

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
ÁREA INTEGRADA



TRABAJO DE GRADUACIÓN

**DISEÑO DE LA PLANTA DE PRODUCCIÓN DEL CARBÓN VEGETAL
DE ENCINO (*Quercus sp.*) PARA LA FINCA EL APAZOTE, UBICADA
EN SANTA CRUZ EL CHOL, BAJA VERAPAZ**

HÉCTOR AUGUSTO TURCIOS BALCÁRCEL

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2016

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA

TRABAJO DE GRADUACIÓN

**DISEÑO DE LA PLANTA DE PRODUCCIÓN DEL CARBÓN VEGETAL
DE ENCINO (*Quercus sp.*) PARA LA FINCA EL APAZOTE, UBICADA
EN SANTA CRUZ EL CHOL, BAJA VERAPAZ**

PRESENTADO A LA HONORABLE JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
POR

HÉCTOR AUGUSTO TURCIOS BALCÁRCEL

EN EL ACTO DE INVESTIDURA COMO

INGENIERO EN INDUSTRIAS AGROPECUARIAS Y FORESTALES
EN EL GRADO ACADÉMICO DE LICENCIADO

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2016

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA



RECTOR

Dr. CARLOS GUILLERMO ALVARADO CEREZO

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA

| | |
|------------|----------------------------------------------|
| DECANO | Ing. Agr. Mario Antonio Godínez López |
| VOCAL I | Dr. Tomas Antonio Padilla Cámara |
| VOCAL II | Ing. Agr. M.A. César Linneo García Contreras |
| VOCAL III | Ing. Agr. M.Sc. Erberto Raúl Alfaro Ortiz |
| VOCAL IV | Br. Ind. Milton Juan José Caná Aguilar |
| VOCAL V | P. Agr. Cristian Alexander Méndez López |
| SECRETARIO | Ing. Agr. Juan Alberto Herrera Ardón |

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2016

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

**DISEÑO DE LA PLANTA DE PRODUCCIÓN DEL CARBÓN VEGETAL
DE ENCINO (*Quercus sp.*) PARA LA FINCA EL APAZOTE, UBICADA
EN SANTA CRUZ EL CHOL, BAJA VERAPAZ**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha 13 de mayo de 2014.

Héctor Augusto Turcios Balcárcel



Guatemala, 06 de octubre de 2016.
REF.EPS.DOC.713.10.16

Inga. Christa Classon de Pinto
Directora
Unidad de EPS
Facultad de Ingeniería, Usac

Estimada Inga. Classon de Pinto.

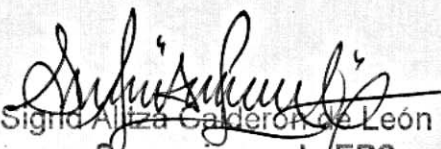
Por este medio atentamente le informo que como Asesora-Supervisora de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) del estudiante universitario de la Carrera de Ingeniería en Industrias Agropecuarias y Forestales, Héctor Augusto Turcios Balcárcel, Carné No. 200916237 procedí a revisar el informe final, cuyo título es **DISEÑO DE LA PLANTA DE PRODUCCIÓN DE CARBÓN VEGETAL DE ENCINO (QUERCUS SP.) PARA LA FINCA EL APAZOTE, UBICADA EN SANTA CRUZ EL CHOL, BAJA VERAPAZ.**

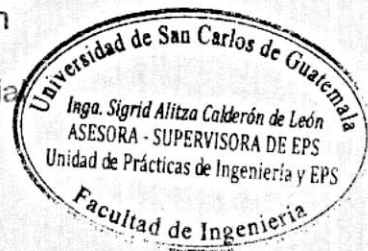
En tal virtud, **LO DOY POR APROBADO**, solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"


Inga. Sigríd Alitza Calderón de León
Asesora-Supervisora de EPS
Área de Ingeniería Mecánica Industrial



SACdL/ra



Guatemala, 06 de octubre de 2016.
REF.EPS.D.420.10.16

Ingeniero
Juan José Peralta Dardón
Director
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial
Facultad de Ingeniería
Presente

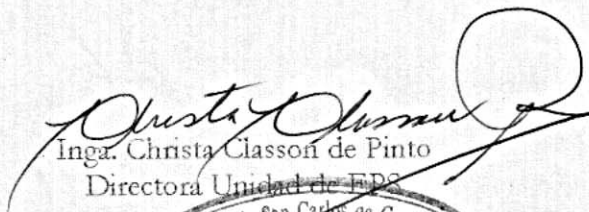
Estimado Ing. Peralta Dardón.

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **"DISEÑO DE LA PLANTA DE PRODUCCIÓN DE CARBÓN VEGETAL DE ENCINO (QUERCUS SP.) PARA LA FINCA EL APAZOTE, UBICADA EN SANTA CRUZ EL CHOL, BAJA VERAPAZ"** que fue desarrollado por el estudiante universitario, **Héctor Augusto Turcios Balcárcel** quien fue debidamente asesorado y supervisado por la Inga. Sigrid Alitza Calderón de León.

Por lo que habiendo cumplido con los objetivos y requisitos de ley del referido trabajo y existiendo la aprobación del mismo por parte de la Asesora-Supervisora de EPS, en mi calidad Directora, apruebo su contenido solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,
"Id y Enseñad a Todos"


Inga. Christa Classon de Pinto
Directora Unidad de EPS

SJRS/ra



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA

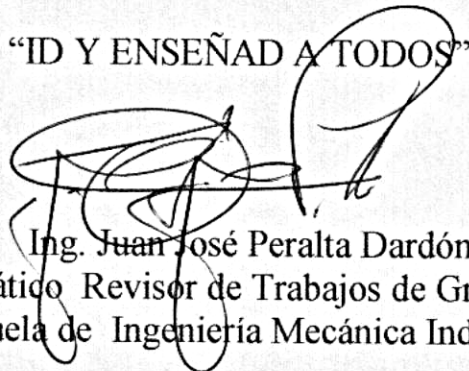


FACULTAD DE INGENIERIA

REF.REV.EMI.156.016

Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **DISEÑO DE LA PLANTA DE PRODUCCIÓN DEL CARBÓN VEGETAL DE ENCINO (Quercus sp.) PARA LA FINCA EL APAZOTE, UBICADA EN SANTA CRUZ EL CHOL, BAJA VERAPAZ**, presentado por el estudiante universitario **Héctor Augusto Turcios Balcárcel**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”



Ing. Juan José Peralta Dardón
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



Guatemala, octubre de 2016.

/mgp



REF.DIR.EMI.216.016

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el Visto Bueno del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística del trabajo de graduación titulado **DISEÑO DE LA PLANTA DE PRODUCCIÓN DEL CARBÓN VEGETAL DE ENCINO (Quercus sp.) PARA LA FINCA EL APAZOTE, UBICADA EN SANTA CRUZ EL CHOL, BAJA VERAPAZ**, presentado por el estudiante universitario **Héctor Augusto Turcios Balcárcel**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Ing. José Francisco Gómez Rivera
DIRECTOR a.i.
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



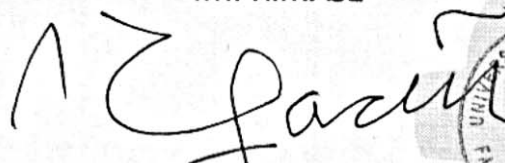
Guatemala, noviembre de 2016.

/mgp

No.63-2016

| | |
|------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Trabajo de Graduación: | "DISEÑO DE LA PLANTA DE PRODUCCIÓN DEL CARBÓN VEGETAL DE ENCINO (<i>Quercus sp.</i>) PARA LA FINCA EL APAZOTE, UBICADA EN SANTA CRUZ EL CHOL, BAJA VERAPAZ" |
| Estudiante: | Héctor Augusto Turcios Balcárcel |
| Carné: | 200916237 |

"IMPRIMASE"



Dr. Tomás Antonio Padilla Cámara
DECANO EN FUNCIONES



ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Por ser mi mayor fuerza de voluntad.
- Mis padres** Mario Turcios Véliz y Elsa Marina Pineda Balcárcel, por darme la vida, ser unos padres ejemplares, educarme y apoyarme en mi preparación profesional.
- Mis hermanos** Mario René, Minor Estuardo y Elva Marina Turcios Balcárcel, por confiar en mis deseos de estudiar y brindarme su amor y apoyo incondicional.
- Mis Sobrinos** Meily Dayana, Turcios Turcios, Edin Aroldo Turcios Turcios, Damaris Mileidy Turcios y Dylan Jesé Turcios Alvarado.

AGRADECIMIENTOS A:

| | |
|------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Universidad de San Carlos de Guatemala | Por la oportunidad de estudiar y aprender en el mejor nivel académico. |
| Facultad de Agronomía | Por contar con una carrera universitaria de mi interés. |
| Facultad de Ingeniería | Por apoyar mi carrera universitaria. |
| Escuela Nacional Central de Agricultura | Por ser la segunda casa de estudios que contribuyó en mi preparación profesional. |
| Mis compañeros | Con los cuales compartí momentos de estudio: Josué, Daniel, Meincke, Tony, Ajanel, José Luis, Lantan, Flor, Maria, Violeta, Tojín y Byron. Con los que forme un segundo hogar; Carlos, Ayleen, Estefany, Cristopher, Hirold, Elvis, Carmen, Brisly, Jonathan, Israel, Ajanel, Josué y Hernán. |
| Norte & Sur | Por permitirme realizar mi ejercicio profesional supervisado. |
| Inga. Sigrid Calderón | Por darme asesoramiento y acompañamiento en todo momento. |

ÍNDICE GENERAL

| | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| ÍNDICE DE ILUSTRACIONES..... | VII |
| LISTA DE SÍMBOLOS | XI |
| GLOSARIO | XIII |
| RESUMEN..... | XIX |
| OBJETIVOS..... | XXI |
| INTRODUCCIÓN..... | XXIII |
| | |
| 1. GENERALIDADES NORTE & SUR | 1 |
| 1.1. Descripción..... | 1 |
| 1.2. Actividades que realiza..... | 2 |
| 1.3. Visión..... | 3 |
| 1.4. Misión | 4 |
| 1.5. Estructura organizacional | 4 |
| 1.6. Ubicación..... | 6 |
| | |
| 2. FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL. DISEÑO DE LA PLANTA DE PRODUCCIÓN DE CARBÓN VEGETAL DE ENCINO (QUERCUS SP.) UBICADA EN LA FINCA EL APAZOTE, SANTA CRUZ EL CHOL, BAJA VERAPAZ | 9 |
| 2.1. Diagnóstico de la situación actual | 9 |
| 2.1.1. Resultados porcentuales de las entrevistas | 12 |
| 2.2. Proceso de producción de carbón | 16 |
| 2.2.1. Corte de madera..... | 19 |
| 2.2.2. Recolección de la madera | 20 |
| 2.2.3. Construcción de hornos..... | 21 |

| | | |
|-------------|-------------------------------------------------------------|----|
| 2.2.4. | Apilado de la madera | 24 |
| 2.2.5. | Encendido del horno | 26 |
| 2.2.6. | Manejo del horno..... | 27 |
| 2.2.6.1. | Etapa de carbonización | 28 |
| 2.2.6.2. | Etapa de enfriamiento | 30 |
| 2.2.7. | Descara del horno | 31 |
| 2.2.8. | Llenado de saco | 31 |
| 2.2.9. | Transporte de depósito | 33 |
| 2.2.10. | Transporte final | 34 |
| 2.2.11. | Método de producción..... | 35 |
| 2.2.11.1.1. | Horno de tierra | 35 |
| 2.2.11.2. | Recurso humano | 36 |
| 2.2.11.3. | Proveedores | 37 |
| 2.2.11.4. | Materia prima | 38 |
| 2.2.11.5. | Producto obtenido | 39 |
| 2.3. | Identificación del problema..... | 39 |
| 2.3.1. | Síntomas o manifestación del problema..... | 40 |
| 2.3.2. | Magnitud del problema..... | 40 |
| 2.3.3. | Posibles causas que generan el problema..... | 41 |
| 2.3.4. | Efectos que generan el problema..... | 41 |
| 2.3.5. | Diagrama de árbol de problemas | 42 |
| 2.3.6. | Planteamiento del problema..... | 43 |
| 2.3.6.1. | Descripción del problema | 44 |
| 2.3.6.2. | Delimitación del problema | 44 |
| 2.4. | Propuesta del nuevo método de producción | 44 |
| 2.4.1. | Horno de ladrillo rabo quente modificado | 45 |
| 2.4.1.1. | Construcción del horno tipo rabo quente modificado | 47 |

