soportes del techo de la zanja de almacenamiento o nueva estación de “ensilaje” y de la zanja del biodigestor.

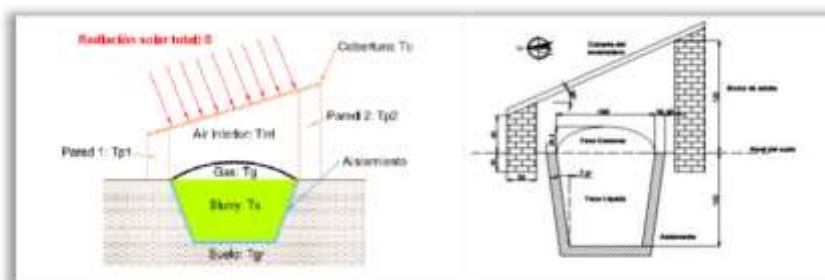
Figura 41
Almacén de troncos de planta de café en la finca El Alto



En la Figura 41 se observa el almacenamiento actual de la madera. En el proceso propuesto, se cortarían los troncos a la longitud requerida y luego se lijarán. También se ordenará y se limpiará el almacén para ubicar los troncos. Posteriormente se pretende mejorar los troncos provenientes

de las plantas renovadas para que cumplan los requerimientos del techo de las zanjas en el proceso propuesto y pueda ser implementado.

Figura 42
Techo inclinado a un agua



Nota: Basado De Zabaleta, R. S. G., Viera, M. V. A., & Aldana, M. D. M. (2017).

El biodigestor debe estar protegido de los rayos del sol y del agua lluvia. Además del techo, de acuerdo con Zabaleta et al. (2017), cuando se utilizan filmes de polietileno como invernaderos para aumentar la temperatura de funcionamiento del biodigestor, se debe tener en cuenta que su vida útil, por estar directamente expuestos al sol, es de aproximadamente dos años tal como se indicó antes, por lo que tendrán que ser cambiados después de este periodo. Estos diseños de invernadero son comunes en los biodigestores construidos por Martí Herrero (2008) en Bolivia.” (Zabaleta, R. S. G., Viera, M. V. A., & Aldana, M. D. M., 2017). El ángulo del techo será 24° , la longitud de los soportes será de 40 cm y 120 cm, y el biodigestor se recubrirá con el material denominado “Agrofilm de 0,7 mm (doble capa)”. (Sossa, 2016).

3.4.1.2.3 Orden de los tiempos [de espera de 30 días para nuevamente recolectar cerezas de café por parte de tres trabajadores fijos quienes durante el mismo periodo realizan labores de seguridad, mantenimiento al compost y plantas de café]. Este tiempo de espera por parte de los tres trabajadores fijos se asignará según las tareas para el diseño del biodigestor y control de producción de biogás.

En la elaboración del compost se requiere un cuidado constante y un adecuado almacenamiento, que actualmente la Finca no posee, como se observa en las evidencias fotográficas. Para el proceso del compost este se debe revolver una vez al mes durante seis meses.

El biodigestor propuesto además de generar biogás también producirá “Biol” que es un líquido en forma de compost de mejor calidad con un valor de 6,2% de la pulpa recolectada. Este se producirá al mismo tiempo que el biogás y de esta manera el tiempo productivo se incrementará, transformando los días de espera en días productivos.

Como lo muestra la Figura 49 “**Tiempo de retención de pulpa de café vs producción de biogás ml**” a los 30 días aproximadamente el biogás deja de generarse y los sólidos totales se desintegran.

Figura 43
Diagrama de Gantt tercer y cuarto ciclo

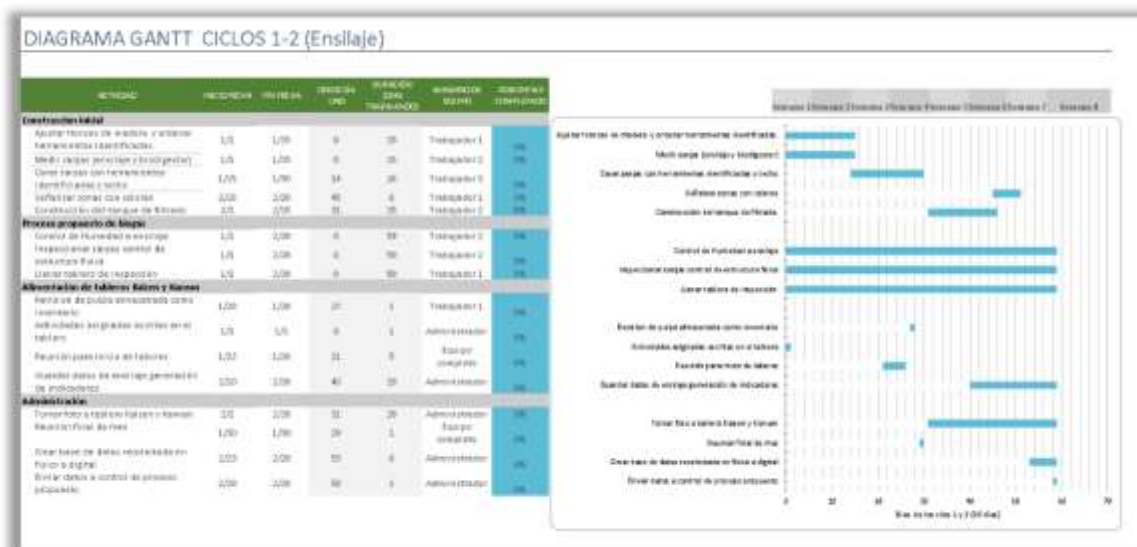


La Figura 43 es la representación de la distribución de las actividades a realizar durante los tiempos de espera entre los ciclos de recolección tres y cuatro. Esta representación se realizó con un diagrama de Gantt en donde se describe, entre otros, la actividad y el inicio de fecha dentro de los treinta días de cada ciclo. Estas son las mismas para cada conjunto de días por cada ciclo de días, es decir, durante 30 días se realizan estas actividades y se repetirán para cada ciclo. Es por esta razón que la línea del tiempo tiene una magnitud de 30 días.

Las actividades de mantenimiento se realizarán por parte de los tres trabajadores fijos o que están presentes durante los cuatro ciclos, ya que estos son los que presentan tiempos de espera. Para el proceso propuesto estarán a cargo los trabajadores 1 y 2. El llenado de los

tableros Lean se realizará por parte de los tres trabajadores durante los tiempos de producción de biogás que son entre el tercer y cuarto ciclo de cosecha. La administración se encargará de recoger los datos en físico escritos por los trabajadores y los extraerá a una base de datos digital con los formatos de tablero Kaizen y tarjetas Kanban.

Figura 44
Diagrama de Gantt primer y segundo ciclo



La Figura 44 es la representación de la distribución de las actividades a realizar durante los tiempos de espera entre los ciclos de recolección uno y dos. Esta representación se realizó con un diagrama de Gantt en donde se describe, entre otros, la actividad y el inicio de fecha dentro de los treinta días de cada ciclo. En este se muestran ocho semanas de tiempos de espera en los cuales periódicamente se realizarán actividades de control de humedad de ensilaje y lo referente al almacenamiento de la pulpa de café.

3.4.1.2.4 Recipientes de plástico vacíos [con capacidad de 450 litros, en el área de la estación "Despulpadora", y Máquina Despulpadora de "dos chorros y medio" con capacidad de 350 kilogramos por hora sin utilizar]. Al tener un reproceso de inspección de frutos verdes y transporte a la zona de secado, se producen mermas que pueden ser transformadas extrayendo la pulpa de café de los frutos verdes y sobre maduros en los recipientes de plástico no utilizados, mejorando el proceso de inspección en la estación de despulpado al agregar la despulpadora para frutos verdes.

Figura 45
Objetos para ordenar al diseño propuesto



Estos objetos mostrados en la Figura 45 que están ubicados en la zona de despulpado y zona de empacado se encuentran sin utilizar de forma adecuada (ordenada). Estos se usarán para la generación de mayor cantidad de pulpa de café aprovechando la merma denominada, frutos verdes.

Tabla 33
Objetos para ordenar al diseño propuesto

Ciclo de cosecha	Consumo de biogás requerido (m3/día)	Días consumiendo biogás	Tiempo consumiendo gas (horas/día)	Cantidad de pulpa promedio histórica (Kg)+ pulpa verde	Biogás producido con la cantidad promedio (m3/día) durante 30 días	m3/día Caudal pulpa	kg/día (pulpa)	Cantidad de pulpa generada por frutos verdes	Cantidad de pulpa verde generada por día
1	0,000	0,000	0,000	35,519	0,059	0,008	2,368	6,3	0,42
2	0,000	0,000	0,000	174,446	0,001	0,031	0,038	31,5	2,1
3	0,000	0,000	0,000	1015,548	1,693	0,223	67,703	187,74	12,516
4	1,651	30,000	1,270	5725,661	9,543	1,256	381,711	1096,2	73,08
5	7,540	30,000	5,800	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Total	9,191	60,000	7,070	6951,175	11,296	1,518	451,820	1321,740	88,116

La Tabla 33 muestra el valor que tendrá la pulpa de café con fruto verde generada al agregar este nuevo subproceso que estará ligado a la recolección de este fruto en tiempos de espera por parte del trabajador, en la zona de pesaje y en la estación de despulpado. Según el diagnóstico inicial con una probabilidad de 8,04% de obtención de fruto verde, se presenta la cantidad de pulpa generada por día, el caudal que representa en la alimentación al biodigestor y la cantidad de biogás posible a generar.

3.4.1.2.5 Las herramientas de medir la humedad para el proceso de secado [tienen designado un tiempo de 4 a 7 días que puede ser sobrepasado o durante este tiempo no se utilizan]. La calidad de la pulpa puede preservarse con el proceso propuesto de ensilaje. Este no afectará el proceso actual ya que se seguirá transportando la cantidad necesaria para la elaboración actual de compost. La diferencia radica en que esta será almacenada en una zanja durante las tres primeras recolecciones. Este proceso de ensilaje requiere como control de calidad de la pulpa la medida del factor de humedad. Utilizando el medidor de humedad que se utiliza en la estación de secado se puede realizar esta tarea. El operario aprovechara este tiempo de utilización disponible para también medir la humedad del proceso de ensilaje. Es decir, se utilizará una misma herramienta para dos procesos diferentes.

Figura 46

Parámetros de la pulpa fresca antes y después de ensilarse, medidor de humedad para café pergamino

Determinación	Pulpa fresca	Pulpa ensilada
Humedad (%)	81,18	70,65
Cenizas (% bs)	6,23	6,73
Grasas (% bs)	2,50	2,75
Nitrógeno (% bs)	1,89	2,30
Proteína (% bs)	11,81	14,48
Fibra (% bs)	13,28	23,55
L.L.N (% bs)	66,18	32,57
P (% bs)	0,11	0,08
K (% bs)	2,44	1,90
Ca (% bs)	0,40	0,70
Mg (% bs)	0,10	0,14
Fe (ppm)	310	770
Ni (ppm)	68	101
Zn (ppm)	18	12
B (ppm)	22	19
Cu (ppm)	19	27
pH	3,76	4,24



Nota: Basado de Cenicafé. (2019).

En la Figura 46 se puede observar la humedad que debe tener la pulpa ensilada y la pulpa fresca. Según Cenicafé el valor óptimo de humedad de la pulpa ensilada es de 70,65. En la Figura 46 se observa además el dispositivo utilizado en la Finca para medir actualmente la humedad del grano, equivalente a 11,5 según estándares. Las dos mediciones serán realizadas por el trabajador que actualmente mide la humedad del grano, designado así en el diagrama de Gantt.

3.4.1.2.6 Las láminas de aluminio que rodean la pulpa de café obtenida [no protegen de la humedad ni canalizan las aguas lluvia. Además, el área o el terreno de almacenamiento presenta lixiviados al suelo y la pulpa se encuentra descubierta, lo que genera malos olores y pérdida de propiedades de la pulpa de café para el compost o producto secundario].

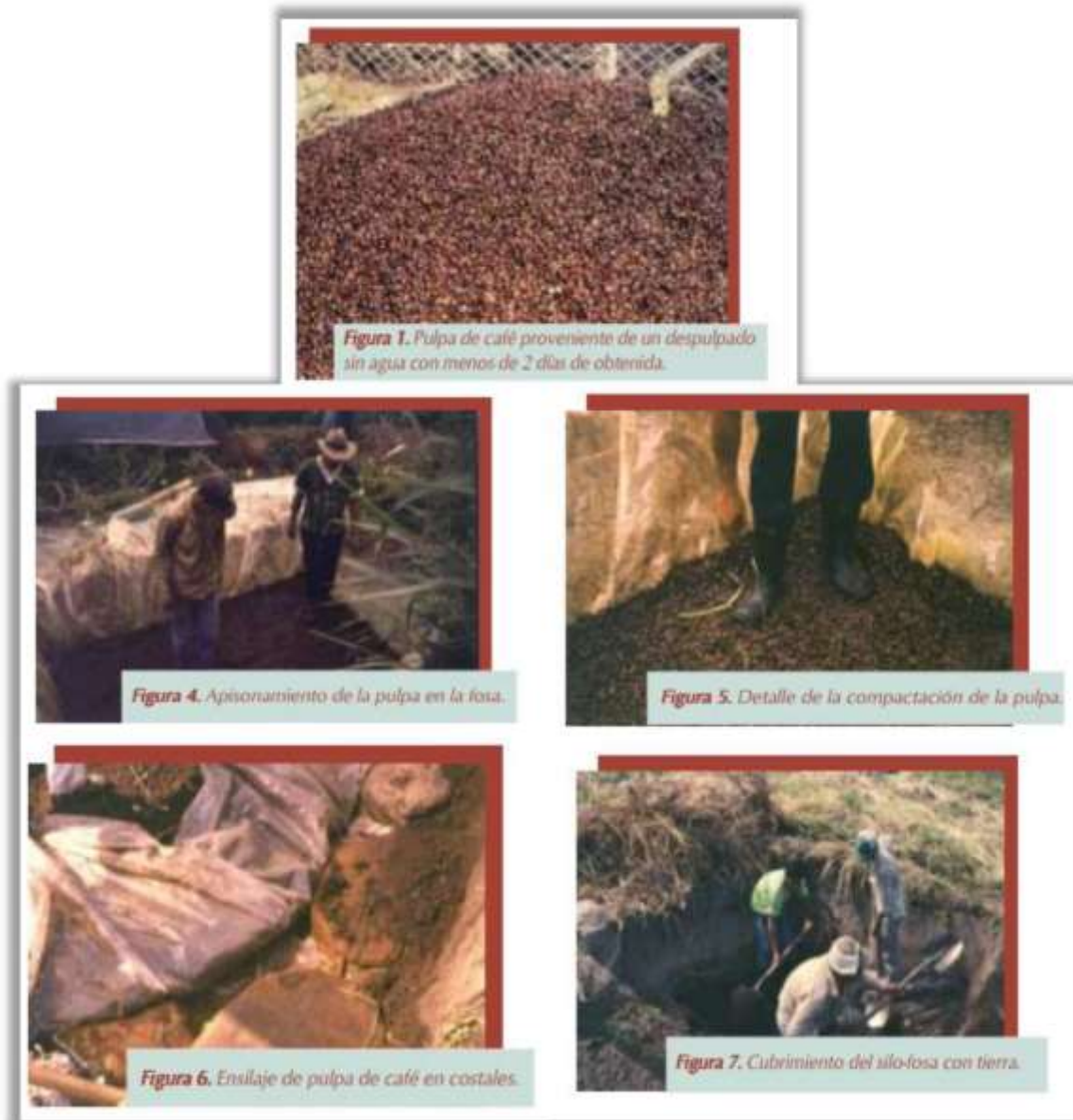
Figura 47

Almacenamiento actual de pulpa de café en la finca El Alto



De acuerdo con la evidencia fotográfica mostrada en la Figura 47, el aluminio utilizado actualmente para cubrir la pulpa de café no tiene utilidad, por lo tanto, se eliminará de esta área y se realizará un adecuado almacenamiento. Estas láminas de aluminio no pueden ser utilizadas como techo para el almacenamiento debido a los rayos del sol como se explicó anteriormente en los requerimientos para el techado o protección de la pulpa de café.

La guía de Cenicafé (2019), muestra los pasos para la elaboración de la zanja de ensilaje mostrada en la Figura 48. Esta tiene una capacidad de 7 toneladas, lo que permite el uso de la pulpa de café durante todo un año conservando las propiedades físicas. El almacenamiento se debe realizar con un máximo de dos días después del despulpado.

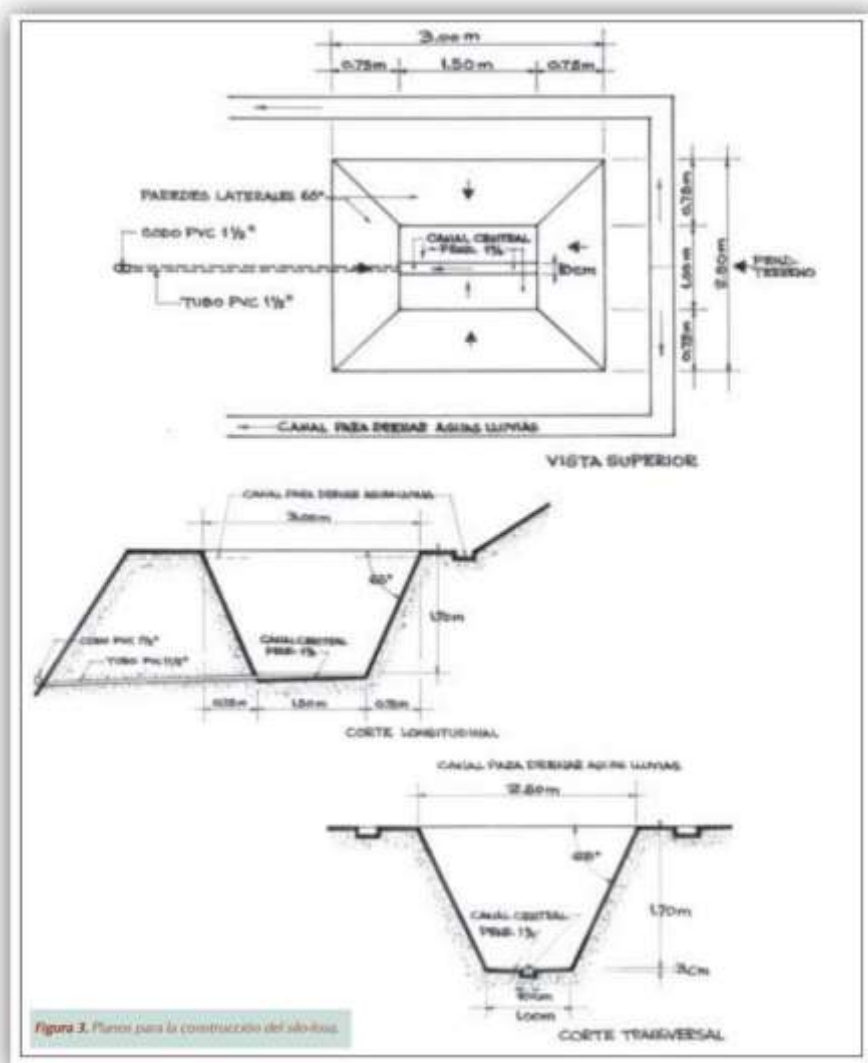
Figura 48**Proceso de ensilaje de forma visual extraída de la guía para ensilaje de Cenicafé**

Nota: Basado de Cenicafé. (2019).

La Figura 48 muestra el proceso de ensilaje. Después de transportada la pulpa a la estación “abono” o a la zona de almacenamiento de la pulpa, siguiendo la secuencia de figuras, 48.1 - 48.4 - 48.5 - 48.7., la Figura 48.6 muestra una forma de ensilar pulpa en costales para pequeñas cantidades sin importar el tamaño de la zanja; además del recubrimiento de tierra sobre estos con el fin de conservar las propiedades pertinentes.

Cenicafé diseñó un plano de la zanja para ensilaje de la pulpa de café adecuado para almacenamiento de 7 toneladas. El desperdicio Lean denominado defectos, se encontró en el almacenamiento de la pulpa de café ya que no es el correcto según la guía de Cenicafé y por ende se pretende implementar para eliminar este desperdicio Lean señalado en el VSM futuro o propuesto.

Figura 49
Plano para almacenamiento de pulpa de café



Nota: Extraído de Cenicafé. (2019).

El Compost, actualmente genera malos olores y maltrato del suelo. Además, únicamente el 10% de la pulpa recolectada es transformada en compost, según la investigación mencionada

con anterioridad. Con este diseño de almacenamiento se eliminará el desperdicio Lean en el defecto de tratamiento de almacenamiento.

3.4.1.3 Tercera S (Limpiar). Seiso significa limpiar el entorno de trabajo, incluido el mobiliario, equipo, máquinas y herramientas, paredes, pisos y otras áreas del lugar de trabajo. La Figura 54 establece un ciclo de trabajo para el desarrollo de esta tercera “S”, la cual pretende que todo el personal se haga responsable de las cosas que usa, y asegure que todo se encuentre en buenas condiciones para lograr un ambiente laboral agradable, donde las fallas en los equipos sean mínimas, se eliminen los desperdicios, se optimice el lugar, exista cero accidentes laborales y se garantice una calidad total de los procesos. (Pérez Sierra, V., & Quintero Beltrá, L. C., 2017).

Figura 50
Fases para implementación de la tercera S “Seiso”

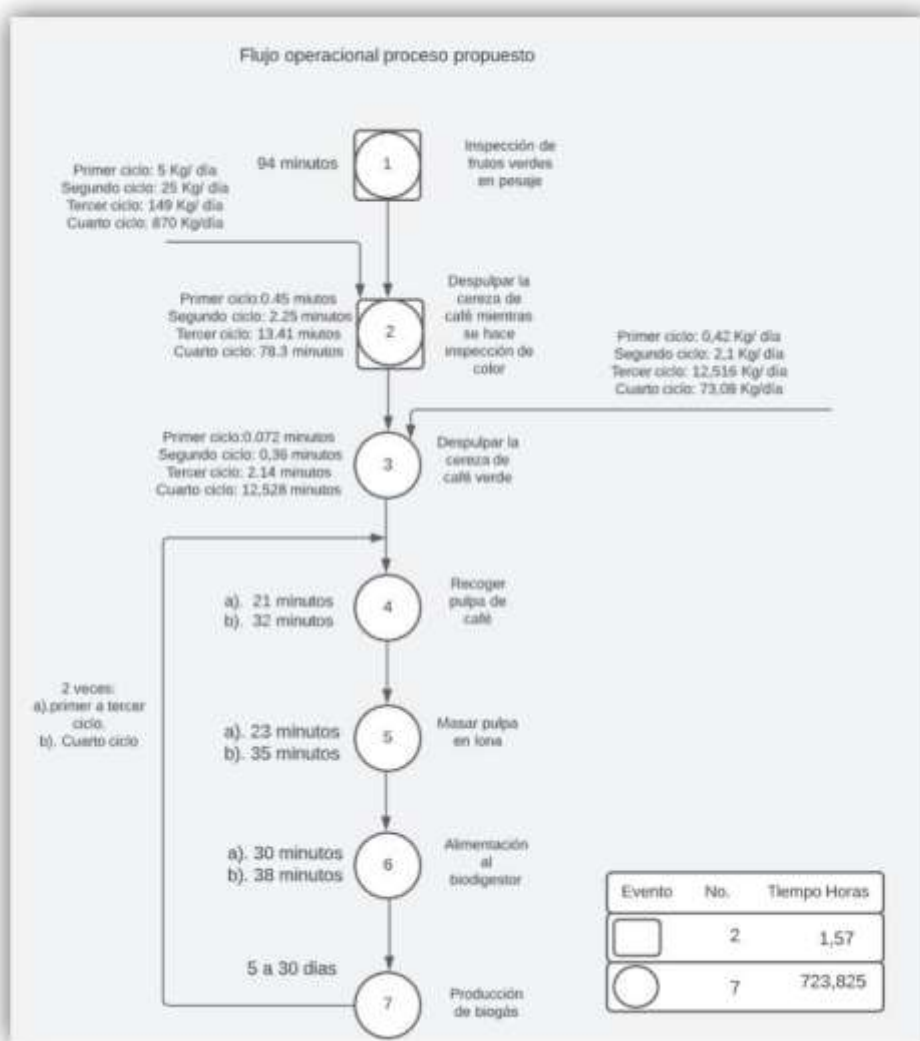


Nota: Adaptado de Pérez Sierra, V., & Quintero Beltrá, L. C. (julio-diciembre de 2017).

La Figura 50 presenta una adaptación para el Ciclo de Implementación de Limpieza. De manera general se describen los aspectos fundamentales para cada fase.

un proceso consiste en establecer estándares y trabajar de acuerdo con los mismos (Serna, M. D. A., Zapata, L. F. C., & Cortes, J. A. Z., 2015).

Figura 52
Flujo operacional del nuevo proceso para producción de biogás



La estandarización del proceso propuesto se realizó con base en la cantidad de frutos verdes o mermas generadas y su probabilidad de obtención, con un valor de 8,04%. El VSM propuesto o futuro nos muestra la cantidad para las nuevas estaciones de trabajo y el tiempo posible después de despulpar el fruto de café y transportarlo al ensilaje durante 120 días. Seguido de ello el diagrama de operación solo muestra las operaciones desde el evento 3 al 6, el cual se realizará después del décimo día del tercer ciclo para suplir el requerimiento del cuarto ciclo, y

desde el décimo día del cuarto ciclo para el requerimiento de un quinto ciclo ya que el biogás es requerido con mayor demanda después del proceso de cosecha y durante el cuarto ciclo de recolección.

3.4.1.5 Quinta S (Disciplina). La disciplina consiste en mantener los estándares establecidos en los cuatro pasos anteriores. La tarea de esta fase se ciñe a la realización de auditorías periódicas y acciones correctoras para asegurarnos de que se alcanza y mantiene el nivel de cinco S deseado. (Madariaga Neto, 2013).