| | | |
|------------|--------------------------------------------------------------------------------|----|
| 2.4.1.2. | Ejecución de construcción del horno tipo rabo quente modificado..... | 54 |
| 2.4.1.3. | Evaluación del desempeño productivo de horno tipo rabo quente modificado | 57 |
| 2.4.1.3.1. | Proceso de producción..... | 57 |
| 2.4.1.3.2. | Resultados de producción..... | 59 |
| 2.5. | Planeación de la distribución de planta | 60 |
| 2.5.1. | Estudio de distribución de planta | 62 |
| 2.6. | Propuesta de diseño de la planta de producción de carbón.... | 64 |
| 2.6.1. | Áreas disponibles para el diseño de planta | 66 |
| 2.6.2. | Distribución de la planta de producción | 67 |
| 2.6.3. | Infraestructura del diseño de planta de producción | 68 |
| 2.6.3.1. | Área de registro | 68 |
| 2.6.3.2. | Área de recepción de madera..... | 69 |
| 2.6.3.2.1. | Patio de madera 1 | 70 |
| 2.6.3.2.2. | Patio de madera 2 | 70 |
| 2.6.3.3. | Área de producción..... | 71 |
| 2.6.3.3.1. | Batería de hornos 1 | 71 |
| 2.6.3.3.2. | Batería de hornos 2 | 72 |
| 2.6.3.4. | Área de manufactura | 73 |
| 2.6.3.5. | Secciones del área de manufactura | 75 |
| 2.6.3.6. | Área de administración | 77 |
| 2.6.3.7. | Área de bodega y servicio sanitario..... | 78 |
| 2.6.3.8. | Área de depósito de agua..... | 80 |
| 2.6.3.9. | Otras secciones estimadas..... | 80 |

| | | | |
|------|------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| | 2.6.3.9.1. | Calle de acceso..... | 81 |
| | 2.6.3.9.2. | Área retorno de camiones..... | 82 |
| | 2.6.3.10. | Diseño final de la planta de producción..... | 83 |
| 2.7. | | Costo de inversión para ejecutar el proyecto | 84 |
| 2.8. | | Análisis financiero del proyecto | 88 |
| | 2.8.1. | Resultado de análisis financiero | 93 |
| 3. | | FASE DE INVESTIGACIÓN. PROPUESTA DE MANEJO DE RESIDUOS DEL APROVECHAMIENTO DEL BOSQUE EN FINCA EL APAZOTE, SANTA CRUZ EL CHOL, BAJA VERAPAZ | 95 |
| 3.1. | | Diagnóstico de la situación actual | 95 |
| | 3.1.1. | Metodología..... | 95 |
| | 3.1.2. | Inventario forestal..... | 96 |
| | 3.1.2.1. | Levantamiento de datos de campo | 96 |
| | 3.1.2.2. | Fase de gabinete..... | 97 |
| | 3.1.2.3. | Resultados | 99 |
| | 3.1.2.4. | Análisis e interpretación de resultados..... | 100 |
| 3.2. | | Identificación del problema..... | 100 |
| | 3.2.1. | Planteamiento del problema..... | 101 |
| 3.3. | | Soluciones alternativas del uso de residuos | 101 |
| 3.4. | | Propuesta estratégica para procesar los residuos | 102 |
| | 3.4.1. | Metodología..... | 102 |
| | 3.4.2. | Recolección de residuos | 102 |
| | 3.4.3. | Proceso de trituración | 103 |
| | 3.4.4. | Transporte de residuos para almacenamiento | 104 |
| 3.5. | | Costos de la propuesta de manejo de residuos | 104 |

| | | |
|--------|-------------------------------------------------------|-----|
| 4. | FASE DE DOCENCIA, PLAN DE CAPACITACIÓN | 107 |
| 4.1. | Diagnóstico de necesidades de capacitación | 107 |
| 4.1.1. | Identificación del problema | 108 |
| 4.1.2. | Planteamiento del problema | 109 |
| 4.2. | Plan de capacitación | 109 |
| 4.3. | Programa de capacitación | 111 |
| 4.4. | Costos de la propuesta del plan de capacitación | 112 |
| | CONCLUSIONES | 115 |
| | RECOMENDACIONES | 119 |
| | BIBLIOGRAFÍA | 121 |
| | APÉNDICE | 123 |

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

| | | |
|-----|---------------------------------------------------------|----|
| 1. | Organigrama horizontal de Norte & Sur | 6 |
| 2. | Ubicación de Norte & Sur | 7 |
| 3. | Formato 1, entrevista cualitativa estructurada..... | 10 |
| 4. | Formato 2, entrevista cualitativa estructurada..... | 11 |
| 5. | Diagrama de actividades: producción de carbón | 17 |
| 6. | Diagrama de operaciones: elaboración de carbón | 18 |
| 7. | Corte de madera | 19 |
| 8. | Horno de tierra mediano..... | 22 |
| 9. | Horno de tierra grande | 22 |
| 10. | Horno de tierra en pendiente..... | 23 |
| 11. | Encendido del horno | 26 |
| 12. | Aspecto de un saco de carbón..... | 32 |
| 13. | Depósito temporal | 33 |
| 14. | Transporte final | 34 |
| 15. | Recurso humano..... | 37 |
| 16. | Bosque de proveedor | 38 |
| 17. | Carbón producido en horno de tierra..... | 39 |
| 18. | Diagrama de árbol de problemas | 43 |
| 19. | Dimensiones del horno de ladrillo | 46 |
| 20. | Forma de fijar la regla en el centro del horno..... | 47 |
| 21. | Marcado del diámetro del horno..... | 48 |
| 22. | Cimiento del horno | 48 |
| 23. | Forma correcta de colocar y amarrar los ladrillos | 49 |

| | | |
|-----|-----------------------------------------------------------------------|-----|
| 24. | Forma de colocar los ladrillos | 50 |
| 25. | Forma de colocar los ladrillos para dejar respiradores | 51 |
| 26. | Posición de los ladrillos en la pared..... | 52 |
| 27. | Chimenea del horno..... | 53 |
| 28. | Diagrama de operaciones: construcción de horno..... | 55 |
| 29. | Diagrama de operaciones: elaboración de carbón..... | 58 |
| 30. | Gráfica de relaciones | 63 |
| 31. | Diagrama de relaciones | 64 |
| 32. | Ubicación de finca El Apazote Santa Cruz, El Chol, Baja Verapaz | 65 |
| 33. | Vista panorámica del área | 66 |
| 34. | Distribución de áreas | 68 |
| 35. | Área de registros..... | 69 |
| 36. | Patio de madera 1..... | 70 |
| 37. | Patio de madera 2..... | 71 |
| 38. | Batería de hornos 1 | 72 |
| 39. | Batería de hornos 2 | 73 |
| 40. | Área de manufactura | 74 |
| 41. | Recepción de carbón..... | 75 |
| 42. | Clasificación y empaçado | 76 |
| 43. | Almacenamiento temporal | 77 |
| 44. | Área de administración | 78 |
| 45. | Área de bodega y servicio sanitario | 79 |
| 46. | Área de depósito de agua..... | 80 |
| 47. | Calle de acceso | 81 |
| 48. | Área retorno de camiones..... | 82 |
| 49. | Diseño final | 83 |
| 50. | Gráfica de proyección de altura de árboles | 98 |
| 51. | Recolección | 103 |
| 52. | Proceso de trituración | 103 |

| | | |
|-----|--------------------------------------------------------------|-----|
| 53. | Formato del examen de diagnóstico a personal de trabajo..... | 107 |
| 54. | Resultados del examen de diagnóstico..... | 108 |

TABLAS

| | | |
|--------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| I. | Análisis de gráficos obtenidos en la entrevista formato 1..... | 12 |
| II. | Análisis de gráficos obtenidos de la entrevista formato 2..... | 14 |
| III. | Especificaciones del corte de la madera..... | 20 |
| IV. | Especificaciones de la recolección de la madera..... | 21 |
| V. | Especificaciones de la construcción de hornos..... | 24 |
| VI. | Pasos del apilado de la madera..... | 25 |
| VII. | Especificaciones del apilado de la madera..... | 26 |
| VIII. | Especificaciones del encendido del horno..... | 27 |
| IX. | Especificaciones del manejo del horno..... | 28 |
| X. | Pasos de la etapa de carbonización..... | 28 |
| XI. | Especificaciones de la etapa de carbonización..... | 30 |
| XII. | Especificaciones de la etapa de enfriamiento..... | 31 |
| XIII. | Especificaciones de la descarga del horno..... | 31 |
| XIV. | Especificaciones del llenado de sacos..... | 32 |
| XV. | Especificaciones del transporte a depósito..... | 34 |
| XVI. | Especificaciones del transporte final..... | 35 |
| XVII. | Ventajas y desventajas del horno de tierra..... | 36 |
| XVIII. | Ventajas del horno de ladrillo..... | 46 |
| XIX. | Especificaciones del aumento de la regla plantilla para dar curva al horno..... | 51 |
| XX. | Materiales..... | 54 |
| XXI. | Ilustración de actividades de la construcción del horno de ladrillo rabo quente modificado..... | 56 |
| XXII. | Costo de construcción de horno de ladrillo..... | 57 |

| | | |
|----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| XXIII. | Ilustración de actividades del proceso de producción de carbón con el horno de ladrillo rabo quente modificado | 59 |
| XXIV. | Costos de construcción, área de registros..... | 84 |
| XXV. | Costos de construcción, áreas de recepción de madera | 85 |
| XXVI. | Costos de construcción, áreas de producción | 85 |
| XXVII. | Costos de construcción, área de manufactura..... | 86 |
| XXVIII. | Costos de construcción, área de administración | 87 |
| XXIX. | Costos generales de construcción | 88 |
| XXX. | Inversión del proyecto..... | 89 |
| XXXI. | Costos del proyecto | 89 |
| XXXII. | Producción e ingresos del proyecto | 90 |
| XXXIII. | Flujo de fondos del proyecto | 91 |
| XXXIV. | Resumen del análisis financiero | 93 |
| XXXV. | Datos obtenidos de campo para inventario..... | 97 |
| XXXVI. | Datos obtenidos de campo para estimación de volúmenes..... | 98 |
| XXXVII. | Estimación de inventario | 99 |
| XXXVIII. | Resumen de proyección del inventario | 100 |
| XXXIX. | Resumen de proyección de cubicación | 100 |
| XL. | Costos para la trituración de residuos forestales | 104 |
| XLI. | Producción de ingresos de residuos | 105 |
| XLII. | Plan de capacitación | 110 |
| XLIII. | Taller I: inducción al sistema de producción | 111 |
| XLIV. | Taller II: inducción a actividades de trabajo por área..... | 112 |
| XLV. | Taller III: manejo de residuos forestales | 112 |
| XLVI. | Taller IV: calidad total y BPM (buenas prácticas de manufactura)..... | 112 |
| XLVII. | Costos para el plan de capacitación | 113 |

LISTA DE SÍMBOLOS

| Símbolo | Significado |
|----------------------|----------------------------------------------------------------------------------|
| ALT | Altura |
| AB | Área basal |
| BPM | Buenas prácticas de manufactura |
| cm | Centímetro |
| CIRC | Circunferencia |
| R² | Coefficiente de determinación múltiple |
| DAP | Diámetro a la altura del pecho |
| GEI | Gases de Efecto Invernadero |
| ha | Hectárea |
| m | Metro |
| m² | Metro cuadrado |
| m³ | Metro cúbico |
| PAR | Parcela |
| % | Porcentaje |
| Q | Quetzales |
| RIC | Registro de Información Catastral |
| SIG | Sistema de información geográfica |
| GPS | Sistema de posicionamiento global de tierras de vocación forestal o agroforestal |
| Y | Variable Y |

I

GLOSARIO

| | |
|----------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| BPM | Son los principios básicos y prácticas generales de higiene en la manipulación, preparación, elaboración, envasado y almacenamiento de alimentos para consumo humano, con el objeto de garantizar que los alimentos se fabriquen en condiciones sanitarias adecuadas y se disminuyan los riesgos inherentes a la producción. |
| Calidad total | Es una estrategia de gestión a través de la cual la empresa satisface las necesidades y expectativas de sus clientes, de sus empleados, de los accionistas y de toda la sociedad en general, utilizando los recursos de que dispone: personas, materiales, tecnología, sistemas de producción, entre otros. |
| Carbonización | Consiste en un proceso de transformación de la madera a carbón vegetal por medio de pirolisis la cual se realiza en ausencia de oxígeno y a altas temperaturas permitiendo que se obtenga como producto carbono como residuo sólido. |
| Catastro | Censo estadístico de los bienes inmuebles de una determinada población que contiene la descripción |

física, económica y jurídica de las propiedades rústicas y urbanas.

CONAFOR

Comisión Nacional Forestal

Geodesia

Ciencia matemática que tiene por objeto determinar la figura y magnitud del globo terrestre o de gran parte de él, y construir los mapas correspondientes

Eficacia

grado en que se realizan las actividades planificadas y se alcanzan los resultados planificados.

Eficiencia

Relación entre el resultado alcanzado y los recursos utilizados.

Geomática

Es el término científico moderno que hace referencia a un conjunto de ciencias en las cuales se integran los medios para la captura, tratamiento, análisis, interpretación, difusión y almacenamiento de información geográfica. También llamada información espacial o geoespacial.

Geoposicionamiento

Es trasladar una base de datos o un fichero a un entorno espacial, generalmente mapas digitalizados, mediante un vínculo geográfico

común entre la información alfanumérica y la espacial.

Inventario forestal

Es evaluar los recursos forestales y los recursos de árboles fuera del bosque y proporcionar nueva información cualitativa y cuantitativa sobre el estado, utilización, ordenación y tendencias de estos recursos.

Línea de producción

Es el conjunto armonizado de diversos subsistemas de forma secuencial de estación de trabajo a estación de trabajo teniendo una finalidad en común: transformar o integrar materia prima en otros productos.