Figura 53
Formato para evaluación de disciplina para la herramienta 5" S"

FORMATO LISTA DE CHEQUEO PROGRAMA 5" S"				Código: Verbo: Especificación:	
Proceso: Gestión de flujo de nuevo proceso de producción (Biogás)					
Concepto a evaluar en cada uno de los criterios y niveles, de acuerdo con las condiciones del punto de trabajo creado					
Objetivo: 1) Reducir Substrato:					
LISTA DE CHEQUEO 5" S PARA PUESTOS DE TRABAJO			AUDITOR:		Calificación
			PUESTO DE TRABAJO	Fecha	
			Calificación (Actual)	Calificación (Anterior)	0 1 2 3 4
			(/30)	(/30)	
5" S"	No.	Item a evaluar	CRITERIO DE EVALUACIÓN		
Clasificar	1	Tarjeta roja N1	Las herramientas deben estar ordenadas y clasificadas para cada labor		
	2	Tarjeta roja N2	Troncos de madera a la medida para techado seleccionado los requeridos		
	3	Tarjeta roja N3	Clasificación de tareas según los tiempos de espera acordes a la producción		
	4	Tarjeta roja N4	Los recipientes y la despalpadora se clasifican en la zona de producción		
	5	Tarjeta roja N5	Se cumple la separación del medidor de humedad para cada proceso		
	6	Tarjeta roja N6	Las laminas de aluminio y objetos que no se usan estan fuera de la zona de producción de gas		
	7	Soportes techo	Troncos de madera a la medida recibidos en otra zona y ordenados		
	8	Tiempos de espera	Los tiempos organizados y asignados a trabajadores se cumplen		
Orden	9	Objetos ordenados	[Los recipientes, el tanque de filtrado, zanjas y la despalpadora] se estan utilizando con las cantidades, para el caso de la despalpadora según la probabilidad de obtención de pulpa verde y ordenadas en la ubicación señalada		
	10	Herramienta utilizada	La herramienta de medir humedad esta en uso durante el uso de secado y empaque señalando su lugar de ubicación		
	11	Protocolo de empaque	Las zanjas diseñadas se estan utilizando según el protocolo de empaque y biogás		
	12	Biohidratación de biogestor	El biogestor esta señalizado con los pertinentes equipos de protección personal		
Limpieza	13	Suciedad en la zona de producción	Revisar suelo, los pasos de acceso y los alrededores del almacén de pulpa al biogestor. ¿Se encuentran manchas de pulpa, excremento de animal, residuos? ¿Se encuentran manchas de pulpa, excremento de animal, residuos? ¿Puedes percibir olor a "huevo podrido" o sulfuro, que es el olor a un escape de biogás o H2S?		
	14	Suciedad en los equipos	¿Hay partes del biogestor y el tanque de filtrado con suciedad o grietas? ¿Puedes percibir olor a "huevo podrido" o sulfuro, que es el olor a un escape de biogás o H2S?		
	15	Suciedad en la tubería	¿Está la tubería de biogás sucia, mal conectada o en general en mal estado?		
	16	Suciedad en los lavados	¿El agua o almacenamiento de los lavados fermentado fluye en mal estado?		
	17	Elementos defectuosos	¿Hay elementos defectuosos (total o parcialmente)?		
	18	El techo protege al biogestor	¿Se mantiene el techo limpio?		
	19	Cumplimiento del formato de limpieza	¿Se realizan periódicamente tareas de limpieza conjuntamente con el mantenimiento de la planta?		
	20	Cumplimiento del formato de limpieza	¿Se baña y limpia el suelo y los equipos normalmente en estar anotado en el formato de limpieza?		
	21	Cumplimiento del formato de limpieza	¿Se realizan periódicamente las tareas de limpieza conjuntamente con el formato de limpieza?		
	22	Protección personal	¿Se usa el equipo de protección personal al estar en la zona de producción?		
Mantenimiento	23	Presion de biogás y filtro de gas	¿La revisión de presión en el manómetro en el biogestor y tanque de filtrado sobrepasa el nivel o esta por debajo?		
	24	Averías en la tubería	¿Hay algún escape de biogás por algo roto?		
	25	Cantidades estándar	¿Las cantidades de pulpa verde ingresada presenta algún problema?		
	26	Tiempos estándar	¿Los tiempos designados para las nuevas estaciones se cumplen?		
	27	Cantidad entrante estimada por estación	¿Las cantidades de pulpa de café por lote a cada estación actual de alguna forma difiere?		
Disciplina	28	Formulario de limpieza	¿Se realiza el control establecido en el formato de limpieza?		
	29	Cumplimiento con las herramientas lean	El llenado de los tableros Kanban y Mazon se realizan en sus momentos designados		
	30	Protección personal diaria	Se utilizan los elementos de protección personal cuando es momento de hacerlo		
	31	Cumplimiento de reuniones	Las reuniones de equipo se cumplen en su día de asignación		
	32	Cumplimiento de las actividades definidas	¿Todas las actividades definidas en las FIS se llevan a cabo y se realizan los seguimientos definidos?		
	33	Seguimiento por medio de indicadores	El control por medio de indicadores es alimentado por la administración según los tiempos establecidos		

Según Madariaga (2013), para implantar las cinco S en un área piloto, necesitaremos un panel de gestión donde, para cada S, mostraremos su definición, ejemplos con fotos del antes y el después, una lista de acciones realizadas/pendientes y un indicador. Una vez que las cinco S

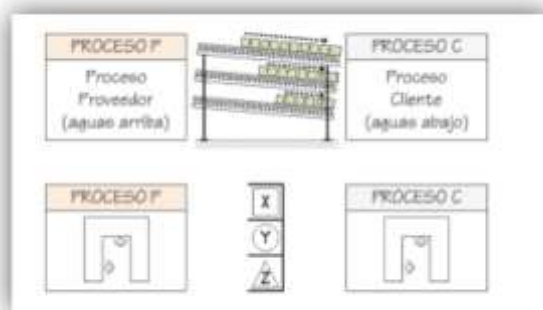
hayan sido implantadas y nos hayamos asegurado de que los resultados se mantienen a lo largo del tiempo, podremos retirar el panel de gestión. No obstante, seguiremos realizando auditorías periódicas y mantendremos un indicador global de la evolución de las cinco S. Son frecuentes los fracasos en la implantación y mantenimiento de las cinco S, generalmente debidos a la falta de visión, rigor y constancia por parte de la dirección. Si no alcanzamos y mantenemos un nivel correcto de cinco S será muy difícil avanzar en la implantación de otras metodologías del lean manufacturing. (Madariaga Neto, 2013).

La Figura 53 representa un formato para el monitoreo de las cuatro “S” anteriores.

3.4.2 Segunda herramienta Lean: Kanban

De acuerdo con la metodología Kanban, el diseño del proceso propuesto es un sistema pull. Para este diseño se tendrá en cuenta que la conexión entre los procesos propuestos por pareja se conectará por medio de Supermercado y Kanban de manera que pueda conectarse en forma de flujo continuo.

Figura 54
Supermercado y su representación simbólica



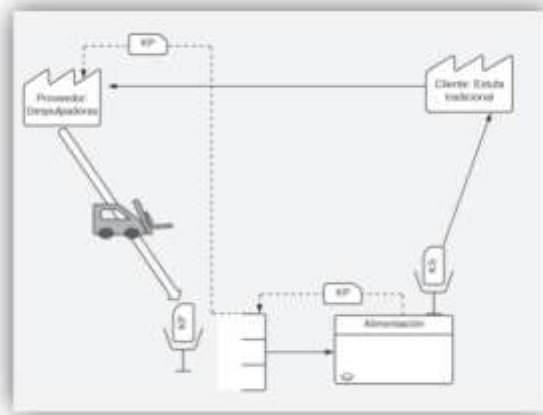
Nota: Basado de Madariaga. (2019).

Según Madariaga Neto (2013) se deben tener en cuenta las siguientes características:

- En el supermercado debe haber en todo momento existencias de todos los productos que consume el proceso cliente al que sirve.
- En el supermercado los productos se presentan en cajas estándar o en dispositivos específicos en función de las características físicas del producto.
- Varios procesos clientes pueden consumir productos de un mismo supermercado.
- En el supermercado el inventario de cada producto está limitado.

- El supermercado pertenece al proceso proveedor, y puede estar situado junto a éste o junto al proceso cliente.
- El proceso cliente retira del supermercado los productos que necesita justo en el momento en que los necesita.
- La retirada de una caja del supermercado genera una señal Kanban que autoriza al proceso proveedor la reposición del producto consumido.

Figura 55
Sistema de tarjeta Kanban para el proceso propuesto de transformación de pulpa de café

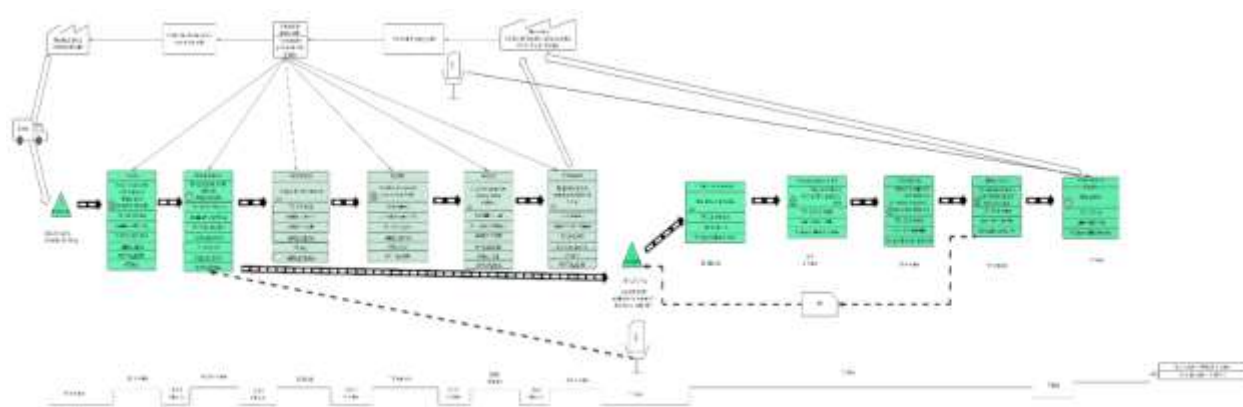


La Figura 55 representa el sistema de tarjeta Kanban para el proceso propuesto de transformación de pulpa. Este inicia con la circulación de tarjetas de producción en el proceso de alimentación que consume del supermercado o el ensilaje de la pulpa de café. Para este caso, informando la cantidad extraída y la referencia descrita en la tarjeta de producción en la lona de almacenamiento, la cual será distinguida por el ciclo en al cual fue recolectada. De esta forma el supermercado también informará al proveedor la cantidad que salió, para llevar un control de inventario no centralizado, teniendo en cuenta que la despulpadora produce a diario; reponiendo durante 15 días y cambiando de referencia cada 30 días, para así volver a ingresar al ensilaje una cantidad la cual la zanja de almacenamiento tiene capacidad, con un inventario de seguridad de 1 día de producción máxima independiente del ciclo de almacenamiento. La tarjeta de suministro estará en conexión con el cliente directo donde por medio de un tablero Kanban para

suministro se realizará el control de información sobre la pulpa de café. Cabe resaltar que la pulpa será almacenada en lonas de 50 kg.

Un Kanban es una señal, frecuentemente una tarjeta de cartulina, que autoriza a producir o transportar una determinada cantidad de un determinado producto. Con carácter general, en una tarjeta Kanban figuran: la referencia y denominación del producto, el tipo de caja, la cantidad por caja, el proceso proveedor, el supermercado y las coordenadas donde se ubica el producto. Opcionalmente, puede figurar el número de Kanban en circulación de la citada referencia junto con el número del propio Kanban: nº 1 de 8, nº 2 de 8... nº 8 de 8. En el supermercado, cada caja de producto está identificada con su tarjeta Kanban correspondiente. Normalmente, la tarjeta se coloca dentro de una funda plástica o en un tarjetero dispuesto en la cara frontal de la caja (Madariaga Neto, 2013).

Figura 56
Ubicación del sistema Kanban en el diseño de trabajo propuesto para la transformación de pulpa de café en biogás.



La figura 56 muestra la ubicación del sistema de tarjetas Kanban descrito anteriormente, donde el supermercado es el ensilaje de pulpa de café o el triángulo de inventario donde se almacena, la pulpa de café se almacena en lonas de 50 kilogramos con una traja de producción cada una. Al momento de que el orden de biogás o el cliente solicite biogás con las tarjetas de suministro, alimentación requerirá una cantidad con una tarjeta de producción, esta retirara del inventario de pulpa lonas y sus tarjetas de producción, generando un espacio en este inventario, finalmente es el supermercado pedirá a los proveedores o despulpadora a través de información con la cantidad solicitada. Se enmarcan líneas punteadas debido a que es información la que se transporta y el tarjetero está en un tablero Kanban en las estaciones señaladas respectivamente.

3.4.2.1 Tarjeta Kanban de producción para el diseño propuesto. La tarjeta Kanban de producción representa el contenido de la tarjeta a llenar para el flujo de material. Los espacios contarán con un ejemplo de tarjeta para el consumo de pulpa de café en el proceso de alimentación para el ciclo cuarto de recolección. Esta informará al supermercado. El formato fue ajustado con fuente en la guía de Madariaga Neto (2013) y la guía para implementación de procesos Lean en la agricultura. La tarjeta esta adherida a cada la lona de almacenamiento de pulpa de café.

Los pasos para el sistema de flujo de las tarjetas Kanban se basan también en la guía propuesta por Madariaga Neto (2013), los cuales se ajustan para el proceso de inventario y consumo de pulpa de café para proceso de biogás y sus estaciones. A continuación, los pasos del sistema de tarjetas Kanban:

1. En todo momento, todas las lonas que se encuentren en el supermercado deben disponer de su tarjeta Kanban de producción correspondiente.
2. Cuando el proceso cliente retira del supermercado una lona de una determinada referencia (depende del ciclo), extrae el Kanban de producción de la citada lona y lo deposita en el buzón Kanban del proceso proveedor.
3. El Kanban de producción depositado en el buzón es una instrucción al proceso proveedor para producir (reponer) la cantidad de producto indicada en el Kanban.

4. Cuando el proceso proveedor produce la cantidad exacta indicada en el Kanban de producción, adjunta el Kanban a la caja con producto, y deposita la caja en el supermercado, en su carril (rack) correspondiente, de acuerdo con las coordenadas indicadas en el Kanban (Madariaga Neto, 2013).

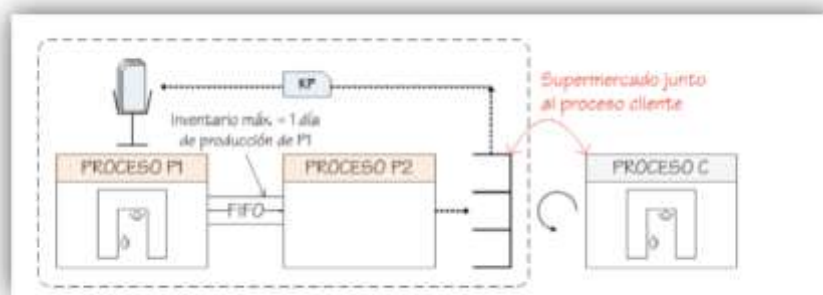
Tabla 34
Tarjeta Kanban de producción

KANBAN DE PRODUCCIÓN (KP)			
Pulpa de café			
Referencia	Cuarto Ciclo	Lona:	L1
Denominación	Pulpa de café	Cantidad	50
Código de ubicación	Para cuarto ciclo	Supermercado	Ensilaje
Ubicación	Ensilaje 1-2-3 ciclos	Centro de producción	Alimentación
Unidad de medida	Kg		

Nota: Adaptado de Madariaga Neto, F. (2013).

3.4.2.2 Cálculo número de Kanban de producción. Como el supermercado o el ensilaje está situado junto al proceso de alimentación, se utiliza el sistema de único tipo de tarjeta Kanban, esto según la definición presentada por Madariaga Neto (2013). De esta forma se calcula el número de tarjetas Kanban que se requieren para los pasos anteriores; y teniendo en cuenta que la referencia está condicionada por el tiempo de recolección o número de ciclo en la cual esta pulpa fue generada, cada 30 días se cambia la referencia de la misma familia de producción, y única, que es pulpa de café.

Figura 57
Sistema Kanban con tarjeta única de producción y reposición de supermercado por dos procesos conectados mediante un FIFO Lane



Nota: Basado de Madariaga Neto, F. (2013).

La Figura 57 muestra un ejemplo de comportamiento similar al sistema de tarjetas Kanban de producción que se propone implementar para el diseño de transformación de la pulpa de café a en la finca El Alto, con la diferencia que no existe una unión FIFO entre los procesos. Es por ello por lo que se elimina esta variable de la ecuación para calcular el número de tarjetas Kanban de producción en el sistema propuesto:

$$K = \frac{d \cdot (EPEC + SS)}{K} = \frac{187,645 \cdot (30 + 1)}{6} = 116,339$$

Donde;

d: Demanda promedio de pulpa de café por día.

EPEC: Tiempo de espera para cambiar de referencia de la tarjeta Kanban, debido a que la referencia está condicionada al correspondiente ciclo de recolección, pero esto solo se tendrá en cuenta para el control de la cantidad por ciclo ya que el producto es de una única familia o solamente pulpa de café.

SS: Stock de seguridad expresado en días este según el autor: “estará dimensionado para soportar los incrementos de la demanda media durante el tiempo para el cambio de referencia. “ (Madariaga, 2019), tomando un valor de 1 o un día de producción de pulpa de café.

K: Número de unidades por lona en este caso la unidad de medida son kilogramos. Inventario medio del supermercado o ensilaje:

Para el cálculo del inventario medio de lonas en el supermercado se aplica la siguiente formula:

$$I = \frac{K}{2} + \frac{d \cdot EPEC}{2} = \frac{116,339}{2} + \frac{187,645 \cdot 30}{2} = 60,04$$

La cantidad de inventario medio de lonas para el almacenamiento de pulpa de café durante la cosecha total en la zona de almacenamiento o supermercado debe ser de 60,04 lonas, según Madariaga Neto (2013) y su guía para Lean Manufacturing

3.4.2.3 Tarjeta Kanban de suministro para el diseño propuesto. Un Kanban de suministro (KS) es una instrucción al proveedor para que entregue al supermercado una caja del producto indicado en el Kanban. El Kanban de suministro incorpora la información del proveedor y las coordenadas del punto de almacenamiento en el supermercado (Madariaga Neto, 2013).

Tabla 35
Tarjeta Kanban de suministro

KANBAN DE SUMINISTRO (KS)			
Pulpa de café			
Referencia	Ciclo 5	Lona:	L2
Denominación	Pulpa de café	Cantidad	50
	Despulpadora 1		
Suministrador		Supermercado	Ensilaje
	Despulpadora		
Ubicación		Centro de distribución	Despulpadora
Unidad de medida	Kg		

Nota: Basado de Madariaga Neto, F. (2013).

La Tabla 35 representa el Kanban de suministro como instrucción al proveedor adaptando los siguientes pasos según la guía de Madariaga Neto (2013):

1. En todo momento, todas las lonas que se encuentren en el supermercado centralizado de productos de compra deben disponer del Kanban de suministro correspondiente.
2. Cuando el operario retire del supermercado una lona de una determinada referencia para llevarla al punto de uso de un proceso (biogás), depositará el Kanban de suministro en el buzón Kanban del supermercado.
3. El contenido del buzón se enviará regularmente al departamento responsable de los aprovisionamientos (control de producción).
4. Control de Producción, con una periodicidad establecida con cada proveedor, enviará físicamente la información de los Kanban consumidos a los proveedores correspondientes, y devolverá los Kanban al supermercado.

5. En el supermercado, los Kanban de suministro se colocan en un tablero, en la casilla correspondiente a la fecha de recepción prevista, conforme al lead time de reposición acordado.
6. Cada vez que lleguen las lonas al supermercado se actualizara el estado de suministro en el tablero Kanban.

Para el diseño del tablero Kanban para suministro se tendrá como referencia el presentado por el autor Madariaga quedando de forma similar y de forma física en el área de producción propuesta para biogás y ensilaje de café.

Figura 58
Tablero Kanban de suministro para los requerimientos de los días entre semana durante una cantidad S de semanas

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
Semana 1	📄		📄		📄
Semana 2	📄				📄
Semana 3		📄		📄	
Semana 4	📄				

Nota: Adaptado de Madariaga Neto, F. (2013).

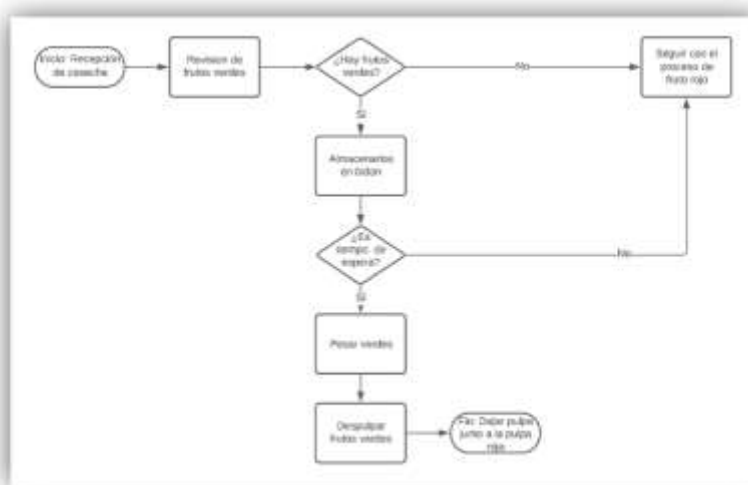
El tablero Kanban de suministro se ubicara en el área de ensilaje y será información por parte de la cocina o estufa con requerimiento de biogás, donde se pondrán los requerimientos en el día correspondiente y la cantidad de pulpa solicitada que producirá cierta cantidad de biogás, en el ejemplo mostrado por la Figura 58 si estamos al día miércoles para la semana S la tarjeta de suministro del día anterior o martes para el ejemplo se debe informar el no cumplimiento de esta tarjeta o al encargado de esta actividad.

3.4.3 Tercera herramienta Lean: Pokayoke

En la recolección de cerezas de café o fruto de café actualmente el fruto verde recolectado por error el cual el trabajador recoge en un valde de color diferente, en el momento de transportarlo a la recepción el trabajador realiza una revisión del fruto verde que trajo consigo y

lo deposita a un bidón de plástico seguido del proceso con el fruto de color rojo o proceso principal de la final. Se pretende con la utilización de recursos disponibles de la finca la utilización del tiempo de espera por parte del trabajador de zona de “pesaje” obtener pulpa de café verde, de esta forma el proceso para la materia prima o recurso fruto de café verde se presenta en el siguiente diagrama de flujo:

Figura 59
Proceso de revisión de color de fruto de café como oportunidad de mejora y la herramienta Lean Poka-yoke como solución.



En este flujo de material como fruto verde, se presentan unas actividades a desarrollar que involucran las estaciones “Pesaje” y “Despulpado”, donde los errores repetitivos durante estas estaciones son errores basados en descuidos como el dejar pasar frutos verdes al proceso de fruto rojo, como segundo error repetitivo a prevenir es un error intencional donde se señalizara que solo en tiempos de espera se puede realizar el proceso de obtención de pulpa verde mostrado en la gráfica y por último que no se deben exceder de este tiempo colocando una señalización o alarma que indique que el tiempo de espera se ha superado y por lo tanto deben parar la actividad en relación con los frutos verdes. Con la metodología Poka-yoke la cual busca eliminar los descuidos se diseñan las siguientes señalizaciones:

Figura 60
Descuido en el paso de frutos verdes al proceso de frutos rojos

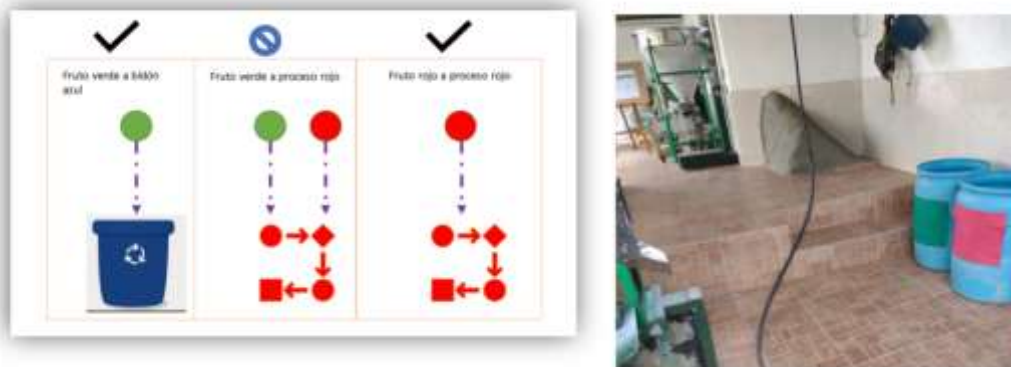


Figura 61
Descuido intencional en la no utilización de tiempos de espera en la recepción de frutos de café y otras señalizaciones



- Color de la bolsa del biodigestor, dependiendo del ciclo en que se encuentre esta varía de tamaño, teniendo así dos opciones de bolsa además de las medidas de seguridad al momento de abrir la bolsa y el método de limpieza.
- Color por estación para identificación al momento de iniciar las actividades de producción de biogás.
- Señalización de que la pulpa de café no puede estar más de dos horas sin almacenar.

- d. Olor a sulfuro parecido a huevo podrido es señal de fuga de biogás y se debe llamar a un técnico; además se debe utilizar el equipo de protección personal.
- e. Después de alimentar o ingresar pulpa fresca al biodigestor se debe sellar de nuevo el puerto de entrada.
- **Descuido en operaciones con fruto verde después del tiempo permitido**

Para este tipo de descuido el autor (Pekin, 2015) aconseja crear un sistema de alarma para que el trabajador encargado de la actividad manual suspenda el trabajo que está realizando para evitar el error, que para la finca El Alto, es la utilización de tiempos de espera mayor a lo establecido. Para estas estaciones es de un valor de 90 minutos.

Para el diseño propuesto para la producción de biogás la herramienta Poka-yoke proveerá posibles errores a cometer además de la fácil identificación de objetos para la realización de actividades en cada estación del proceso diseñado.

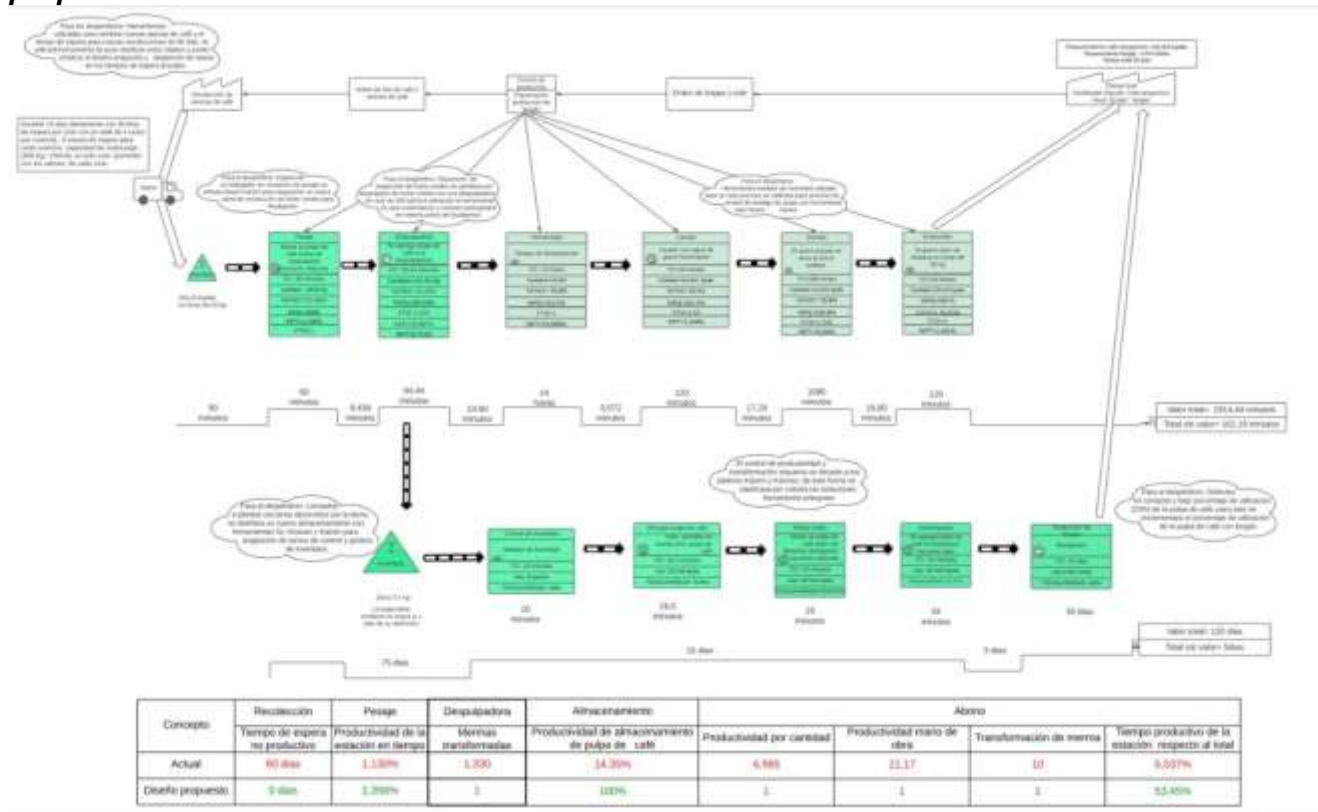
3.5 VSM propuesto

Considerando los desperdicios Lean identificados en la Figura 33 y el VSM del proceso actual, se propone un VSM futuro que eliminará o reducirá los desperdicios, a partir de la implementación de las herramientas Lean mencionadas anteriormente.