Levantamiento de datos

Proceso mediante el cual el investigador recopila datos de campo e información de la situación actual de un sistema.

Manejo forestal

Se entiende por manejo de un bosque como la administración económicamente rentable y técnicamente correcta para la producción de bienes y o servicios deseados en el tiempo y el espacio.

Manufactura

Es la transformación de las materias primas en un producto totalmente terminado que ya está en condiciones de ser destinado a la venta en algún mercado.

| | |
|----------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Mejora continua | La organización debe mejorar continuamente la eficacia del sistema de gestión de la calidad mediante al uso de la política de la calidad, los objetivos de la calidad, los resultados de las auditorías, el análisis de datos, las acciones correctivas y preventivas y la revisión por la dirección. |
| Método | Técnica empleada para realizar una operación. |
| PINFOR | Programa de incentivos forestales |
| PINPEP | Programa de Incentivos para Pequeños Poseedores |
| Proceso anaeróbico | Se refiere al proceso que no implica oxígeno. |
| Proceso | Conjunto de actividades mutuamente relacionadas o que interactúan, las cuales transforman elementos de entrada en resultados. |
| Productividad | Es la relación entre la cantidad de productos obtenida por un sistema productivo y los recursos utilizados para obtener dicha producción. |
| Residuos forestales | son aquellos que se producen como consecuencia de actividades forestales principalmente destinadas al aprovechamiento de la madera; ramas, hojas, aserrín, corteza entre otros. |

Topografía

Técnica que consiste en describir y representar en un plano la superficie o el relieve de un terreno.

Variabilidad

Son cambios inevitables que modifican el proceso que afectan posteriormente al producto que se produce o al servicio que se ofrece.

RESUMEN

En los procesos de transformación de materias primas la mejora continua debería ser una herramienta y política interna necesaria para el funcionamiento óptimo dentro de toda industria debido a que permite evaluar constantemente y lograr cambios beneficiosos al implementar nuevas tecnologías para lograr altos niveles de calidad.

La propuesta de diseñar la planta de producción de carbón vegetal está enfocada en la mejora continua ya que incorpora la sistematización de sus operaciones, espaciamentos y lineamientos del adecuado funcionamiento en general.

Por medio del conocimiento adquirido en las actividades ejecutadas en el proceso productivo actual durante los seis meses de ejercicio profesional supervisado se trabajó en tres campos de acción: fase técnico profesional, fase de investigación y fase de docencia.

El diagnóstico inicial mostró las posibilidades de mejorar las deficiencias derivadas de no contar con un proceso de producción constante en el tiempo y ante la falta de estandarización de áreas de trabajo, etapas y actividades necesarias para el funcionamiento. La fase de servicio técnico profesional incorpora tecnificación y estandarización en la producción al diseñar cada una de las áreas.

Al conocer los recursos naturales necesarios o la materia prima para la producción de carbón vegetal surge la investigación de cómo dar un manejo útil a los residuos que no se pueden aprovechar; ramas pequeñas y hojas para generar otras opciones de uso y productos ecológicos.

Como parte del cumplimiento de la mejora continua, la fase de docencia comprende un plan de capacitación del nuevo método de producción para lograr adaptar el recurso humano a la nueva tecnología de producción de carbón.

OBJETIVOS

General

Diseñar la planta de producción del carbón vegetal de encino (*Quercus* sp.) de la finca El Apazote, ubicada en Santa Cruz El Chol, Baja Verapaz para hacer más eficiente la cadena de transformación del carbón.

Específicos

1. Caracterizar la materia prima e identificar la(s) especie(s) utilizadas.
2. Determinar la calidad del carbón que produce Norte & Sur.
3. Evaluar el desempeño de producción de carbón en un horno a escala piloto para medir capacidad, rendimiento y calidad del producto final.
4. Incrementar la productividad en la producción del carbón.
5. Identificar una solución para el manejo de los residuos del aprovechamiento de bosque en finca El Apazote, Santa Cruz El Chol, Baja Verapaz.
6. Definir un plan de capacitación para el uso del nuevo método de producción.

INTRODUCCIÓN

En la fase técnico profesional, de este trabajo de graduación se plantea la construcción de un horno a escala piloto, el horno rabo quente modificado. Se logró evaluar el desempeño de producción de carbón al realizar aproximadamente 18 quemas en el horno, a partir de la cual se determinó que ofrece a la empresa Norte & Sur mayor rendimiento, mayor productividad, mejor calidad del carbón y, lo más importante, mejor capacidad de producción. Se notó el incremento del método propuesto (2 160- 3 130) libras sobre el método actual (840-2 400).

El diseño de la planta de producción dispone de una capacidad de (77 760-112 320) libras por mes. El costo total de la propuesta del diseño de la planta asciende a la cantidad de Q 693 862,50 y una inversión total Q 1 097 746,15. El proyecto es conveniente según el análisis financiero con los siguientes indicadores: TIR (tasa interna de retorno) = 53 %, VPN (valor presente neto) = Q 2 959 472,21, relación B/C (relación beneficio costo) =1,47 e IR (índice de rentabilidad) = 3,70.

En la fase de investigación se determinó que el proyecto de Santa Cruz El Chol genera un 15 % de residuos de la especie (*Quercus sp.*) y crea un escenario de aprovechamiento de un 40 % del área total boscosa con producción aproximada de 1 051,30 m³ de residuos por cada plan operativo. Esto aumenta las posibilidades de la propuesta de aprovechamiento de los residuos como plan de acción para mitigar el impacto ambiental que se generará. El costo total de la propuesta del manejo y solución de los residuos generados en Santa Cruz El Chol asciende a la cantidad de Q 31 000,00. Poner

en marcha el proyecto genera un ingreso aproximado de Q 35 323,68 por cada plan operativo realizado cada 3 años; al considerar los seis planes operativos se generará un ingreso total de Q 228 488,04 y en el primer año se recuperaría la inversión del proyecto.

La implementación de la nueva tecnología de producción de carbón demandará una fase de docencia para lograr la adecuada adaptación del recurso humano al funcionamiento de cada una de las áreas, fases y actividades del proyecto. Se determinó que el costo total del plan de capacitación asciende a la cantidad de Q 12 000,00.

1. GENERALIDADES NORTE & SUR

1.1. Descripción

Norte & Sur es una empresa que brinda productos y servicios de ingeniería en las ramas de agricultura sostenible, topografía, geodesia, catastro, SIG (sistemas de información geográfica), bienes raíces, proyectos forestales, consultorías ambientales y territoriales; productos relacionados con la producción y venta de viveros forestales, establecimiento y mantenimiento de plantaciones forestales y/o agroforestales, extracción y comercio de madera e industria forestal con productos de primera transformación y carbón vegetal¹.

Todos sus productos están enfocados en la contribución del medio ambiente y ordenamiento territorial como base para la planificación estratégica, haciendo uso para tal fin de procesos y equipo de alta tecnología.

Su equipo de consultores comprende personal especializado en manejo de herramientas tecnológicas para facilitar los trabajos de manejo forestal, infraestructura agrícola, administración de tierras e infraestructura de caminos rurales que de manera conjunta atienden los servicios y productos que sus clientes solicitan.

La empresa fue creada en el año 2009 por un grupo de profesionales agrónomos. Con el crecimiento de la demanda, diversificación de productos, servicios ofrecidos y por acuerdo de la junta directiva se crea la imagen de la

¹ Norte & Sur. *Folleto de generalidades*. p.1.

Corporación Norte & Sur que actualmente fusiona seis empresas bajo el amparo legal de la sociedad.

Norte & Sur inició en el año 2009 como Inmobiliaria Norte & Sur, en el 2010 pasa a formar una sociedad anónima cuando queda inscrita en el Registro mercantil como Negocios Norte & Sur Sociedad Anónima. La sede de la empresa está ubicada en la plaza Los Pinos Km 145,2 de la ruta que conduce hacia Salamá, Baja Verapaz.

1.2. Actividades que realiza

- Topografía
 - Servicios: medición de fincas urbanas y rurales, unificación de fincas urbanas y rurales, desmembración y geoposicionamiento de fincas².
 - Productos entregados: planos topográficos convencionales y planos topográficos aprobados por el Registro de Información Catastral (RIC).

- Manejo forestal
 - Servicios: planes de manejo forestal para producción y protección, viveros forestales, establecimiento y mantenimiento de plantaciones forestales y comercio de madera.

² Norte & Sur. *Folleto de generalidades*. p.3.

- Productos: licencias de aprovechamiento forestal extendidas por el Instituto Nacional de Bosques (INAB), bosques certificados por el programa de incentivos forestales PINFOR y PINPEP, viveros principalmente de pino para plantaciones artificiales, fincas reforestadas y manejadas con bosque natural o plantaciones artificiales, producto de troza, trocillo de madera de pino y carbón ecológico de maderas duras.
- Tecnología geomática
 - Servicios: sistemas de información geográfica (SIG) con enfoque para catastro y la planificación del manejo de los recursos naturales renovables (recurso hídrico, recurso forestal y el recurso suelo), dibujo asistido por computador (CAD), ordenamiento territorial, geodesia, catastro.
 - Productos: mapas catastrales y mapas de planificación, planos catastrales basados en las normas técnicas catastrales del RIC, vértices de referencia geoposicionados con receptores GPS geodésico.

1.3. Visión

Ser la empresa rectora en investigación y procesos industriales ligados con la producción agrícola, forestal y a la vanguardia de la tecnología para el levantamiento, análisis y manejo de información geoespacial³.

³ Norte & Sur. *Manual de políticas y procedimiento*. p. 2

1.4. Misión

Permanecer en el medio como la empresa líder en servicios de ingeniería en el manejo y desarrollo de tecnología geomática, producción agrícola y manejo de recursos naturales renovables⁴.

1.5. Estructura organizacional

Norte & Sur cuenta con una estructura organización lineal, donde existe un solo gerente y varios encargados que administran cuidadosamente un área en específico velando por el bienestar de la organización en general. Los cargos que posee la empresa se detallan a continuación⁵.

- Gerencia general

El gerente general es el líder responsable que planifica, evalúa y hace toma de decisiones correctas para que la organización marche según sus objetivos y expectativas.

- Administración general

Es el encargado del control y adecuado funcionamiento de las actividades en general. Dispone de una secretaria la cual es la que maneja los registros de cada movimiento.

⁴ Norte & Sur. *Manual de políticas y procedimiento*. p. 2

⁵ *Ibíd.* p.5.

- Administración financiera

Es el encargado de manejar los aspectos legales de la empresa. Dispone de un contador para el debido control de movimientos financieros.

- Administración en área de topografía

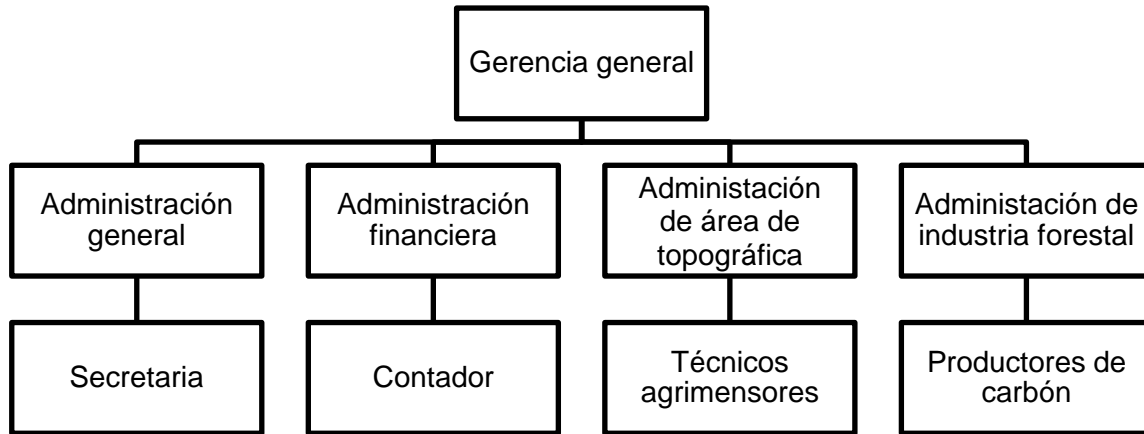
Es administrada por un ingeniero agrónomo que avala los trabajos realizados en campo por medio de su profesión y herramientas de ingeniería. Dispone de técnicos agrimensores capacitados para desempeñar labores de campo por medio de equipos de topografía.

- Administración en industria forestal

Es administrada por un ingeniero forestal responsable de que se cumplan los objetivos en la producción y obtener los resultados satisfactorios. Dispone de recurso humano no calificado el cual desempeña labores por la experiencia y práctica en la producción de carbón.

En la figura 1 se observa gráficamente como está compuesta la estructura organizacional lineal de Norte & Sur.