Cuadro comparativo de indicadores actuales y propuesto en el nuevo diseño de trabajo.

Concepto	Reco- lección	Pesaje	Despulpa- dora	Almacena- miento	Abono			
	Tiempo de espera	Productivida d de la estación en tiempo	Merms transforma- das	Productividad de almacenamien to de pulpa de café	Productividad por cantidad	Productividad mano de obra	Transformación de merma	Tiempo productivo respecto al tiempo productivo total
Actual	90 días	1,130%	1,33	14,35%	6,965	21,17	10	5,537%
Diseño propuesto	0 días	1,356%	1	100%	1	1	1	53,45%

Figura 62
Mapa de flujo de valor propuesto



La Figura 62 representa el VSM futuro donde se muestra el proceso actual con los indicadores hallados en el diagnóstico. Además de este se agregó el proceso propuesto. En este se elimina la estación abono y se reemplaza por cuatro estaciones de producción a biogás después del proceso de ensilaje, el cual dura 75 días. Las nubes Kaizen indican la herramienta Lean a utilizar para la oportunidad de mejora, que en forma general es la productividad de la pulpa de café. Actualmente en la estación abono el 10% de la pulpa recolectada es transformado a compost y se aumentará a 16% cumpliendo los requerimientos de demanda de biogás por parte de la estufa tradicional o cliente final con un valor de 4,5 m³/día en promedio durante 30 días.

4. Tercer Objetivo: Establecer el sistema de control del proceso Lean de transformación de pulpa de café para la generación de insumos de productos secundarios a través de métricas orientadas a la mejora continua

4.1 Cuarta herramienta Lean: Kaizen

Ademas del tablero de suministro que mostrara las cantidades que requiere el cliente o estufa de cocina durante los dias de la semana y con ello si existen o no cumplimientos o prioridades de demanda, se diseño un tablero Kanban el cual a su vez programa las actividades de cada trabajador combinando con un tablero Kaizen.

Figura 63
Tablero Kanban y Kaizen para seguimiento de actividades y mejora continua de desperdicios identificados durante el proceso propuesto

KANBAN PARA SEGUIMIENTO DE ACTIVIDADES							
PRIORIDAD	TRABAJADOR	PARA HACER	HACIENDO			HECHO	
			PESAJE	DESPULPADORA	CONTROL DE CALIDAD		
ALTA	Trabajador 1						
	Trabajador 2						
	Trabajador 3						
	Trabajador 4						
	Trabajador 5						
	Trabajador 6						
	Trabajador 7						
	Trabajador 8						
MEDIA	Trabajador 1						
	Trabajador 2						
	Trabajador 3						
	Trabajador 4						
	Trabajador 5						
	Trabajador 6						
	Trabajador 7						
	Trabajador 8						
BAJA	Trabajador 1						
	Trabajador 2						
	Trabajador 3						
	Trabajador 4						
	Trabajador 5						
	Trabajador 6						
	Trabajador 7						
	Trabajador 8						
¿ QUE SALIO BIEN?							
METAS							
DESPERDICIOS/ MEJORA							
ANALISIS DE LA RAIZ DE LA CAUSA							

La Figura 63 es un diseño de la tarjeta Kanban para el seguimiento de actividades donde cada trabajador pondra una tarjeta de orden de trabajo y esta a su vez describira la actividad de manera especifica según la estación en la que se encuentre. La orden de trabajo puede estar en el tablero depndeindo si es una actividad por hacer, si se esta haciendo o si esta terminada. Esto

estara ligado a las actividades que se planearon en el diagrama de gannt en el momento de asingar las tareas a los trabajadores. Para finalizar la tarjeta Kanban expuesta esta combinada con un el tablero Kaien ilustrado anteriormente donde se agregan items de hallazgo y mejora continua de posibles desperdicios durante la elaboracion de dichas actividades y a medida que se implemente se pondran metas y se resaltara lo que ha salido bien durante la elaboracion de esta actividad.

4.2 Selección de indicadores

Teniendo en cuenta los objetivos planteados en esta tesis, los indicadores de desempeño y control seleccionados son aquellos relacionados con tiempo y productividad. Esto no significa que no exista la posibilidad de realizar un control más holístico del proceso (por medio de los otros tipos de indicadores), sino que los indicadores seleccionados son los más apropiados para poder comparar el estado actual y futuro de la cadena de valor del proceso estudiado.

A continuación, se definen por estación los indicadores escogidos para poder medir el desempeño de proceso y realizar un control adecuado con respecto a la gestión.

4.2.1 Inventarios

Para todos los inventarios se definió el porcentaje de capacidad ocupado como variable de control. Este indicador fue calculado como:

$$\text{Porcentaje de capacidad} = \frac{\text{Cantidad real almacenada}}{\text{Capacidad real de la estación}}$$

4.2.2 Pesaje

Para esta estación se definieron los indicadores de gestión y control relacionados a tiempo y productividad. Estos fueron calculados como:

$$\text{Productividad de la transformación de la estación (\% PQ)} = \frac{\text{Cantidad de cereza que entra}}{\text{Cantidad de cereza que sale}}$$

$$\text{Productividad de la estación en tiempo (\% PT)} = \frac{\text{Tiempo productivo de la estación}}{\text{Tiempo productivo total}}$$

4.2.3 Despulpadora

Para esta estación se definieron los indicadores de gestión y control relacionados a tiempo y productividad. Además, fue necesario controlar aprovechamiento integral de la maquinaria industrial utilizada en esta etapa por medio del OEE (Overall Equipment Effectiveness o Efectividad total de los Equipos). El cálculo de los indicadores se muestra a continuación:

$$\text{Productividad de la transformación de la estación (\% PQ)} = \frac{\text{Tiempo productivo}}{\text{Cantidad de cereza que entra}}$$

$$\text{Productividad de la estación en tiempo (\% PT)} = \frac{\text{Tiempo productivo de la estación}}{\text{Tiempo productivo total}}$$

$$\text{OEE (\%)} = \text{Disponibilidad} \times \text{Rendimiento} \times \text{Calidad}$$

Donde:

$$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{Tiempo productivo real}}{\text{Tiempo productivo nominal}}$$

$$\text{Rendimiento} = \frac{\text{Tiempo de operación}}{\text{Tiempo de ciclo ideal} \times \text{Total de unidades conformes}}$$

$$\text{Calidad} = \frac{\text{Total unidades fabricadas}}{\text{Total unidades conformes}}$$

$$\text{OEE (\%)} = \frac{\text{Tiempo productivo real}}{\text{Tiempo productivo nominal}} \times \frac{\text{Tiempo de operación}}{\text{Tiempo de ciclo ideal} \times \text{Total unidades conformes}} \times \frac{\text{Unidades conformes}}{\text{Total unidades fabricadas}}$$

4.2.4 Control de calidad

Para esta estación se definieron los indicadores de gestión y control relacionados a calidad interna del proceso. El cálculo del indicador se muestra a continuación:

$$\text{Indicador de calidad (\%)} = \frac{\text{Numero de muestras no conformes (humedad)}}{\text{Numero total de muestras procesadas}}$$

4.2.5 Recoger pulpa de café

Para esta estación se definieron los indicadores de gestión y control relacionados a tiempo y productividad. Estos fueron calculados como:

$$\text{Productividad de la transformación de la estación (\% PQ)} = \frac{\text{Tiempo productivo}}{\text{Cantidad de cereza que entra}} \times \frac{\text{Cantidad de cereza que sale}}{\text{Tiempo productivo de la estación}} \times \text{Tiempo productivo total}$$

4.2.6 Pesaje pulpa

Para esta estación se definieron los indicadores de gestión y control relacionados a tiempo y productividad. Estos fueron calculados como:

$$\text{Productividad de la transformación de la estación (\% PQ)} = \frac{\text{Tiempo productivo}}{\text{Cantidad de cereza que entra}} \times \frac{\text{Cantidad de cereza que sale}}{\text{Tiempo productivo de la estación}} \times \text{Tiempo productivo total}$$

4.2.7 Biodigestor

Para esta estación se definió un indicador de gestión y control relacionado a productividad. Esto fue calculado como:

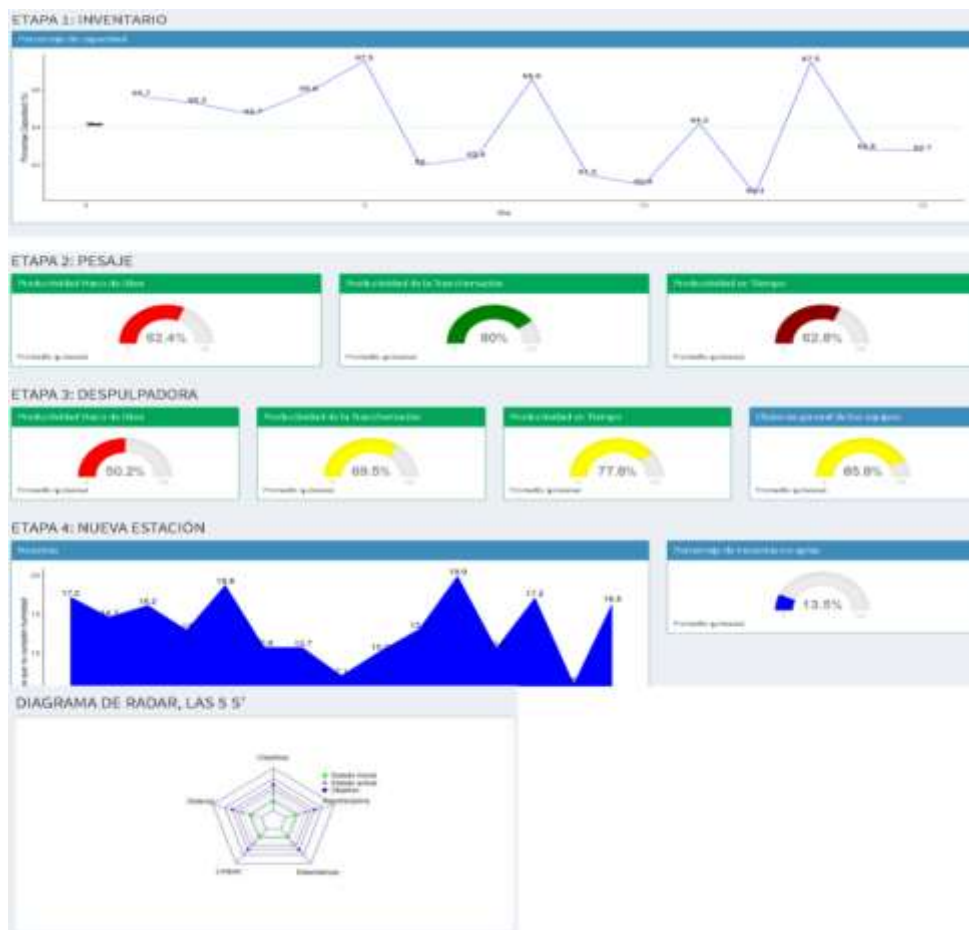
$$\text{Productividad de gas} = \frac{\text{Biogas que sale de la estación}}{\text{Cantidad de cascara que entra}}$$

4.3 Sistema de control del proceso lean de transformación de pulpa de café a través de métricas orientadas a la mejora continua

Utilizando R-studio, se desarrolló un sistema de tablero de control sobre las métricas previamente seleccionadas para la visualización, medición, evaluación y seguimiento del proceso LEAN diseñado. El código desarrollado se encuentra en el Anexo de este documento.

La Figura 68, presenta las interfaces de los indicadores para cada uno de los ciclos medidos por estación de control.

Figura 64
Interfaces de los indicadores



Nota: El Dashboard se encuentra publicado con propósito de revisión general en: https://juan-cgomez.shinyapps.io/Tablero_control_cafe/

5. Discusión de resultados del proyecto

Actualmente en la finca El Alto se inició el proceso de implementación del diseño Lean con la estrategia planteada y las herramientas VSM, 5s, Kanban, Kaizen, Poka-yoke y fábrica visual, para el procesamiento de las futuras cosechas. Se espera que con el tiempo los procesos sean bien acogidos por medio de la retroalimentación de los trabajadores y el funcionamiento de métricas para ajustar el modelo de trabajo.

Barth et al. en 2018, presentó un enfoque de la implementación de herramientas Lean para los procesos en el sector agrícola sueco, para la competencia global y el cambio climático, donde su objetivo es proponer un marco de implementación Lean que las granjas pequeñas puedan utilizar debido a que la estructura del sector agrícola está cambiando rápidamente y su objetivo es aumentar la producción y apoyar la sostenibilidad ambiental, encontrando que el VSM o mapa de flujo de valor ayudo a los agricultores de 34 granjas a identificar los desperdicios y a su vez visualizar una situación mejor.

El presente trabajo identificó tiempo de espera de un trabajador en la estación de pesaje durante la recepción de cereza de café con tiempo de ciclo de 90 minutos, y tiempo de espera de 30 días por parte de 3 trabajadores en la estación de recolección por ciclo de cosecha. Además, el VSM logro identificar reproceso de inspección de color para cerezas de café en la etapa de despulpado y la no utilización de equipos. Por último, se encontraron defectos como desperdicio en el almacenamiento de pulpa de café, ya que sus propiedades no son conservadas por la infraestructura inadecuada. Se propone un VSM futuro que sirva para el diseño del proceso de la producción de biogás, que pueda utilizar de manera eficiente los recursos como materia prima la pulpa de café.

Según Barth et al. la herramienta VSM se puede utilizar para cuantificar la huella de carbono de los procesos de producción y de la misma forma, el presente trabajo cuantificó la cantidad de pulpa de café para producción de biogás utilizando el VSM. Haciendo claridad que el contacto positivo con los trabajadores es clave para el desarrollo de las herramientas Lean. Es por esto por lo que el autor, por medio de la metodología “The Toyota Way”, realizó

capacitaciones con los trabajadores y juegos de simulación Lean para eliminación de estos desperdicios encontrados en el mapa de flujo de valor. De esta forma, en este proyecto se planificó a través de diagramas de Gantt la implementación de las 5S mediante reuniones para poder asignar tareas o actividades de intervención a un periodo de uno a dos meses.

Barth et al. 2018, propuso para su desperdicio de ubicación de objetos, el estandarizar la colocación de estos materiales y equipos a través de la herramienta 5S. El presente trabajo muestra como esta herramienta puede utilizarse además para la estandarización del diseño de un proceso propuesto. Esta estandarización es el flujo operacional del proceso de biogás visualizado en la Figura 88.

Oliveira et al. en 2020 presenta los “Principios Lean en la agricultura vertical” y expone que aun para cultivos urbanos o hidropónicos es novedoso y crucial la estandarización del flujo de trabajo. El autor resalta la ausencia de literatura de herramientas Lean para la estandarización de procesos en agricultura, encontrando la dificultad en la realización de un nuevo flujo de trabajo, contrario a lo que el presente documento desarrolla, al plantear la posibilidad de implementar la estandarización del diseño de trabajo con herramientas Lean (5s) en la producción de agricultura; sin descartar que pudiera ser un punto de investigación para futuros investigadores. Oliveira presentó un enfoque en los principios para aplicar herramientas los cuales son: identificar el valor, realizar el mapa de flujo de valor (VSM), crear flujo y establecer sistema de tirar y buscar, semejante al presente trabajo, que a través de un sistema de halar (Pull) y conforme a la demanda requerida, se tiene en cuenta un inventario limitado. A su vez esto se presenta en el VSM a través de la identificación del flujo de valor y la creación del nuevo flujo o estandarización del flujo futuro. Contrario al presente trabajo, Oliveira crea flujo de materia prima con la metodología FIFO (primero en llegar primero en salir), debido a que en la agricultura vertical de no ser de esta forma y por el tipo de producto, el cual es perecedero, es necesario que el flujo de valor se comporte de esa manera. Por el contrario, el presente trabajo implementa un sistema Kanban, ya que el producto no es perecedero por su forma de almacenamiento o ensilaje de pulpa; pero que es limitado, por ello requiere un sistema de inventario para rotación de este, y mantener informado a la fuente proveedora para que pueda reponer lo faltante durante la

cosecha. Además, el presente documento está condicionado en el inventario de pulpa de café, y es por esta razón que se utiliza un sistema Kanban.

De acuerdo con la guía “Crear más valor con menos trabajo en la granja” (Pejstrup, 2018), se recomendó la utilización de nueve (9) herramientas Lean: planeador de semana, tablero Kaizen, PDCA, VSM, estandarización, 5S, Kanban, TPM y SMED, de las cuales no se tuvo en cuenta SMED, porque la tesis presenta un solo tipo de familia de producto. Otras como PDCA, estandarización y planeador de semana se implementaron dentro de la herramienta Lean 5S. PDCA y planeador, en la S “limpiar” y “estandarizar”, que se ajustó con un flujo de operaciones en la S “estandarizar”. Esta herramienta 5s fue de gran aporte en la gestión de los desperdicios de la finca El Alto, para iniciar la implementación del diseño en el presente trabajo. Según (Pejstrup, 2018) la comunicación debe ser clara para el entendimiento en la organización, limpieza y mantenimiento. En las granjas de estudio de caso en la guía tanto como en la finca El Alto, los objetos que se encuentran en el área de producción son importantes por insignificantes que parezcan. La guía sugirió empezar con un área donde se encuentren desperdicios y de esta forma definir tareas y características a tener en el área. Es por ello por lo que en el presente trabajo se inició con esta herramienta a diferencia de que el diagnóstico se realizó con una herramienta previa que la guía sugiere, la cual es el diagrama de flujo de valor y el mapa de flujo de valor. La guía presenta una encuesta para el diagnóstico del área a implementar la herramienta 5S.

Pejstrup et al. en 2018 sugiere herramientas para control de inventario como Kanban. Para el presente documento fue importante ya que la pulpa de café se encuentra ensilada o almacenada en una zanja. La guía visualiza la tarjeta y los componentes que esta debe tener en una granja al diseñar Kanban. Para el trabajo de investigación presente se modificaron algunos componentes para mayor claridad y se ajustó a la forma de almacenamiento de pulpa de café por lonas y su cantidad de donde proviene, diferenciando así con la guía dos tipos de tarjetas: una de producción y otra de suministro. Además, del cálculo de cuantas tarjetas son necesarias para el sistema propuesto como modificación o ajuste de la guía.

En el presente documento no se implementan todas las herramientas de Pejstrup et al., además algunas herramientas fueron modificadas, como el tablero Kaizen, que busca tener un

control de lo que sale bien, los desperdicios encontrados durante la elaboración de las nuevas actividades y las posibles causas o raíces de estos desperdicios. A este se agregó un tablero Kanban combinando estas dos herramientas. Adicionalmente, se acató la sugerencia de ajustar la prioridad de la actividad según el impacto y el esfuerzo en la combinación de Kaizen-Kanban. La guía propone un mayor énfasis en las reuniones presenciales para la herramienta Kaizen-Kanban. Es por esta razón que este tablero estará de forma física en las reuniones presenciales acompañado de las tarjetas de órdenes de trabajo.

Barth et al. 2018 implementa las herramientas Lean 5S, estándar de procedimientos operativos y tableros de visualización, mejorando los desperdicios en reducción de tiempo en la búsqueda de herramientas y materiales, lugares más seguros para la eliminación y reciclaje de residuos. El valor agregado de esta investigación fue la auditoría Lean final que informó efectos positivos en la estructura y entorno del lugar de trabajo. Además, el aumento de eficiencia en el uso de recursos como herramientas y áreas de trabajo. De esta misma forma en el presente trabajo se utiliza 5s para el orden y estándar de un mejor entorno de trabajo y materiales en zona de producción de biogás con herramientas de los lotes de recolección. La eficiencia de los recursos para el presente trabajo son la mejor ubicación y adaptación de los objetos que son innecesarios en el proceso actual. Como ejemplo la transformación en piezas útiles del desperdicio de troncos sin usar en el techo de la zanja del biodigestor. Otro ejemplo son materiales equipos como la despulpadora sin usar, que aumenta la eficiencia en la estación de despulpadora, este valor no se conoce hasta que el diseño sea implementado. El valor agregado es el flujo operacional de la producción de biogás con la utilización de residuos o pulpa de café.

Oliveira et al. en 2020 para la eliminación de los desperdicios en la agricultura vertical utiliza principios de la filosofía Lean. Estos son identificar valor, mapear flujo de valor, crear flujo, establecer atracción y la búsqueda de perfección. En la identificación de valor se encontró desperdicio de residuos y sobre procesamiento. Igualmente, en el presente trabajo la identificación de valor por medio del diagrama de flujo nos muestra sobre procesamiento, esperas y defectos, en etapas de pesaje, despulpadora y almacenamiento de pulpa de café. Según Oliveira et al. en 2020 después de diagramar el flujo de valor se debe mapear el flujo de valor

como en la investigación presente. El valor agregado del artículo es la creación de flujo por medio de la filosofía FIFO, y para el presente trabajo es el flujo por medio de un sistema Kanban.

5.1 Conclusiones

La utilización de herramientas Lean puede generar un diseño de proceso con mejora continua para la transformación de pulpa de café y la generación de insumos de productos secundarios para la finca cafetera El Alto. Además, con el uso de estas diversas herramientas Lean es posible diseñar un aprendizaje organizacional y de mejora continua. A partir de esto se presentan las siguientes conclusiones:

El estudio reveló la situación actual, diagnosticó e identificó los procesos y desperdicios presentes en la producción de fruto y pulpa de café. Estableció parámetros de diseño del proceso de transformación de la finca El Alto a través de guías de exploración y diagramas de flujo de valor. Para lo anterior fue necesario identificar los desperdicios Lean por actividad y de esta manera mostrar valores bajos de indicadores, enfocado principalmente en la pulpa de café y en la estación "Abono", nombrada así por los trabajadores. La finca El Alto tiene 3 tipos de desperdicios Lean: sobre procesamiento, defectos y esperas, con un total de 12 desperdicios en las diferentes estaciones. Donde el desperdicio crítico son los tiempos de espera con un valor de 120 días, seguido de defectos en almacenamiento de pulpa de café y sobre procesamiento como último, debido a que este es una oportunidad de mejora integrada con equipos que no se utilizan. Poniendo en funcionamiento la despulpadora, reubicada para el mejoramiento de sobre procesamiento de inspección en frutos verdes y a su vez despulpar estos granos, aumentando la capacidad en la estación despulpadora con un valor de 300 a 400 Kilogramos por hora adicionalmente.

Al diagnosticar el estado del proceso actual, se encontraron oportunidades de mejora en los desperdicios como la utilización de tiempos de espera, espacios disponibles, defectos en recolección (como granos verdes), utilización de equipos sin usar y organización de herramientas, que finalmente sirven para el diseño del nuevo proceso, y mejorar reprocesos. Por otra parte, se encontraron Debilidades (DOFA) como mermas de 26,02% en total, dependencia de la variabilidad del clima, falta de atención a los tratamientos, y niveles bajos de transformación

de la pulpa de café. En cuanto a Fortalezas, tiempos perdidos mencionados entre ciclos de cosecha con duración de 30 días, y finalmente Amenazas de tratamiento de producción de biogás y el seguimiento de este nuevo diseño.

En la etapa de desarrollo del proceso piloto de transformación de pulpa de café mediante herramientas Lean, se contemplaron cinco productos secundarios requeridos por la administración de la finca: mermelada, cultivo de hongos alimenticios, motor eléctrico, biogás y leña ecológica. La selección de estos productos se obtuvo utilizando el grado de importancia asignado a través de la herramienta AHP, con un peso porcentual de 40,48% para el producto de biogás para cocina. La investigación propone el diseño de un proceso piloto con herramientas Lean, y los resultados con la implementación de estas herramientas se mencionan a continuación:

Con la herramienta 5s se logró una identificación y orden de zapapico, pala, metro y medidor de humedad, que son de utilidad para el proceso de biogás en la etapa de recoger pulpa y alimentar el biodigestor; después planear el orden y la limpieza de la clasificación en los recursos. Limpieza que se llevara a cabo por tres trabajadores durante los tiempos de espera mostrados en el diagrama de Gantt: inspecciones de tierra para el ensilaje de pulpa esparcida fuera del almacén, fugas de biogás, revisión de tuberías, revisión de presión del tanque de filtro. Durante la semana se asigna cada tarea a un trabajador.

Dentro de la estandarización 5s se utilizó para la diagramación de la secuencia de operaciones de actividades en el diseño de transformación de la pulpa de café (almacenamiento de pulpa, control de humedad, recolección de pulpa, alimentación del biodigestor y producción de biogás); luego se visualiza en el VSM futuro para la producción de biogás, después la verificación o auditoría de la "disciplina" (5s) de las actividades que aportó para el desarrollo del tablero de control. Kanban y Kaizen son herramientas que se combinaron para el establecimiento de control visual y así crear un tablero de mejora continua y un sistema de inventario a través de tarjetas, debido a que la pulpa de café es un subproceso con bajo nivel de atención. Poka-yoke contiene señalizaciones que previenen los errores de, mezcla de colores de grano, fugas de biogás por indebido sellado de tapas, imagen de adecuado sellado de tapas en el filtro de biogás, color de la bolsa de biogás según el ciclo en que se encuentran con sus medidas en metros,

señalizaciones de uso del equipo de protección personal y color por estación para identificación de secuencia, que se estandarizo en el flujo de operaciones. Para esta investigación de producción agrícola es necesario contar con fácil detección de avisos y observaciones, ya que son trabajos manuales que requieren rápida acción y las señalizaciones elaboradas deben ser de fácil entendimiento para los trabajadores, con palabras e imágenes para que estos puedan captar la idea de la prevención. Cabe resaltar que la comunicación con los trabajadores es mencionada en previas investigaciones, y en este documento la comunicación con los trabajadores se instauró en reuniones presenciales en la sala general una vez a la semana según el planeador de tiempos de espera.