Figura 1. **Organigrama horizontal de Norte & Sur**

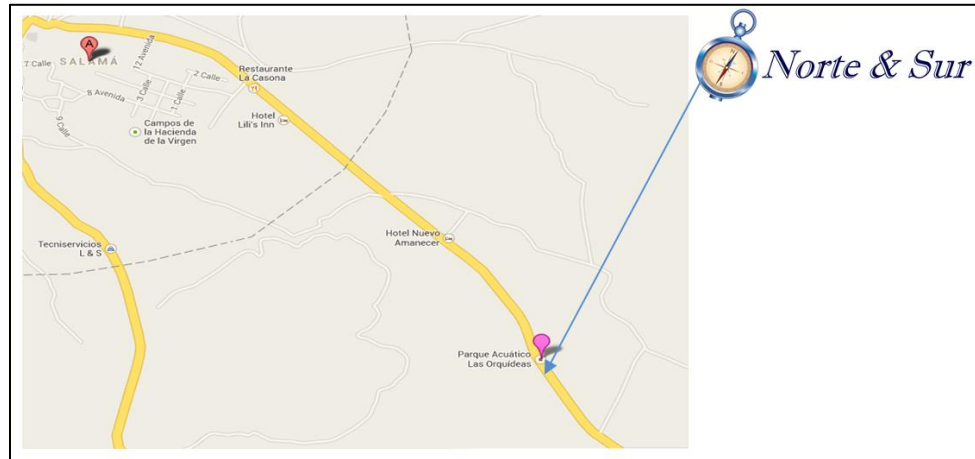


Fuente: empresa Norte & Sur.

1.6. Ubicación

Norte & Sur está ubicada en el km 145,2 aldea Los Pinos, Ruta a Salamá Baja Verapaz. Sus oficinas se localizan en el 2do. nivel de Plaza Los Pinos frente al parque acuático Las Orquídeas.

Figura 2. Ubicación de Norte & Sur



Fuente: empresa Norte & Sur.

2. FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL. DISEÑO DE LA PLANTA DE PRODUCCIÓN DE CARBÓN VEGETAL DE ENCINO (QUERCUS SP.) UBICADA EN LA FINCA EL APAZOTE, SANTA CRUZ EL CHOL, BAJA VERAPAZ

2.1. Diagnóstico de la situación actual

El primer paso para diseñar la planta de producción del carbón es realizar un diagnóstico, el cual es muy importante para saber si la empresa Norte & Sur dentro de su funcionamiento como organización cuenta con deficiencias productivas, medidas de mitigación y medidas correctivas. También se pretende detectar alternativas dentro del proceso actual con el objetivo del mejoramiento y bienestar laboral.

Para hacer un diagnóstico en la empresa Norte & Sur que permita conocer, evaluar y determinar condiciones laborales, calidad del carbón y la productividad en general, es necesario recopilar datos por medio de una fuente primaria: la entrevista cualitativa estructurada. Dicha entrevista debe cuestionar al personal de trabajo, considerando tres áreas principales de estudio; producción, transporte interno y transporte externo.

La entrevista cualitativa consiste en un cuestionario de preguntas abiertas y cerradas con la cual se pretender entender las percepciones y experiencias individuales de los trabajadores de cada actividad, de cada área y del proceso en general. Para la determinación de la calidad del carbón y productividad en general entre otras variantes de interés de Norte & Sur, la entrevista utiliza

como parámetro de medición el criterio personal o basándose en una respuesta rápida.

A continuación, se puede apreciar el formato 1 utilizado en la entrevista sobre el proceso de producción del carbón de Norte & Sur.

Figura 3. **Formato 1, entrevista cualitativa estructurada**

Cuestionario cualitativo sobre el Proceso de Producción del Carbón
Empresa Norte & Sur

Entrevista No.: _____

Entrevistador(a): _____ Fecha: ____/____/____

A continuación, encontrará una serie de preguntas destinadas a conocer su opinión sobre aspectos importantes del proceso productivo, especialmente tres áreas de estudio: producción, transporte interno y transporte externo. Responda o marque con una X dependiendo de lo que solicite cada pregunta.

1. ¿En qué área trabaja?
 Producción
 Transporte Interno
 Transporte Externo
2. ¿Describa que actividad realiza?

3. ¿Por qué es importante su actividad para esa área?

4. ¿Cuánto tiempo requiere su actividad y por qué?

5. ¿Con que frecuencia la realiza?
 Un día
 Seis días
 ¿Otra especifique? _____
6. ¿Hay una persona encargada de supervisar su actividad y el área de trabajo todos los días laborales?
 Si
 No
7. ¿Qué problemas comúnmente presenta su actividad?

8. ¿Cómo califica el resultado que obtiene su área de trabajo?
 Bueno
 Regular
 Malo
9. ¿Considera que el resultado de su actividad puede mejorar?
 Si
 No
¿Porqué? _____
10. ¿Cuál es el problema más importante de su área de trabajo?

11. ¿Cómo califica la productividad de la empresa?
 Buena
 Regular
 Mala
12. ¿Estaría dispuesto a cambiar el método de trabajo para mejorar la productividad?
 Si
 No
¿Porqué? _____

Fuente: elaboración propia.

Ahora, se puede apreciar el formato 2 utilizado en la entrevista sobre la determinación de la calidad del carbón que actualmente Norte & Sur produce.

Figura 4. **Formato 2, entrevista cualitativa estructurada**

Cuestionario cualitativo sobre la determinación de la calidad del carbón

Empresa Norte & Sur

Entrevista No.: ____

Entrevistador(a): _____ Fecha: ____/____/____

A continuación, encontrará una serie de preguntas destinadas a conocer su opinión sobre aspectos importantes de la calidad del carbón especialmente en tres áreas de estudio; producción, transporte interno y transporte externo. Responda o marque con una X dependiendo de lo que solicite cada pregunta.

1. ¿En qué área trabaja?
 - Producción
 - Transporte Interno
 - Transporte Externo
2. ¿El aspecto del carbón es?
 - Bueno
 - Regular
 - Malo
3. ¿El Tamaño del carbón es?
 - Bueno
 - Regular
 - Malo
4. ¿El peso del carbón es?
 - Bueno
 - Regular
 - Malo
5. ¿La dureza del carbón es?
 - Alta
 - Media
 - Baja
6. ¿La humedad del carbón es?
 - Alta
 - Media
 - Baja
7. ¿El carbón a veces sale quemado?
 - Si
 - No
8. ¿La porosidad del carbón es?
 - Alta
 - Media
 - Baja
9. ¿La capacidad de encendido fácil es?
 - Buena
 - Regular
 - Mala
10. ¿La durabilidad de la brasa del carbón es?
 - Alta
 - Media
 - Baja
11. ¿Considera que en general el carbón es?
 - Bueno
 - Regular
 - Malo
12. ¿Hay algo que debe mejorar en el carbón?
 - Si
 - No

¿Qué es y por qué?

Fuente: elaboración propia.


Se realizaron las entrevistas en función de la cantidad del personal responsable de la producción de carbón con la que actualmente cuenta Norte & Sur: 40 personas. Dicha información fue ordenada, analizada e interpretada en descripciones conceptuales, tablas, gráficos, imágenes y fotografías de las actividades que requiere el proceso de producción del carbón.

De la información de las entrevista se obtuvo dos resultados: el primer resultado es el inciso 2.1.1 que permite conocer la descripción detallada del proceso de producción del carbón por medio de las preguntas 1,2,3,4,5,7 y 10 de la entrevista cualitativa estructurada del formato 1, el segundo resultado lo muestra el inciso 2.1.2 que permite conocer los datos porcentuales en gráficos circulares obtenidos de ambos formatos en las preguntas 6,8,9,11 y 12 de la entrevista cualitativa del formato 1 y en las preguntas de la 2 a la 11 de la entrevista cualitativa del formato 2.

2.1.1. Resultados porcentuales de las entrevistas

Se pregunta de la descripción de los datos importantes y de interés obtenidos de la entrevista cualitativa estructurada del formato 1 que consideran las tres áreas de trabajo: producción, transporte interno y transporte externo.

Tabla I. **Análisis de gráficos obtenidos en la entrevista formato 1**

| Resultados | Análisis |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p data-bbox="266 1581 740 1608">Gráfico 1. Pregunta 6 de la entrevista</p> <p data-bbox="321 1629 669 1713">¿Hay una persona encargada de supervisar su actividad y el área de trabajo todos los días laborales?</p>  <p data-bbox="354 1755 626 1818">No 85 % Sí 15 %</p> | <p data-bbox="766 1619 1242 1808">Con ayuda del gráfico circular 1 se identifica porcentualmente que hay un 85 % de deficiencia en control, registró y monitoreo de desempeño y cumplimiento de actividades, lo que indica que el proceso es vulnerable y dependiente del recurso humano.</p> |

Continuación de la tabla I.

| | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>Gráfico 2. Pregunta 8 de la entrevista</p> <p>¿Cómo califica el resultado que obtiene su área de trabajo?</p> <p>Malo 18 % Bueno 7 % Regular 75 %</p> | <p>Al interpretar el gráfico 2 se puede apreciar que solo el 7 % califica el resultado de su área como bueno, el 75 % como regular y el 18 % como malo.</p> |
| <p>Gráfico 3. Pregunta 9 de la entrevista</p> <p>¿Considera que el resultado de su actividad puede mejorar?</p> <p>No 8 % Sí 92 %</p> | <p>Al interpretar el gráfico 3 se puede apreciar que solo el 8 % considera que el resultado de su actividad no puede mejorar y el 92% considera que sí se puede mejorar.</p> |
| <p>Gráfico 4. Pregunta 11 de la entrevista</p> <p>¿Cómo califica la productividad de la empresa?</p> <p>Malo 35 % Bueno 2 % Regular 63 %</p> | <p>Al interpretar el gráfico 4 se puede apreciar que solo el 2 % califica la productividad de la empresa como buena, el 63 % como regular y el 35 % como mala.</p> |
| <p>Gráfico 4. Pregunta 12 de la entrevista</p> <p>¿Estaría dispuesto a cambiar el método de trabajo para mejorar la productividad?</p> <p>No 18 % Sí 82 %</p> | <p>Al interpretar el gráfico anterior se puede apreciar que el 18 % no estaría dispuesto a cambiar el método de trabajo para mejorar la productividad, pero el 82 % si estaría dispuesto a cambiar el método de trabajo actual.</p> |

Fuente: elaboración propia.

La información descrita anteriormente pertenece al formato 1 de la entrevista cualitativa estructurada (ver figura 3) la cual permite la identificar deficiencias y los factores importantes dentro de todo el proceso productivo que más adelante se van considerarán ya que son limitantes y de los cuales depende la empresa Norte & Sur.

A continuación, se presenta la descripción de datos importantes y de interés obtenidos de la entrevista cualitativa estructurada del formato 2 que consideran características físicas del carbón de Norte & Sur para la evaluación de calidad.

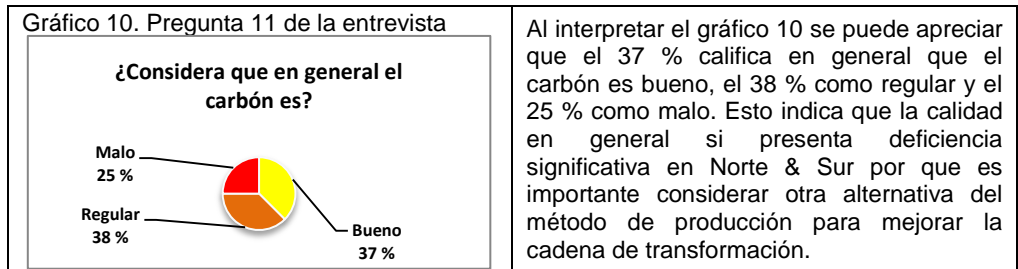
Tabla II. **Análisis de gráficos obtenidos de la entrevista formato 2**

| Resultados | Análisis | | | | | | | | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|------------|-------|------|---------|------|-------|------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>Gráfico 1. Pregunta 2 de la entrevista</p> <p>¿El aspecto del carbón es?</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Categoría</th> <th>Porcentaje</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Buena</td> <td>13 %</td> </tr> <tr> <td>Regular</td> <td>60 %</td> </tr> <tr> <td>Mala</td> <td>27 %</td> </tr> </tbody> </table> | Categoría | Porcentaje | Buena | 13 % | Regular | 60 % | Mala | 27 % | <p>Al interpretar el gráfico 1 se puede apreciar que solo el 13 % califica el aspecto del carbón como bueno, el 60 % como regular y el 27 % como malo. Esto indica que el carbón sí requiere ser mejorado debido a que no se tiene conformidad con su calidad.</p> |
| Categoría | Porcentaje | | | | | | | | |
| Buena | 13 % | | | | | | | | |
| Regular | 60 % | | | | | | | | |
| Mala | 27 % | | | | | | | | |
| <p>Gráfico 2. Pregunta 3 de la entrevista</p> <p>¿El tamaño del carbón es?</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Categoría</th> <th>Porcentaje</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Buena</td> <td>68 %</td> </tr> <tr> <td>Regular</td> <td>23 %</td> </tr> <tr> <td>Mala</td> <td>9 %</td> </tr> </tbody> </table> | Categoría | Porcentaje | Buena | 68 % | Regular | 23 % | Mala | 9 % | <p>Al interpretar el gráfico 3 se puede apreciar que el 68 % califica el tamaño del carbón como bueno, el 23 % como regular y el 9 % como malo. Esto indica que el tamaño no es una deficiencia significativa de la calidad en Norte & Sur.</p> |
| Categoría | Porcentaje | | | | | | | | |
| Buena | 68 % | | | | | | | | |
| Regular | 23 % | | | | | | | | |
| Mala | 9 % | | | | | | | | |
| <p>Gráfico 3. Pregunta 4 de la entrevista</p> <p>¿El peso del carbón es?</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Categoría</th> <th>Porcentaje</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Buena</td> <td>79 %</td> </tr> <tr> <td>Regular</td> <td>18 %</td> </tr> <tr> <td>Mala</td> <td>3 %</td> </tr> </tbody> </table> | Categoría | Porcentaje | Buena | 79 % | Regular | 18 % | Mala | 3 % | <p>Al interpretar el gráfico 4 se puede apreciar que el 79 % califica el peso del carbón como bueno, el 18 % como regular y solo el 3 % como malo. Esto indica que el peso no es una deficiencia significativa de la calidad en Norte & Sur.</p> |
| Categoría | Porcentaje | | | | | | | | |
| Buena | 79 % | | | | | | | | |
| Regular | 18 % | | | | | | | | |
| Mala | 3 % | | | | | | | | |
| <p>Gráfico 4. Pregunta 5 de la entrevista</p> <p>¿La dureza del carbón es?</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Categoría</th> <th>Porcentaje</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Alta</td> <td>75 %</td> </tr> <tr> <td>Baja</td> <td>13 %</td> </tr> <tr> <td>Media</td> <td>12 %</td> </tr> </tbody> </table> | Categoría | Porcentaje | Alta | 75 % | Baja | 13 % | Media | 12 % | <p>Al interpretar el gráfico 5 se puede apreciar que el 75 % califica la dureza del carbón como alta, el 12 % como media y el 13 % como baja. Esto indica que la dureza no es una deficiencia significativa de la calidad en Norte & Sur.</p> |
| Categoría | Porcentaje | | | | | | | | |
| Alta | 75 % | | | | | | | | |
| Baja | 13 % | | | | | | | | |
| Media | 12 % | | | | | | | | |

Continuación de la tabla II.

| | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>Gráfico 5. Pregunta 6 de la entrevista</p> <p>¿La humedad del carbón es?</p> <p>Baja 38 % Alta 17 % Media 45 %</p> | <p>Al interpretar el gráfico 6 se puede apreciar que el 17 % califica la humedad del carbón como alta, el 45 % como media y el 38 % como baja. Esto indica que la humedad si es una deficiencia significativa de la calidad en Norte & Sur.</p> |
| <p>Gráfico 6. Pregunta 7 de la entrevista</p> <p>¿El carbón a veces sale quemado?</p> <p>No 30 % Sí 70 %</p> | <p>Al interpretar el gráfico 7 se puede apreciar que el 70 % califica que el carbón a veces si sale quemado y solo el 30 % que no. Esto indica que el carbón quemado sí es una deficiencia significativa de la calidad en Norte & Sur.</p> |
| <p>Gráfico 7. Pregunta 8 de la entrevista</p> <p>¿La porosidad del carbón es?</p> <p>Baja 73 % Alta 7 % Media 20 %</p> | <p>Al interpretar el gráfico 8 se puede apreciar que el 7 % califica la porosidad del carbón como alta, el 20 % como media y el 73 % como baja. Esto indica que la porosidad no es una deficiencia significativa de la calidad en Norte & Sur.</p> |
| <p>Gráfico 8. Pregunta 9 de la entrevista</p> <p>¿La capacidad de encendido fácil es?</p> <p>Mala 5 % Regular 10 % Buena 85 %</p> | <p>Al interpretar el gráfico 8 se puede apreciar que el 85 % califica la capacidad de encendido fácil del carbón como alta, el 10 % como regular y el 5 % como baja. Esto indica que el carbón no presenta problemas para encender y no es una deficiencia significativa de la calidad en Norte & Sur.</p> |
| <p>Gráfico 9. Pregunta 10 de la entrevista</p> <p>¿La capacidad de encendido fácil es?</p> <p>Mala 3 % [NOMBR E DE CATEGOR ÍA]... 5 % Buena 92 %</p> | <p>Al interpretar el gráfico 9 se puede apreciar que el 92 % califica la durabilidad de la brasa del carbón como alta, el 5 % como media y el 3 % como baja. Esto indica que la durabilidad de la brasa no es una deficiencia significativa de la calidad en Norte & Sur.</p> |

Continuación de la tabla II.



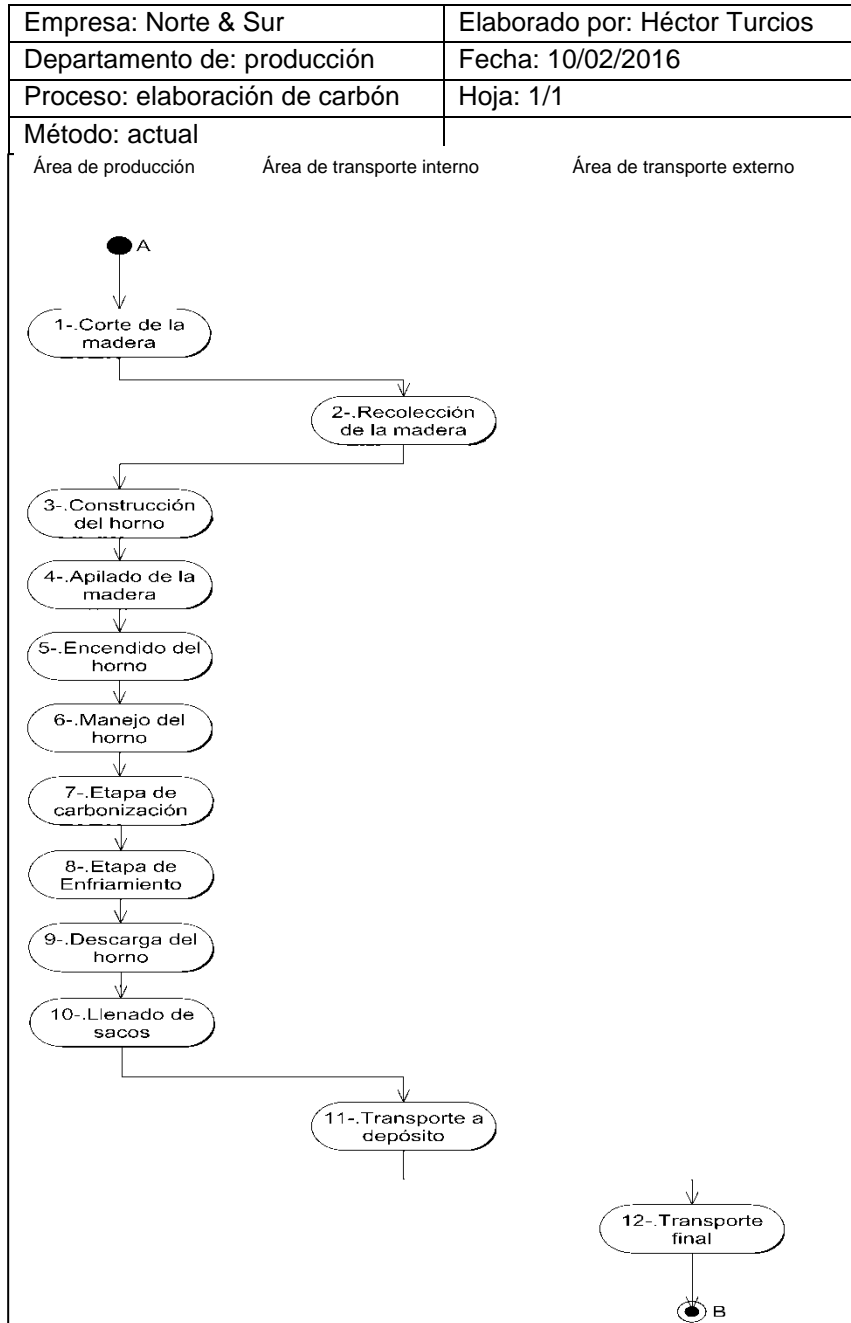
Fuente: elaboración propia.

La investigación realizada en el proceso de producción del carbón de Norte & Sur por medio de las entrevistas fue fundamental para lograr el cumplimiento del objetivo específico 2 de esta investigación. Se determinó la calidad del carbón por medio de una evaluación cualitativa física que dio el siguiente resultado de calidad: regular con un 38 % de respuesta. De igual forma, las entrevistas indicaron que hay problemas productivos los cuales actualmente enfrenta Norte & Sur.

2.2. Proceso de producción de carbón

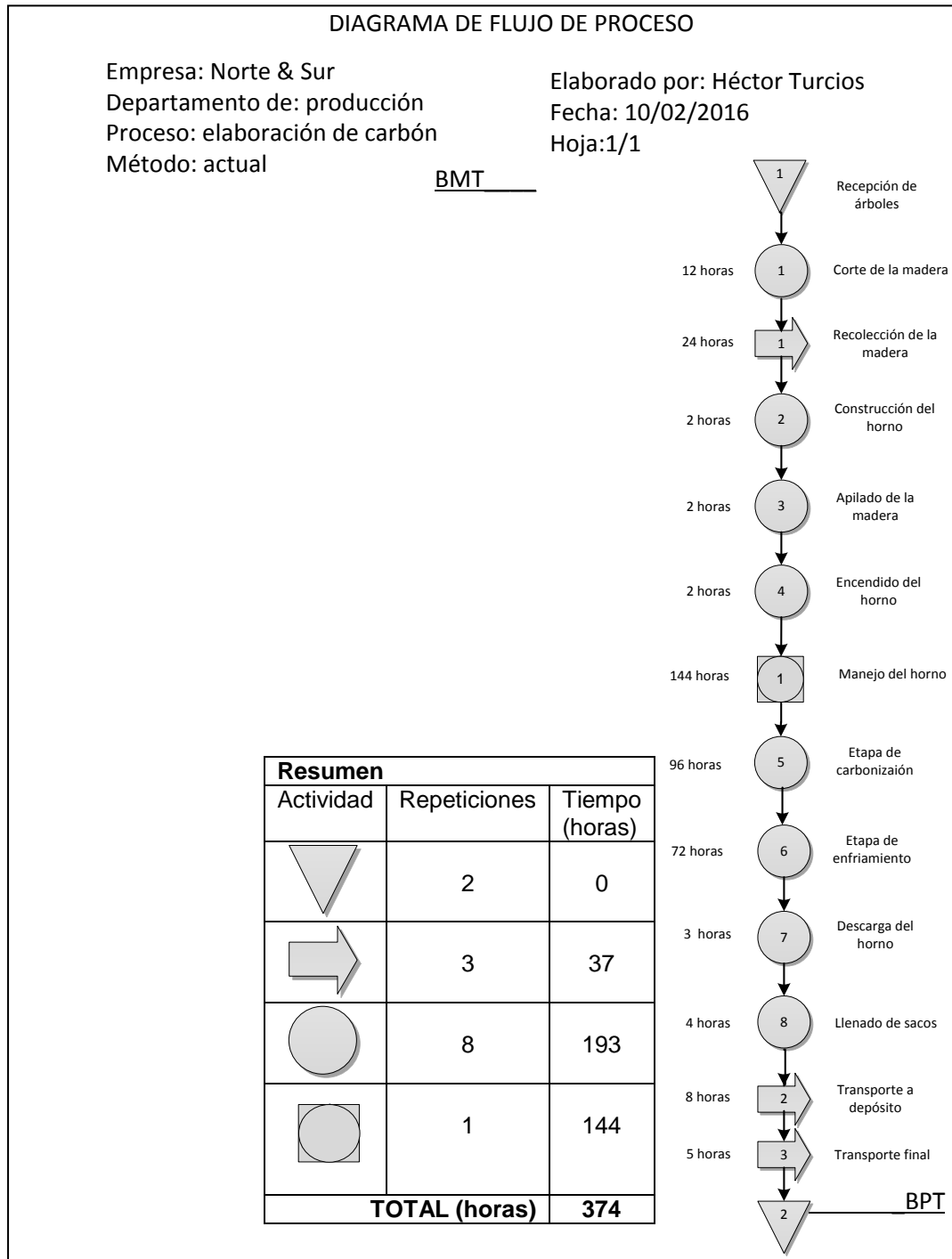
El proceso incluye actividades de producción y postproducción: elaboración del carbón y su comercialización. La investigación realizada por la encuesta cualitativa estructurada del formato 1 se enfoca principalmente en tres áreas de estudio: producción, transporte interno y transporte externo con la siguiente información.

Figura 5. Diagrama de actividades: producción de carbón



Fuente: elaboración propia.

Figura 6. Diagrama de operaciones: elaboración de carbón



Fuente: elaboración propia.

Las tres áreas son importantes, pero el área de producción tiene la mayor cantidad de actividades de todo el proceso por lo que aumenta las posibilidades de deficiencias. Se describen a continuación las actividades de cada etapa.

2.2.1. Corte de madera

El corte de la leña es la primera actividad. Consiste en apear los árboles, despuntarlos y clasificarlos según dimensiones. Se rechazan ramas menores a 2.5 cm de diámetro y sus hojas.

Figura 7. **Corte de madera**



Fuente: área de producción, Norte & Sur.

La leña es la materia prima obtenida directamente en el bosque. Se aprovecha con permisos: licencias forestales e inspecciones legales emitidas por INAB.