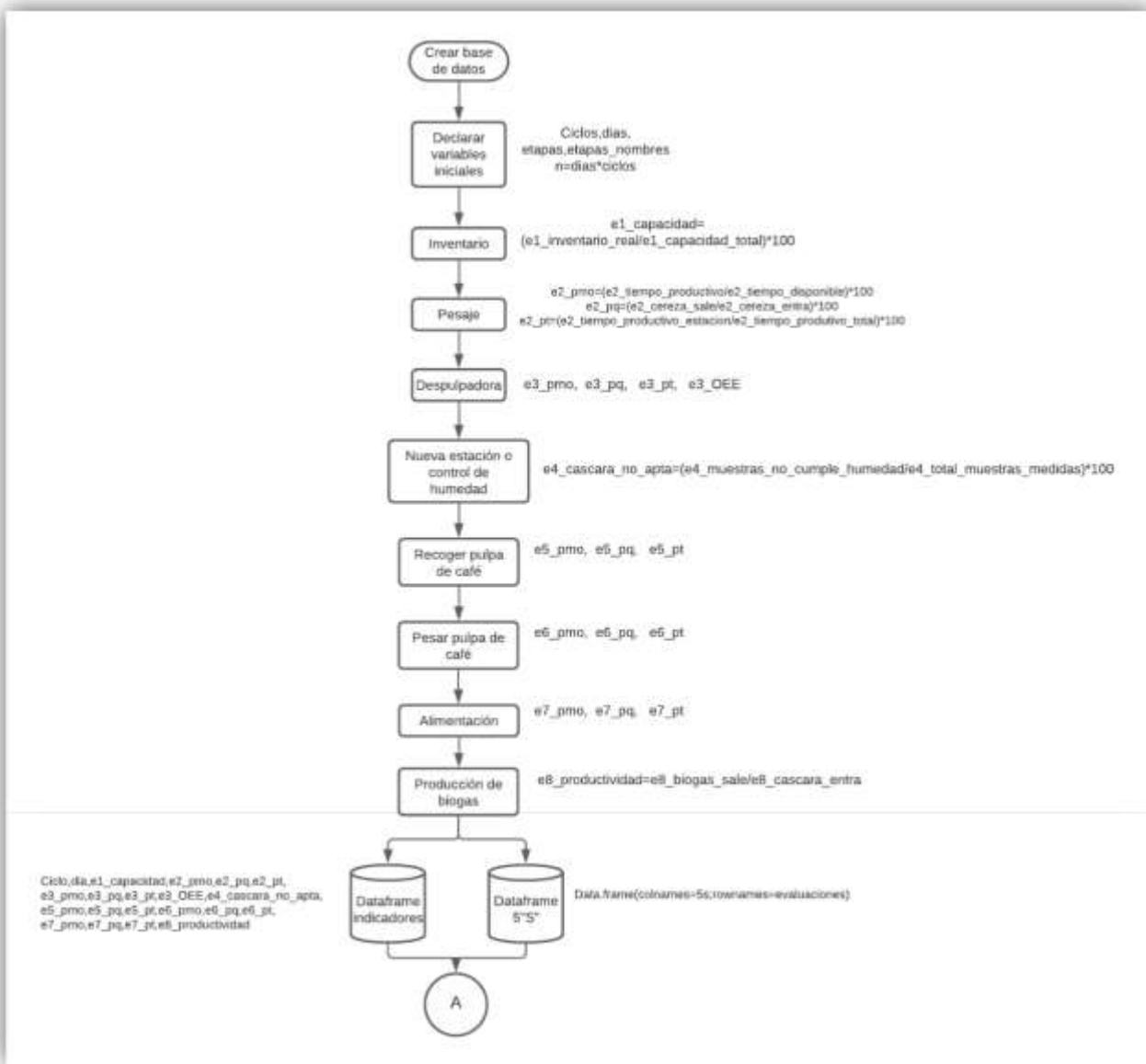
En la fase final se estableció un sistema de control visual del proceso Lean de transformación de pulpa de café para la generación de insumos de productos secundarios, a través de métricas orientadas a la mejora continua con el programa R- Studio. El cual se tendrá en acceso digital en una página web para consulta del Administrador, y así alimentar los datos requeridos para control del diseño basados en indicadores de productividad en una plantilla en formato CSV que el programa leerá para la visualización. Esta tabla donde se ingresarán los componentes de cada indicador presentados en las fichas técnicas se realizará durante los 15 días de proceso y se presentará un reporte semestralmente o al final de cada cosecha. En total son seis indicadores: productividad de mano de obra, productividad de la transformación, productividad en tiempo, eficiencia general de la despulpadora, porcentaje de muestras no aptas, y adicional a esto, como control visual se mostrará el diagrama de radar como resultado de la auditoria en las 5S.

Recomendaciones

- La comunicación con la administración del proyecto debe ser clara y recíproca según la filosofía Lean, el diseño Lean en la agricultura requiere aparte de la participación de los trabajadores que están en contacto directo con las operaciones del proceso, datos de fácil acceso. Para que en la fase de diagnóstico al momento de obtener información el diseñador Lean no recurra a la alta gerencia de la empresa o de la finca agricultora y se dirija a la base de datos si ha sido creada. En el caso del documento presente la finca el alto no tiene una fácil accesibilidad de datos ya que no ha sido uno de sus objetivos a lo largo de la producción de café pergamino. Se recomienda para futuras investigaciones Lean en la agricultura tener presente la importancia de la accesibilidad a la información.
- Para la segunda cosecha en la obtención de los datos que hacen parte de cada estación en cuanto a variables y parámetros en la identificación de desperdicios, se recomienda utilizar la “TEORÍA DEL MUESTREO DEL TRABAJO”, esto para que la obtención de resultados este bajo la ley fundamental de probabilidad y así obtener la probabilidad de ocurrencia de los eventos a través de observaciones aleatorias.
- Después de realizar el diseño Lean y futuras investigaciones, se recomienda la realización de experimentos para una mejora continua como variable de respuesta la cantidad de biogás o tiempo de uso en la estufa tradicional, teniendo en cuenta factores como calidad de la pulpa de café, color de la pulpa de café, tiempo de almacenamiento, PH, humedad y dimensiones del biodigestor.

Anexo A

Diagrama de Flujo de Diseño Tablero de Control de Métricas



Anexo B

Ficha Técnica de Indicador

<i>D' Carmen Coffee</i>	Diseño de Proceso Lean de Transformación de Pulpa de Café para la Generación de Insumos de Productos Secundarios en La Finca Cafetera El Alto						Cód. TGJCGS - 001
	FICHA TÉCNICA DE INDICADOR						Ver. 01 Pág 1 de 1
IDENTIFICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DEL INDICADOR							
NOMBRE	Efectividad total de los Equipos						
NOMBRE DEL PROCESO Y/O SUBPROCESO	Despulpado	FECHA DE ACTUALIZACIÓN					
OBJETIVO	Controlar aprovechamiento integral de la maquinaria industrial utilizada						
OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN CON EL QUE ESTÁ ALINEADO	Establecer el sistema de control del proceso Lean de transformación de pulpa de café, buscando la generación de insumos para productos secundarios a través de métricas orientadas a la mejora continua						
ASPECTO A EVALUAR DEL DESPULPADO	Gestión y control	ASPECTO A MEDIR	Eficiencia	META	95%	TENDENCIA	Estable
LÍMITE	CRÍTICO	menor a 85%	RIESGO	75% a 85%	ADECUADO	85% a 95%	
INTERPRETACIÓN	Representa la capacidad real para producir sin defectos, el rendimiento del proceso y la disponibilidad de los equipos.						
MÉTODO DE CÁLCULO DEL INDICADOR							
FÓRMULA DE CÁLCULO	$OEE (\%) = \frac{\text{Tiempo productivo real}}{\text{Tiempo productivo nominal}} \times \frac{\text{Tiempo de ciclo ideal}}{\text{Tiempo de operación / Total de unidades}} \times \frac{\text{Unidades realizadas}}{\text{Total unidades fabricadas}}$				ESCALA	Porcentaje	
PERIODICIDAD DE RECOLECCIÓN	Quincenal	PERIODICIDAD DE REPORTE	Semestral				
FUENTE DE INFORMACIÓN PARA EL CÁLCULO	Registro de tiempos productivos reales, tiempo de operación, cantidad conforme y cantidad de no conforme						
RESPONSABLES DE LA INFORMACIÓN DEL INDICADOR							
RESPONSABLE DE ELABORACIÓN	Administrador de la finca El alto						
PARTES INTERESADAS EN CONOCER EL RESULTADO	Administrador de la finca El alto, todas las partes interesadas en la implementación del diseño propuesto						
GRÁFICO DEL INDICADOR							
<p>Eficiencia general de los equipos</p> <p>87.1%</p> <p>Promedio quincenal</p>							
No	FECHA DE REPORTE (dd/mm/aaaa)	ANÁLISIS Y OBSERVACIONES				ACCIONES DE MEJORA	

Referencias

- Analytics, E. f. (2014). *Visualización de líneas de tendencia en los gráficos predeterminados actuales*. Obtenido de IBM: https://www.ibm.com/docs/es/cognos-analytics/10.2.2?topic=SSEP7J_10.2.2/com.ibm.swg.ba.cognos.ug_rptstd_fin.10.2.2.doc/t_trendline_new_bua.html
- Arias, J. V., Caydiid, M., & Omondi, P. (2018). Evaluación de la eficiencia térmica en estufas fabricadas y modificadas a biogás. *RedBioLac*.
- Arnaboldi, M., Azzone, G., & Giorgino, M. (2014). *Performance measurement and management for engineers*. Academic Press.
- Betzabet. (2014). Purificación de biogás con tecnologías de producción limpias. *Universidad Nacional del Litoral*.
- biogas,P. d. (19 de Diciembre de 2018). *RedBioLAc*. Obtenido de <https://www.youtube.com/watch?v=X1c1ELKbzAU>
- Bontempo, G., Maciejczyk, M., Wagner, L., Findeisen, C., Fischer, M., & Hofmann, F. (2016). *Directrices para el uso seguro de la tecnología del biogás*. Freising: Fachverband Biogas; GIZ.
- Bressani, R. (2014). Pulpa de café: composición, tecnología y utilización. *Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá, INCAP**, 10.
- cafeteros, f. n. (2020). *Guía ambiental para el sector cafetero: marco jurídico*.
- Cafeteros, F. N. (2021). *Comite de cafeteros de cundinamarca*. Obtenido de Comité de cafeteros de cundinamarca: <https://cundinamarca.federaciondecafeteros.org/cafe-de-cauca/>
- Cafeteros, F. N. (2021). *Comite de Cafeteros de Cundinamarca*. Obtenido de Comité de Cafeteros de Cundinamarca: <https://cundinamarca.federaciondecafeteros.org/cafe-de-cauca/>
- Carmona Blanco, F.A., Orozco Ruiz, J.E., Botero Botero, R., & Hernandez, C. (3 de Marzo de 2003). *Utilización de biogás como combustible para el funcionamiento de motores de combustión interna*.
- Cenicafé. (2004). Manejo y aprovechamiento de productos derivados del beneficio del café. *Cartilla Cafetera*.
- Cocinitas, R. (12 de Abril de 2021). Mermelada de Café - Solo 3 Ingredientes - Sabor Increíble. Obtenido de <https://www.youtube.com/watch?v=cFDnVySUQ8U>
- Cruz Cabanzo, F. A., & Vargas Rodríguez, J. S. (2020). *Diseño de Una Máquina para la Fabricación de Briquetas de Posos de Café*. Fundación Universidad de América.
- DANE. (2014). *Tercer Censo Nacional Agropecuario de Colombia, 2013 - 2014*. Colombia: Dane.
- Desarrollo, D. d. (2012). Evaluación de medios filtrantes para la reducción del sulfuro de hidrógeno en el mejoramiento de la calidad del biogás. *Zamorano*.

- Desposorio Pulido, A. R. (2017). Propuesta de mejora mediante herramientas de mantenimiento productivo total (tpm) para disminuir los costos de operaciones del taller de mantenimiento agrícola en la empresa camposol s.a. *Universidad Privada del Norte*.
- Diego, A. T. (3 de 8 de 2009). «Las claves del éxito de Toyota». LEAN, más que un conjunto de herramientas y técnicas. *Cuadernos de Gestión Vol. 9*.
- Duque, D. F. (2007). *Lean Manufacturing Measurement: The Relationship Between Lean Activities and Lean Metrics*. Cali.
- Escobedo de Leon, J. R. (julio de 2011). *Biogás como Combustible Alternativo para una estufa y un motor de un cilindro Ciclo Otto*. Guatemala.
- Fierro-Cabrales. (2018). Caracterización Química y Nutricional. *APagroproductividad*, 11(4), 10.
- García. (2006). Aplicación del Proceso de Jerarquía Analítica en La Selección de Tecnología Agrícola. *Agronomía Costarricense*.
- Gómez, o. E. (18 de Marzo de 2014). Análisis exploratorio de investigaciones sobre los motores de combustión interna que trabajan con biogás. *Tecnura vol.18*.
- Herrera, M. K. (2019). Herramientas de manufactura esbelta que inciden en la productividad de una organización: modelo conceptual propuesto. *Revista Lasallista de Investigación*.
- Ibarra-Balderas, V. M. (2017). Manufactura Esbelta. *Conciencia Tecnológica*.
- Iglesias, C. M. (Diciembre de 2012). Los procedimientos de un sistema de gestión de información: Un estudio de caso de la Universidad de Cienfuegos. *Biblios*.
- León, J. R. (julio de 2011). Biogás como Combustible Alternativo para una estufa y un motor de un cilindro Ciclo Otto. *Universidad de San Carlos de Guatemala*.
- Loaiza, R. R., & Pari, R. H. M. (2013). Obtención de biogás como fuente de energía renovable a partir de los subproductos del café. *Revista Investigaciones Altoandinas* , 15(2), 241-252.
- Londoño, H. D. (mayo de 2017). *Aprovechamiento de pulpa de café para la producción de biogás en un reactor flujo pistón*.
- Macheta, A. m. (30 de 09 de 2020). *Historia del municipio de macheta*. Obtenido de <http://www.macheta-cundinamarca.gov.co/municipio/historia-del-municipio-de-macheta>
- Madariaga Neto, F. (2013). *Exposición adaptada a la fabricación repetitiva de familias de productos mediante procesos discretos*. Madrid: Bubok.
- María-José Rodríguez Jaume, R. M. (2001). Capítulo 3: Análisis de Regresión Simple. En R. M. María-José Rodríguez Jaume, *Estadística Informática: casos y ejemplos con el SPSS* (pág. 6). España: Universitat d'Alacant / Universidad de Alicante, Servicio de Publicaciones.
- Matías, J. C. H., & Idoipe, A. V. (2013). *Lean manufacturing: concepto, técnicas e implantación*. Fundación EOI.
- Mazumdar, A. (1982). *Consolidation of information. Biogas handbook*. Pilot edition.