En el corte se deben seguir las indicaciones según el plan de manejo aprobado e intervenir el bosque de forma responsable.

Para control de campo se debe realizar un marcado de los árboles adecuados al aprovechamiento según las siguientes especificaciones respecto a longitud y diámetro.

Tabla III. **Especificaciones del corte de la madera**

| Núm. | Actividad | Método o herramienta | Parámetro | Tiempo aproximado | Observaciones |
|------|--------------------|----------------------|----------------------------------------------------|-------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | Corte de la madera | Motosierra | Longitud 1-1,50 m Diámetro ≤2,5 cm de | 12 horas | Al analizar el corte de la madera se llega a la conclusión de que la actividad es mala al carecer de control de campo porque las personas no siguen correctamente las indicaciones de cuales árboles se deben apearse y no hay supervisión su cumplimiento. |

Fuente: elaboración propia.

2.2.2. **Recolección de la madera**

Consiste en recolectar y transportar la madera en el bosque posterior a la actividad de corte.

La madera se encuentra a una distancia no mayor de 15 metros, debido a que al transportarla de una mayor distancia representa mayor trabajo y, por ende, mayor costo lo cual deja de ser rentable para el proceso de producción de carbón. La especificación respecto a distancia se presenta a continuación.

Tabla IV. **Especificaciones de la recolección de la madera**

| Núm | Actividad | Método o herramienta | Parámetro | Tiempo aproximado | Observaciones |
|-----|--------------------------|----------------------|-----------------------|-------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 2 | Recolección de la madera | Recurso humano | Distancia ≤ 15 m | 24 horas | Al analizar la recolección de la madera se llega a la conclusión de que la actividad es mala al no contar con supervisión de cumplimiento. |

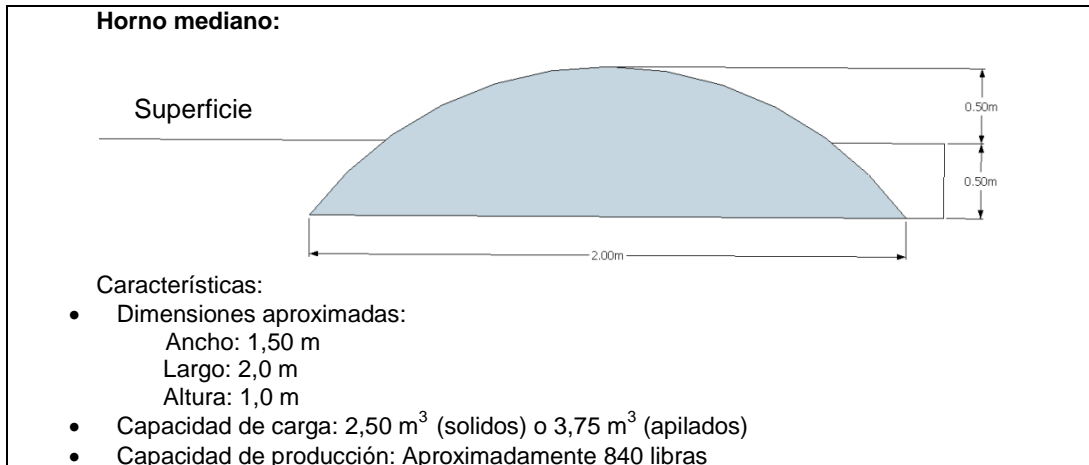
Fuente: elaboración propia.

2.2.3. Construcción de hornos

Los hornos de tierra se construyen haciendo una zanja en el suelo; sus dimensiones: ancho y largo, no son estándar por los diversos tamaños de hornos que demanda el trabajo de producción de carbón en medio del bosque. Sin embargo, la altura sí es importante para los productores; por lo tanto, según su experiencia se recomienda un metro de altura: 0,5 metros de profundidad de la zanja y 0,5 metros sobre la superficie que se forma por la leña apilada.

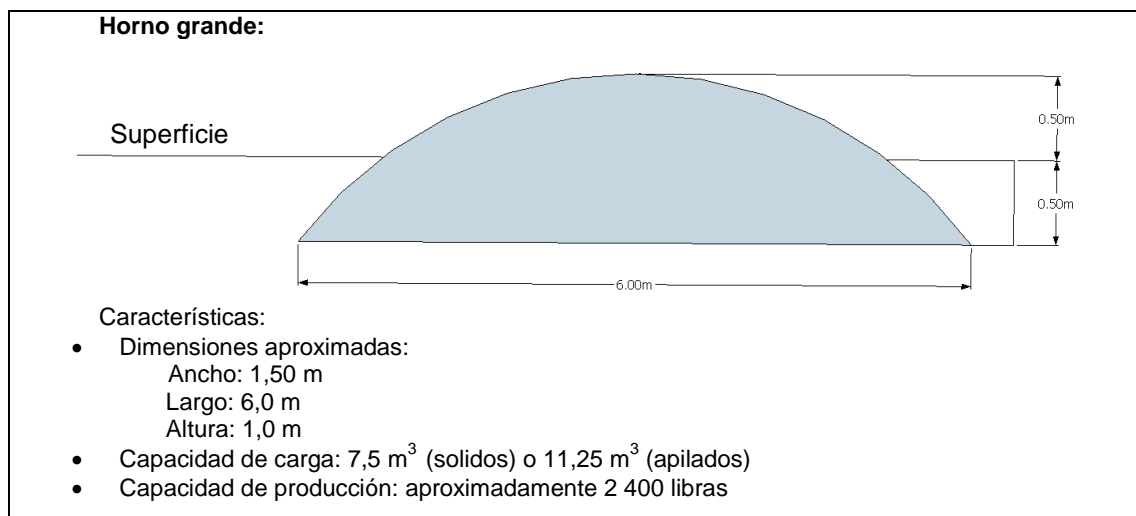
El tamaño del horno depende de la cantidad de madera que se desea carbonizar.

Figura 8. Horno de tierra mediano



Fuente: elaboración propia.

Figura 9. Horno de tierra grande



Fuente: elaboración propia.

Los hornos de tierra, debido a que se construyen dentro del bosque, están afectados directamente por las condiciones del terreno: pendiente y tipo de suelo. Es importante tomar en cuenta la pendiente del terreno debido a que un terreno demasiado inclinado dificulta la construcción. En ocasiones es necesario colocar refuerzos, o cercas, que ayudan a sostener la tierra que cubrirá la madera.

Figura 10. **Horno de tierra en pendiente**



Fuente: área de producción, Norte & Sur.

Dentro de ésta actividad, sumado a lo mencionado anteriormente, también existen otros factores que influyen directamente con el trabajo de construcción y tamaño de los hornos: el grosor de la madera y la cantidad de madera con la que se dispone a una distancia no mayor a 15 metros. A continuación se presentan especificación respecto a la profundidad.

Tabla V. **Especificaciones de la construcción de hornos**





| Núm. | Actividad | Método o herramienta | Parámetro | Tiempo aproximado | Observaciones |
|------|------------------------|---------------------------------|--------------------|-------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 3 | Construcción de hornos | Artesanal (zanjas en la tierra) | Profundidad 0,50 m | 2 horas | Al analizar esta actividad de construcción de hornos se llega a la conclusión de que este método es malo y deficiente para el proceso de producción de carbón ya que presenta muchos factores limitantes como pendientes en el terreno, el tipo de suelo y la cantidad de madera con la que se cuenta lo cual afecta directamente la productividad y la calidad del carbón. |

Fuente: elaboración propia.

2.2.4. Apilado de la madera

Hay muchas formas de apilar la madera en los hornos de tierra, pero hay que tomar en cuenta que si no es la adecuada afectará el rendimiento del carbón.

Tabla VI. Pasos del apilado de la madera

| Paso Núm. | Descripción | Ilustración |
|-----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | <p>Se debe colocar madera delgada en forma de tarima para evitar que la madera que se desea carbonizar quede directamente en contacto con el suelo (ver fotografía 1). Si no se presta a atención a lo mencionado se genera carbón con restos de madera, comúnmente llamados tizones. (Ver fotografía 2).</p> <p>Los trabajadores según su experiencia aseguran que entre más grande es un horno de tierra se logra aprovechar mejor el trabajo que requiere su construcción; además, un horno puede ser utilizado varias veces y entre más se utiliza la tierra se quema y se presta de manera favorable al proceso. En ocasiones, la primera vez que se utiliza el horno presenta variantes en el rendimiento al dejar la madera gruesa en forma de tizones y también se ve afectada la calidad por producir carbón quemado el cual tiende a ser poroso y muy fácil de quebrarse.</p> | <p>Fotografía 1. Tarima de apilado de madera</p>  <p>Fotografía 2. Tizones de madera</p>  |
| 2 | <p>Se coloca sobre la tarima la madera gruesa y se cubren los espacios restantes con madera delgada para evitar entradas de oxígeno y para optimizar el espacio en el horno.</p> | <p>Fotografía 3. Apilado correcto de madera</p>  |
| 3 | <p>Se cubre la parte superior de la leña apilada con hojas y ramas de los árboles aprovechados que sirve para evitar que se filtre la tierra.</p> | |
| 4 | <p>Se coloca tierra sobre las hojas y ramas de los árboles aprovechados para sellar el horno dejando libre los extremos.</p> | <p>Fotografía 4. Sellado del horno</p>  |

Fuente: elaboración propia.

A continuación, se presenta la especificación respecto a la altura de apilado de madera.

Tabla VII. **Especificaciones del apilado de la madera**

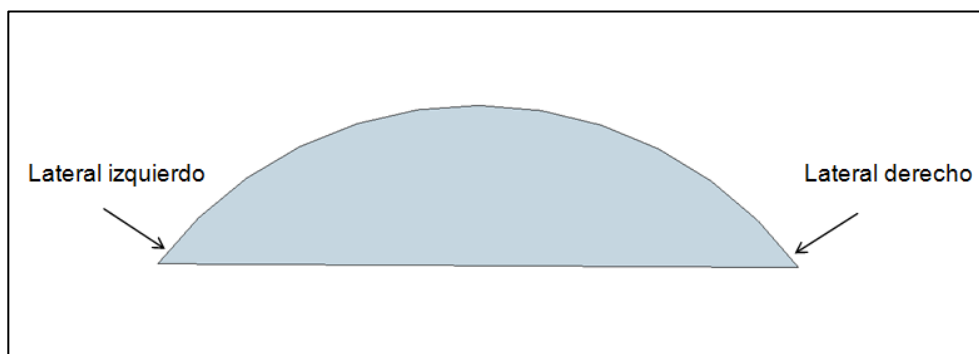
| Núm. | Actividad | Método O herramienta | Parámetro | Tiempo aproximado | Observaciones |
|------|----------------------|----------------------|------------------------------|-------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4 | Apilado de la madera | Recurso humano | Altura ≤ 5 cm del suelo | 2 horas | Al analizar el apilado de la madera se llega a la conclusión de que esta actividad en el proceso de producción es mala ya que tiene altas probabilidades de afectar la productividad al no ser constante la carbonización en los hornos o el tamaño estándar de la madera a procesar. |

Fuente: elaboración propia.

2.2.5. Encendido del horno

El encendido se hace utilizando rajas de ochote y algún tipo de iniciador de fuego. El fuego debe colocarse en una de las partes laterales del horno. Se debe esperar hasta lograr prender la madera y observar que el fuego tiene la suficiente fuerza para que el proceso de carbonización inicie.

Figura 11. **Encendido del horno**



Fuente: elaboración propia.

Ahora se describe, la especificación respecto a la distancia al encendido del horno.

Tabla VIII. **Especificaciones del encendido del horno**

| Núm. | Actividad | Método o herramienta | Parámetro | Tiempo aproximado | Observaciones |
|------|---------------------|-----------------------------------|-------------------------------------|-------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 5 | Encendido del horno | Ocote Iniciador de fuego | Distancia ≤30cm en un extremo | 2 horas | Al analizar el encendido del horno se llega a la conclusión de que esta actividad es mala para el proceso ya que no se puede controlar el tiempo de encendido porque depende directamente del clima y en ocasiones se apaga después de iniciar el proceso de carbonización. |

Fuente: elaboración propia.

2.2.6. Manejo del horno

Posterior al encendido del horno, corresponde la actividad de manejo del horno la cual consiste en cuidar y supervisar el comportamiento del proceso de carbonización para prevenir combustión y malos resultados que afecten directamente la calidad del carbón. Un adecuado manejo del horno es lo fundamental para lograr el cumplimiento de la producción de carbón según lo planificado en tiempo y lo programado en rendimiento. La especificación respecto a la frecuencia de supervisión se muestra en la tabla IX.

Tabla IX. **Especificaciones del manejo del horno**


| Núm. | Actividad | Método o herramienta | Parámetro | Tiempo aproximado | Observaciones |
|------|------------------|----------------------|--------------------------------------------|-------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 6 | Manejo del horno | Recurso humano | Frecuencia de supervisiones ≤ 2 horas | 6 días | Al analizar el manejo del horno se llega a la conclusión de que el método de producción es malo al ser muy dependiente del recurso humano lo que significa que pone en riesgo los resultados. |

Fuente: elaboración propia.