- Mendoza. (2019). Aplicación del proceso de jerarquía analítica (AHP) para la toma de decisión con juicios de expertos. *Revista chilena de ingeniería*.
- Montilla, J., Arcila, J., Aristizábal, M., Montoya, E. C., Puerta, G. I., Oliveros, C. E., & Cadena, G. (2008). Caracterización de algunas propiedades físicas y factores de conversión del café durante el proceso de beneficio húmedo tradicional. *Cenicafé*.
- Niebel, B. W. (2009). *Ingeniería industrial: métodos, estándares y diseño*. Mexico: MC Graw Hill.
- Niebel, B., & Freivald, A. (2009). *Ingeniería industrial: métodos, estándares y diseño del trabajo*. Mexico: MC Graw Hill.
- Nielsen, V. F., & Pejstrup, S. (2018). *Lean in Agriculture: Create More Value with Less Work on the Farm*. CRC Press.
- Nieto-Juárez, J. I., Cuzcano-Ruiz, Á. D., Reyes-López, W. A. (2019). Estudio preliminar de la composición nutricional del hongo *Pleurotus ostreatus* cultivado en pulpa de café. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 85(4), 422-431.
- Pekin. (2015). Aplicación Poka-Yoke en la industria del caucho. *SAÜ Fen Bil Der 19. Cilt, 2. Sayı, s.*
- Pérez Sierra, V., & Quintero Beltrá, L. C. (julio-diciembre de 2017). Metodología dinámica para la implementación de 5's en el área de producción de las organizaciones. *Revista ciencias estrategicas*, 25(38), 411-423.
- Quintero, O. (2020). Desarrollo de un producto derivado de la pulpa de café, obtenida de la finca cafetera "Las Violetas" de la vereda La Uribe-Villahermosa, Tolima. *Ciencia Unisalle*.
- Rodriguez V., N.;Gomez C., F.A.;. (09 de Septiembre de 2001). *Cenicafe Centro Nacional de Investigación*. Obtenido de https://www.cenicafe.org/es/index.php/nuestras_publicaciones/avances_tecnicos/avance_tecnico_0285
- Sanchez, S. (1 de junio de 2021). Descripción del proceso de la finca. (J. gomez, Entrevistador)
- Serna, M. D. A., Zapata, L. F. C., & Cortes, J. A. Z. (2015). Mejoramiento de procesos de manufactura utilizando Kanban. *Revista de Ingenierías: Universidad de Medellín*, 14(27), 221-233.
- Social, M. d. (2013). *Resolución Número 003929 de 2013*.
- Sossa, J. J. (2016). Modelación Matemática del Proceso de Digestión Anaerobia en Condiciones de Clima Frío Utilizando Biodigestores Tubulares. *Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales*, 3(1), 81-93.
- Valencia, N. R. (Marzo de 2010). Los subproductos del café: fuente de energía renovable. *Cenicafé*.
- Varnero. (2011). Manual del biogas. *FAO*.
- Varnero, M. T., Carú, M., Galleguillos, K., & Achondo, P. (2012). Tecnologías disponibles para la Purificación de Biogás. *Información Tecnológica*, 23(2).

Velasquez, A. V. (2014). Diseño de briquetas ecológicas para la generación de energía calórica y mejoramiento de ecosistemas en el corregimiento de Nabusimake, municipio de Pueblo Bello – Cesar . *Universidad Nacional Abierta y a Distancia – Unad*.

Zabaleta, R. S. G., Viera, M. V. A., & Aldana, M. D. M. (2017). Diseño de Un Biodigestor Tubular para Zonas Rurales de La Región Piura. *Simposio Peruano de Energía Solar y del Ambiente (XXIV- SPES), Huaraz, 13 -17.11.2017*.

Tablas

Tabla 1	8
<i>Total, área cosechada y producción de cultivos agroindustriales en la Unidad Productora Agropecuaria para el total en el área rural dispersa censada</i>	8
Tabla 2	9
<i>Probabilidad para los destinos del fruto de café</i>	9
Tabla 3	13
<i>Evaluación de causas por parte del administrador</i>	13
Tabla 4	37
<i>Resultados de las guías para el análisis del trabajo en la finca como herramienta de exploración mostradas en la pregunta 1</i>	37
Tabla 5	39
<i>Resultados en las preguntas (5,6,8,10,11) relacionadas por estación de proceso involucrada</i>	39
Tabla 6	40
<i>Ciclo y porcentaje de merma para cada estación</i>	40
Tabla 7	46
<i>Resultados de la pregunta 9 de la guía de análisis del área de trabajo mostrada en la Figura 8</i>	46
Tabla 8	47
<i>Resultado de preguntas cualitativas segunda guía de exploración</i>	47
Tabla 9	47
<i>Resultado de pregunta 32 segunda guía de exploración</i>	47
Tabla 10	48
<i>Resultado de pregunta 32 segunda guía de exploración</i>	48
Tabla 11	49
<i>Indicador de productividad en los cuatro ciclos por estación</i>	49
Tabla 12	50
<i>Resultados de indicadores de productividad de mano de obra</i>	50
Tabla 13	51
<i>Resultados de indicadores de productividad de mano de obra</i>	51
Tabla 14	52
<i>Resultados de indicadores de productividad de mano de obra</i>	52
Tabla 15	53
<i>Cantidad de materia prima según tipo de producto terminado por ciclo con duración de 15 días mano de obra</i>	53
Tabla 16	54

<i>Cantidad de materia prima según tipo de producto terminado por ciclo con duración de 15 días</i>	54
Tabla 17	54
<i>Tasa de producción por trabajador</i>	54
Tabla 18	55
<i>Índice de productividad por estación en el proceso de transformación de cereza de café</i>	55
Tabla 19	62
<i>Matriz Normalizada Criterios vs Criterios</i>	62
Tabla 20	63
<i>Índices de consistencia</i>	63
Tabla 21	63
<i>Subcriterios del Criterio Inversión y sus valores en peso</i>	63
Tabla 22	64
<i>Índices de consistencia</i>	64
Tabla 23	64
<i>Resumen de resultados de las matrices normalizadas</i>	64
Tabla 24	66
<i>Métodos de pronósticos con sus respectivos errores</i>	66
Tabla 25	68
<i>Requerimientos de biogás en la finca El Alto teniendo en cuenta un valor de 1,3 m³ de biogás consumido por hora</i>	68
Tabla 26	69
<i>Variables y parámetros obtenidos del cálculo de requerimientos en el diseño del biodigestor propuesto</i>	69
Tabla 27	71
<i>Variables externas para el diseño de proceso lean aplicando variable de cantidad y tiempo en la herramienta Kanban</i>	71
Tabla 28	73
<i>Tarjeta roja número 1</i>	73
Tabla 29	76
<i>Identificación de herramientas</i>	76
Tabla 30	81
<i>Objetos para ordenar al diseño propuesto</i>	81
Tabla 31	94
<i>Tarjeta Kanban de producción</i>	94
Tabla 32	96

<i>Tarjeta Kanban de suministro</i>	96
-------------------------------------	----

Figuras

Figura 1	7
<i>Ruta Almedias – Guavio – Oriente. (Una de las 7 rutas del café en Cundinamarca)</i>	7
Figura 2	9
<i>Diagrama de árbol; probabilidad para los usos del fruto de café en la finca El Alto</i>	9
Figura 3	10
<i>Producción histórica desde la primera cosecha en la finca El Alto</i>	10
Figura 4	11
<i>Representación porcentual de las mermas en El Alto</i>	11
Figura 5	12
<i>Diagrama de Ishikawa Problema: Baja productividad con un 46,62% de probabilidad de transformación de entradas a salidas</i>	12
Figura 6	14
<i>Diagrama de Pareto, causas que inciden en el problema de bajo nivel de productividad</i>	14
Figura 7	15
<i>Árbol de problema bajo productividad con un 46,62% de probabilidad de transformación de entradas a salidas</i>	15
Figura 8	18
<i>Metodología</i>	18
Figura 9	19
<i>Corte longitudinal de una cereza de café</i>	19
Figura 10	19
<i>Vereda Belén</i>	19
Figura 11	20
<i>Siembra y cosecha de los dos tipos de café en la finca El Alto y Estación de semillero seguido estación de recolección y estación de pesaje</i>	20
Figura 12	21
<i>Proceso de pesar, empaclar el café en la finca El Alto y Estación Despulpadora, estación de fermentado y lavado</i>	21
Figura 13	21
<i>Proceso de lavado, fermentado, secado en la finca El Alto y Recorrido a estación de compost y área disponible para nuevos procesos</i>	21
Figura 14	23
<i>Factores de éxito en la implantación Lean</i>	23

Figura 15	24
<i>Factores internos de productividad</i>	24
Figura 16	24
<i>Indicadores contenidos en la productividad</i>	24
Figura 17	25
<i>Herramientas de ME que inciden en la productividad</i>	25
Figura 18	26
<i>Proceso Analítico Jerárquico (AHP)</i>	26
Figura 19	26
<i>Escala de juicio</i>	26
Figura 20	29
Figura 21	31
<i>Guía para el análisis del trabajo en la finca El Alto según requerimientos del diseño de proceso y variables incidentes en los desperdicios</i>	31
Figura 22	32
<i>Diagrama de una organización típica que muestra la influencia de los métodos, estándares y diseño del trabajo en la operación de la empresa.</i>	32
	32
Figura 23	33
<i>Gráfica del proceso operativo de transformación de café</i>	33
Figura 24	35
<i>Segunda guía para el análisis del trabajo en la finca El Alto según la Influencia de los métodos, estándares y diseño del trabajo en la operación de la empresa</i>	35
Figura 25	36
<i>Participación de productos terminados en la empresa</i>	36
Figura 27	41
<i>Resultados de forma tabular a las preguntas de los factores incidentes en el área de métodos, estándares y diseño</i>	41
Figura 28	42
<i>Entradas y salidas del proceso de transformación de café, preguntas (36 a 38) de la segunda guía de exploración para análisis de trabajo</i>	42
Figura 29	44
<i>Diagrama de flujo analítico del proceso de transformación de café en la finca El Alto</i>	44
Figura 30	48
<i>Comportamiento en cantidad de pulpa de café a través de los ciclos El Alto</i>	48
Figura 31	56

<i>Matriz DOFA</i>	56
Figura 32	58
<i>Mapa de flujo de Valor actual</i>	58
Figura 33	61
<i>árbol de objetivo en la selección del producto</i>	61
	61
Figura 34	65
<i>Peso por alternativa a escoger según criterios evaluados</i>	65
Figura 35	66
<i>Mapa conceptual de errores a analizar</i>	66
Figura 36	67
<i>Requerimientos de Pulpa de Café</i>	67
Figura 37	70
<i>Profundidad y talud de la zanja en base a la circunferencia del biodigestor</i>	70
Figura 38	72
Diagrama de bloques para el proceso actual y propuesto mostrando insumos y herramientas y fotografías de la ubicación.	72
	72
Figura 39	75
<i>Almacén de herramientas para la finca El Alto</i>	75
Figura 40	77
<i>Almacén de troncos de planta de café en la finca El Alto</i>	77
Figura 41	77
<i>Almacén de troncos de planta de café en la finca El Alto</i>	77
Figura 42	78
<i>Techo inclinado a un agua</i>	78
Figura 43	79
<i>Diagrama de Gantt tercer y cuarto ciclo</i>	79
Figura 44	80
<i>Diagrama de Gantt primer y segundo ciclo</i>	80
Figura 45	81
<i>Objetos para ordenar al diseño propuesto</i>	81
Figura 46	82
<i>Parámetros de la pulpa fresca antes y después de ensilarse, medidor de humedad para café pergamino</i>	82

Figura 47	83
<i>Almacenamiento actual de pulpa de café en la finca El Alto</i>	83
Figura 48	84
<i>Proceso de ensilaje de forma visual extraída de la guía para ensilaje de Cenicafé</i>	84
Figura 49	85
<i>Plano para almacenamiento de pulpa de café</i>	85
Figura 50	86
<i>Fases para implementación de la tercera S “Seiso”</i>	86
Figura 51	87
<i>Formato de limpieza por mes entre ciclos de recolección de café</i>	87
Figura 52	88
<i>Flujo operacional del nuevo proceso para producción de biogás</i>	88
Figura 53	89
<i>Formato para evaluación de disciplina para la herramienta 5” S”</i>	89
Figura 54	90
<i>Supermercado y su representación simbólica</i>	90
Figura 55	91
<i>Sistema de tarjeta Kanban para el proceso propuesto de transformación de pulpa de café</i>	91
Figura 56	92
<i>Ubicación del sistema Kanban en el diseño de trabajo propuesto para la transformación de pulpa de café en biogás.</i>	92
Figura 57	94
<i>Sistema Kanban con tarjeta única de producción y reposición de supermercado por dos procesos conectados mediante un FIFO Lane</i>	94
Figura 58	97
<i>Tablero Kanban de suministro para los requerimientos de los días entre semana durante una cantidad S de semanas</i>	97
Figura 59	98
<i>Proceso de revisión de color de fruto de café como oportunidad de mejora y la herramienta Lean Poka-yoke como solución.</i>	98
Figura 60	99
<i>Descuido en el paso de frutos verdes al proceso de frutos rojos</i>	99
Figura 61	99
<i>Descuido intencional en la no utilización de tiempos de espera en la recepción de frutos de café y otras señalizaciones</i>	99
	99

Cuadro comparativo de indicadores actuales y propuesto en el nuevo diseño de trabajo.	100
Figura 62	101
<i>Mapa de flujo de valor propuesto</i>	101
Figura 63	102
<i>Tablero Kanban y Kaizen para seguimiento de actividades y mejora continua de desperdicios identificados durante el proceso propuesto</i>	102
Figura 64	106
Interfaces de los indicadores	106

Listado de Apéndices

Marco Teórico Tipos de Biodigestores

Marco de Referencia para el desarrollo del Primer Objetivo

Marco de Referencia para el desarrollo del Segundo Objetivo

Marco de Referencia para el desarrollo del Tercer Objetivo

Código Fuente de Diseño de Tablero de Control de Métricas

Fichas Técnicas de Indicadores