2.2.6.1. **Etapa de carbonización**

Consiste en un proceso anaeróbico que logra la conversión de la madera en carbón de forma lenta. El tiempo depende del tamaño del horno y de la cantidad de madera, pero generalmente tarda aproximadamente entre 5 a 12 días.

Tabla X. **Pasos de la etapa de carbonización**

| Paso Núm. | Descripción | Ilustración |
|-----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | Es importante saber cuándo es el momento en el que inicia el proceso de carbonización para controlar las entradas de oxígeno. Cuando la cantidad de humo emitida sea intensa y de color gris o blanco se confirma el inicio del proceso. | Fotografía 1. Inicio del proceso  |

Continuación de la tabla X.

| | | |
|----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>2</p> | <p>Se requiere de la supervisión del horno por lo menos cada dos horas ya que factores como el viento o la lluvia aceleran el proceso de carbonización. El no supervisar constantemente los hornos de tierra incrementa las posibilidades de que se abra el horno y genere combustión y se pierda el rendimiento al quemar la madera.</p> | <p>Fotografía 2. Problema de combustión</p>  <p>Fotografía 3. Problema de combustión</p>  |
| <p>3</p> | <p>Para saber cuándo se ha logrado convertir la madera en carbón el humo emitido es de color azul. La madera que el fuego ha carbonizado se tiene que ir apagando el agregar más tierra y lograr asentarla sobre el carbón.</p> | <p>Fotografía 4. Carbonización</p>  |
| <p>4</p> | <p>Con el procedimiento anterior, cuando el fuego logre llegar al extremo opuesto de donde inició, el proceso de carbonización se dará por terminado.</p> | |
| <p>5</p> | <p>Para apagar el horno se debe tapar todos los respiraderos con tierra para que el fuego pierda fuerza y se ahogue.</p> | |

Fuente: elaboración propia.

A continuación, se presenta la especificación respecto a la frecuencia de supervisión.

Tabla XI. **Especificaciones de la etapa de carbonización**

| Núm. | Actividad | Método o herramienta | Parámetro | Tiempo aproximado | Observaciones |
|------|------------------------|------------------------------|------------------------------------------|-------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 7 | Etapa de carbonización | Artesanal (hornos de tierra) | Frecuencia de supervisiones ≤ 2 horas de | 3-4 días | Al analizar la etapa de carbonización se llega a la conclusión de que es mala para el proceso debido al método artesanal porque no se puede controlar el tiempo que dura la carbonización y si el trabajador no lo supervisa constantemente bajará el rendimiento y la calidad. |

Fuente: elaboración propia.

2.2.6.2. Etapa de enfriamiento

En la etapa de enfriamiento las variables de medida más importantes son la temperatura y el tiempo. Sin embargo, el método de producción de carbón empleado no permite controlar ninguna de las dos variables mencionadas anteriormente. El tiempo de enfriado en los hornos de tierra es de aproximadamente 2 o 3 días según las condiciones climáticas del lugar. Aun cuando se vea el horno apagado, existen muchas posibilidades de que pueda volverse a encender; por lo tanto, requiere ser supervisado en esta etapa.

Tabla XII. **Especificaciones de la etapa de enfriamiento**

| Núm. | Actividad | Método o herramienta | Parámetro | Tiempo aproximado | Observaciones |
|------|-----------------------|------------------------------|--------------------------------------------|-------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 8 | Etapa de enfriamiento | Artesanal (hornos de tierra) | Frecuencia de supervisiones ≤ 2 horas | 2-3 días | Al analizar la etapa de enfriamiento se llega a la conclusión de que es mala para el proceso debido al método artesanal porque no se puede controlar el tiempo que dura en enfriarse el horno el depender del clima. |

Fuente: elaboración propia.

2.2.7. Descara del horno

Con pala o azadón se escarba para abrir el horno y con las manos se recogen los trozos de carbón para ser colocados dentro de sacos. La especificación respecto a la cantidad de sacos se muestra en la tabla XIII.

Tabla XIII. **Especificaciones de la descarga del horno**

| Núm. | Actividad | Método o herramienta | Parámetro | Tiempo aproximado | Observaciones |
|------|--------------------|----------------------|---------------------------------|-------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 9 | Descarga del horno | Recurso humano | Cantidad 15-30 sacos afrecheros | 3 horas | Al analizar la descarga del horno se llega a la conclusión de que es buena considerando que el trabajador lo hará cuidadosamente sin maltratar el carbón. |

Fuente: elaboración propia.

2.2.8. Llenado de saco

Consiste en agregar el carbón dentro de los sacos. Se recomienda sacudirlos para asentar el producto. Para evitar que se salga el carbón se deben colocar los trozos más grandes en la parte superior del saco y luego amarrar entrecruzando la pita en los bordes.

Figura 12. **Aspecto de un saco de carbón**



Fuente: área de producción, Norte & Sur.

A continuación, se presentan las especificaciones respecto a la cantidad de libras de capacidad de cada saco.

Tabla XIV. **Especificaciones del llenado de sacos**

| Núm. | Actividad | Método o herramienta | Parámetro | Tiempo aproximado | Observaciones |
|------|------------------|----------------------|--------------------------|-------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 10 | Llenado de sacos | Recurso humano | Capacidad 115-130 libras | 4 horas | Al analizar el llenado de sacos se llega a la conclusión de que es buena considerando que el trabajador tendrá el cuidado de no agregar tierra, hojas o cualquier cosa ajena al carbón. |

Fuente: elaboración propia.

2.2.9. Transporte de depósito

Para el transporte se utilizan animales como caballos o mulas que tienen la capacidad de carga de dos sacos por cada viaje. Se debe tener mucho cuidado ya que el transporte es uno de los principales factores de posproducción que afecta la calidad del carbón. El depósito es temporal previo a la distribución y venta del producto.

Figura 13. Depósito temporal



Fuente: área de producción, Norte & Sur.

A continuación, se presentan las especificaciones de la capacidad de sacos transportados.

Tabla XV. **Especificaciones del transporte a depósito**

| Núm. | Actividad | Método o herramienta | Parámetro | Tiempo aproximado | Observaciones |
|------|-----------------------|--------------------------------|-------------------------|-------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 11 | Transporte a depósito | Animales como caballos o mulas | Capacidad 115-130 sacos | 8 horas | Al analizar el transporte a depósito de sacos para el depósito se llega a la conclusión de que es malo ya que casi siempre los trabajadores encargados son descuidados y quiebran demasiado el carbón. |

Fuente: elaboración propia.

2.2.10. Transporte final

El transporte final consiste en el desarrollo de tres actividades: la primera se realiza en el depósito temporal cargando y acondicionando el carbón dentro del medio de transporte; la segunda es transportarlo en ruta la cual fue asignada según la programación de venta y el canal de distribución: centros de acopios o depósitos forestales localizados dentro de la ciudad de Guatemala; la tercera es entregar el producto al cliente en el lugar de destino, realizando su descarga y embodegado.

Figura 14. **Transporte final**



Fuente: área de producción de Norte & Sur y Depósito Forestal de Guatemala.

A continuación, se presentan las especificaciones de la capacidad de transporte.

Tabla XVI. **Especificaciones del transporte final**

| Núm. | Actividad | Método o herramienta | parámetro | Tiempo aproximado | Observaciones |
|------|------------------|----------------------|------------------------|-------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 12 | Transporte final | Camión de 1 eje | Capacidad 60-100 sacos | 5 horas | Al analizar el transporte final se llega a la conclusión de que es malo debido a los reclamos que comúnmente hacen los clientes que el carbón llega quebrado y que los sacos llegan muy vacíos. Esto se debe a que el cargar y descargar los sacos en el camión expone la calidad y comúnmente no es supervisado. |

Fuente: elaboración propia.

Para determinar los principales factores responsables de las deficiencias productivas fue necesario centrar el estudio de diagnóstico principalmente en el método de producción.

2.2.11. Método de producción


Norte & Sur actualmente utiliza los hornos de tierra como método de producción de carbón. Por esa razón, se investigaron las ventajas y desventajas de dicho método y a su vez se describe de forma general aspectos de los cuales depende: recurso humano, proveedores, materia prima y producto.

2.2.11.1.1. Horno de tierra

Es un método artesanal empleado desde hace muchos años y que actualmente todavía es utilizado para la transformación del carbón debido a que

los resultados que presenta son aceptables con respecto a calidad, rendimiento y bajo costo de producción; pero hay muchas oportunidades de lograr mejoras como proceso productivo.

Tabla XVII. **Ventajas y desventajas del horno de tierra**

| Horno de tierra como sistema de producción de carbón | | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Ventajas | Desventajas | |
| <ul style="list-style-type: none"> • Inversión inicial mínima • No requiere de personal calificado • La madera no requiere transporte externo • Manejo de varios hornos al mismo tiempo | <ul style="list-style-type: none"> • Construcción de hornos a cada 15 m • Transportar el carbón del bosque hacia el depósito temporal • Trabajadores desordenados • Los trabajadores dejan quemar la madera • Carbón quemado • Carbón con tierra, piedras y hojas • Carbón mojado • Producto no homogéneo • Los trabajadores se marchan sin terminar sus actividades • Volumen de producción no constante | <p>Fotografía. Hornos de tierra</p>  |

Fuente: elaboración propia.

2.2.11.2. **Recurso humano**

En la producción con hornos de tierra no se requiere de personal calificado. El desempeño y cumplimiento de los objetivos en la producción dependerá de las destrezas que cada persona tenga, ya que es un trabajo que no implica conocimientos científicos sino prácticos.

El número de trabajadores es variable, pero en el caso de la empresa Norte & Sur dispone de 40 personas para producir la demanda mensual de aproximadamente 72 000 libras de carbón. Una de las variantes es que los trabajadores no son constantes y solo laboran por temporadas cortas.

Figura 15. **Recurso humano**



Fuente: área de producción, Norte & Sur.

2.2.11.3. Proveedores

Los proveedores de la madera que se utiliza para la transformación del carbón son personas dueñas de bosques quienes han sido sometidos a un plan de manejo bajo inspección y evaluación de INAB otorgando una licencia forestal que habilita el uso del recurso natural renovable de manera responsable y sostenible.

Figura 16. **Bosque de proveedor**



Fuente: área de producción, Norte & Sur.

2.2.11.4. Materia prima

La calidad del carbón depende principalmente de la calidad de madera de donde proceda. El cumplimiento del objetivo 1 de esta investigación consistía en dos partes de las cuales se obtuvo lo siguiente: en la primera parte se logró la caracterización de la materia prima según el inciso 2.2.1. y la tabla III; la segunda parte no fue posible su cumplimiento debido a que la empresa Norte & Sur procesa madera (*Quercus sp.*) sin importarle la especie a la que corresponda.

Norte & Sur utiliza (*Quercus sp.*) por pertenecer a las maderas duras poco trabajables pero excelentes para producir carbón vegetal.

Una característica importante en la madera requerida para los hornos de tierra es que no necesita ningún proceso de secado ya que la utilizan recién es cortada lo que significa que la madera es procesada verde.

Las dimensiones no son estándares y pueden variar según los productores del carbón.

2.2.11.5. Producto obtenido

El carbón que se obtiene con el método de hornos de tierra puede presentar mucha variabilidad en su calidad ya que depende de factores como clima, recurso humano y materia prima.

Figura 17. **Carbón producido en horno de tierra**



Fuente: área de producción, Norte & Sur.

2.3. Identificación del problema

Posterior a conocer el proceso de producción del carbón y las condiciones en las que se realizan las diferentes actividades para su transformación y la calidad del carbón, es posible identificar síntomas, manifestaciones, magnitud,

causas y efectos del problema; posteriormente se realiza el planteamiento en el cual se describe y delimita el problema.

2.3.1. Síntomas o manifestación del problema

Norte & Sur actualmente dispone de un método artesanal para lograr la producción del carbón principalmente porque la tierra presenta una ventaja importante: inversión mínima. Las exigencias de los clientes día con día son mayores y superan las expectativas de los resultados obtenidos en la producción.

Con este método artesanal Norte & Sur ha experimentado inconformidades, sugerencias y recomendaciones para mejorar las características del carbón: más limpio y libre de impurezas (tierra, piedras y hojas), no quemado, no pequeño, no mojado, producto homogéneo, volumen de producción constante debido a que muchas veces las entregas son fuera de tiempo. Debido a lo anterior Norte & Sur a perdido muchos clientes.

2.3.2. Magnitud del problema

El carbón es un producto que requiere de una transformación que debe controlarse en cada una de sus actividades y etapas y que sean realizadas de forma eficiente y eficaz.

El método actual no requiere de maquinaria ni de personal calificado que lo opere y el cumplimiento de los objetivos en la producción depende directamente de la experiencia del recurso humano.

El no lograr una coordinación y supervisión entre el personal de trabajo incrementa las posibilidades de no cumplir con la producción ni garantiza buenos resultados en el producto.

2.3.3. Posibles causas que generan el problema

A continuación, se denotan las posibles causas responsables del problema dentro de la producción del carbón que actualmente realiza la empresa Norte & Sur.

- Época de invierno
- Alto contenido de humedad hace que el carbón sea más pesado
- El no poder ingresar transporte al bosque
- Falta de planificación y programación de actividades
- Falta de monitoreo y supervisión constante del personal
- Transportar el carbón en sacos del bosque al cargadero
- Personal de trabajo irresponsable y desordenado
- Permitir el ingreso de grandes flujos de aire al horno
- Los trabajadores se marchan sin terminar sus actividades
- Acelerar la carbonización produce más combustión
- Falta de tecnificación
- Mal manejo de producto posproducción

2.3.4. Efectos que generan el problema

A continuación, se denotan efectos responsables del problema dentro de la producción del carbón que actualmente realiza la empresa Norte & Sur.

- Retraso en el flujo continuo del trabajo

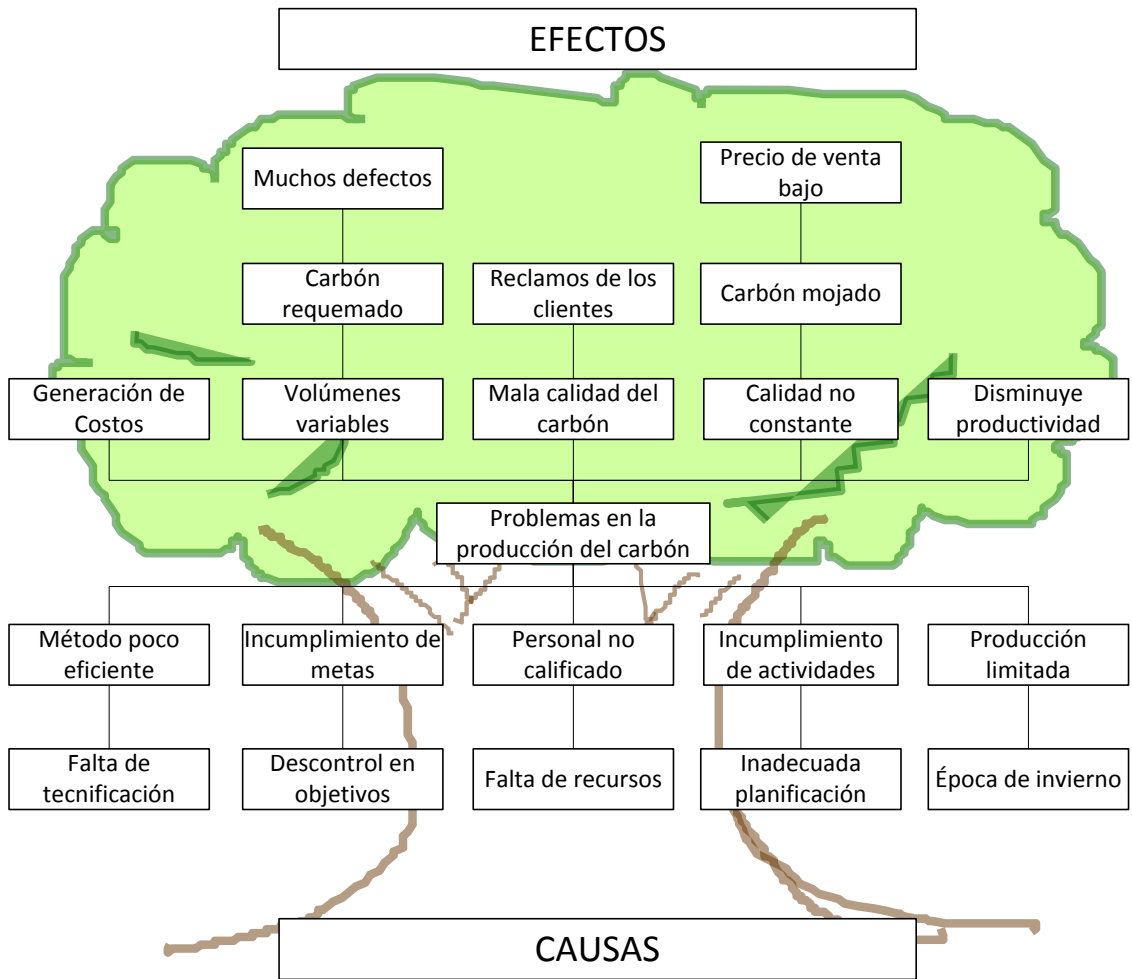
- Detención temporal de la producción
- Costos innecesarios en la producción
- Volúmenes de producción inconstantes
- Rendimiento no esperado
- Ineficiencia del personal de trabajo
- Desperdicio de madera
- Producto no estandarizado
- Incumplimiento de las metas
- Incumplimiento de los objetivos

2.3.5. Diagrama de árbol de problemas

Una herramienta de ingeniería de diagnóstico muy efectiva para la determinación de problemas de procesos productivos, por lo cual se utilizó con el fin solucionar los inconvenientes que enfrenta actualmente la producción de carbón.

Un diagrama de árbol de problemas permite ilustrar las causas, los efectos y el problema central que se identificó.

Figura 18. Diagrama de árbol de problemas



Fuente: elaboración propia.

2.3.6. Planteamiento del problema

Luego de identificar los síntomas, manifestaciones, magnitud, causas y efectos del problema se continúa con su descripción y delimitación.

2.3.6.1. Descripción del problema

La producción del carbón de Norte & Sur tiene varias deficiencias: desde carece de una planificación estratégica de operación, no controla las actividades y etapas del proceso, no monitorea y supervisa el cumplimiento de los objetivos y metas trazadas.

Las deficiencias son provocadas por varios motivos, pero el más importante es contar con un método de producción poco productivo que genera variabilidad e irresponsabilidad en el trabajo y malos resultados en el carbón.

Los resultados muestran que este método genera ciclos de producción y calidad del carbón no constante. Los resultados van a depender de la buena capacidad de producción que tenga el personal de trabajo y del clima lo que significa que en época de invierno se ve limitada y afectada directamente la producción y la calidad del carbón.

2.3.6.2. Delimitación del problema

Las malas experiencias y resultados que actualmente se están teniendo dentro de la producción del carbón en Norte & Sur ocasionan que se tenga que utilizar una mejor alternativa del método de producción y mejorar las condiciones de trabajo y los resultados de la calidad del carbón.

2.4. Propuesta del nuevo método de producción

Para lograr el mejoramiento del sistema de producción de Norte & Sur bajo la limitante de no disponer de mucho capital de inversión se toma la decisión de evaluar otro sistema de producción: la construcción de hornos a

base de ladrillo. Según la situación actual se optó por la implementación del paquete tecnológico manual de construcción y manejo de hornos de ladrillo para fabricar carbón.

La implementación consiste en la construcción de un horno a escala piloto por medio del cual se logre la evaluación de desempeño: capacidad de producción, rendimiento y calidad del carbón obtenido.


La propuesta está enfocada al mejoramiento de la producción y a tecnificar áreas de trabajo e implementar un buen manejo posproducción. Posterior a ejecutar la propuesta del nuevo método de producción se estudiarán variantes y factores que determinarán y cuantificarán el tamaño y diseño de la planta de producción.

2.4.1. Horno de ladrillo rabo quente modificado

Este tipo de hornos es ideal para la producción de carbón debido a que logra la carbonización por medio de una combustión interna producida por la quema de una mínima parte de la madera.

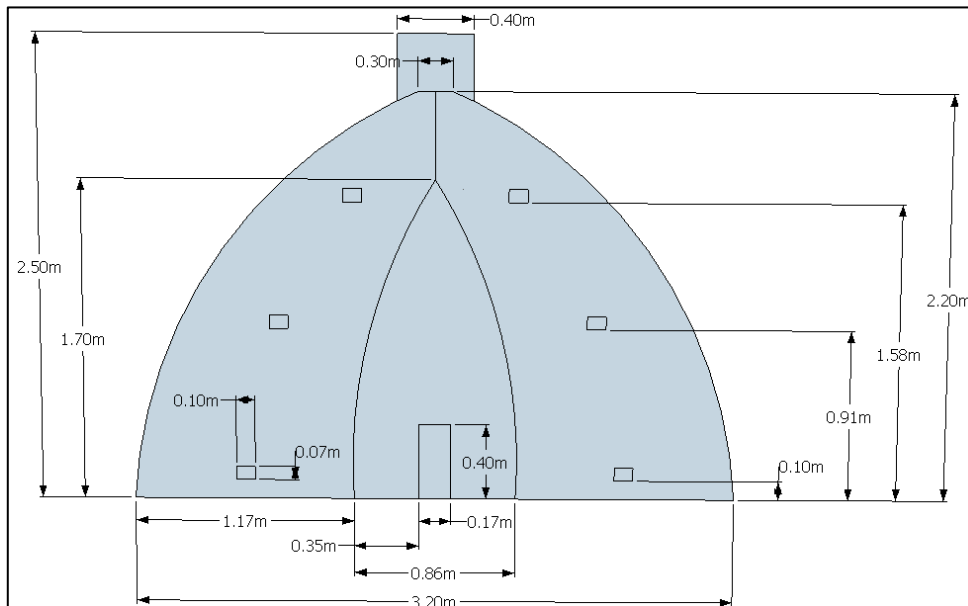
Lo más importante de los hornos de ladrillo tipo rabo quente modificado es que permiten el control de entradas de flujos de aire aislando el proceso de oxígeno, cuenta con una chimenea que hace más eficiente la carbonización y hace el proceso de quema más eficiente al aumentar significativamente la calidad y el rendimiento de conversión de madera a carbón.

Tabla XVIII. **Ventajas del horno de ladrillo**

| Horno de ladrillo como sistema de producción de carbón | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|
| Ventajas | Fotografía No.1 Horno de ladrillo |
| <ul style="list-style-type: none"> • Mejora condiciones de salud y trabajo de carboneros. • Ocupa menos mano de obra. • Reduce costos de producción. • Mejora la calidad del carbón. • Reduce los GEI (gases de efecto invernadero). |  |

Fuente: CONAFOR. p. Paquete tecnológico. *Manual de construcción y manejo de hornos de ladrillo para fabricar carbón.* 11

Figura 19. **Dimensiones del horno de ladrillo**



Fuente: CONAFOR. Paquete tecnológico. *Manual de construcción y manejo de hornos de ladrillo para fabricar carbón.* p. 12.

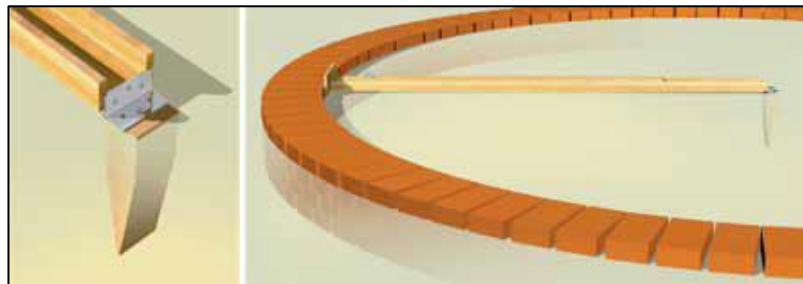
2.4.1.1. Construcción del horno tipo rabo quente modificado

Ejecutar la construcción del horno implica varias actividades las cuales son realizadas cuidadosamente. A continuación, se describen.

- Marcado de la base del horno

Una vez elegido el lugar donde será construido el horno, se procede a marcar el centro clavando la estaca de madera casi en su totalidad. En esta estaca se clava la bisagra de la regla plantilla, dejándola un poco floja para que pueda girar.

Figura 20. Forma de fijar la regla en el centro del horno

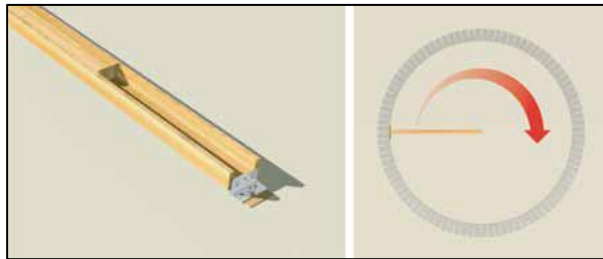


Fuente: CONAFOR. Paquete tecnológico. *Manual de construcción y manejo de hornos de ladrillo para fabricar carbón*. p. 15.

“Con el flexómetro se marca una distancia de 1,55 metros desde el centro y se ajusta la regla a esta distancia. Se mueva la regla marcando un círculo completo en el terreno, el cual al terminarlo tendrá un diámetro de 3,10 metros (diámetro interior del horno), posteriormente se nivela el terreno del interior del círculo”⁶.

⁶ CONAFOR. Paquete tecnológico. *Manual de construcción y manejo de hornos de ladrillo para fabricar carbón*. p.15.

Figura 21. **Marcado del diámetro del horno**

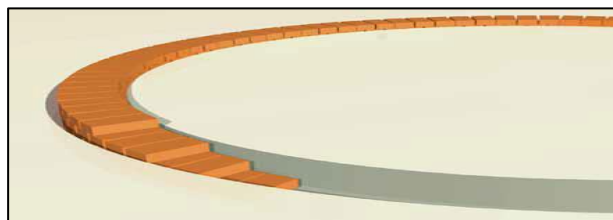


Fuente: CONAFOR. Paquete tecnológico. *Manual de construcción y manejo de hornos de ladrillo para fabricar carbón*. p. 17.

- El cimiento

“Para asentar el cimiento, se hace una zanja de 35 centímetros de ancho a partir del círculo previamente marcado, con una profundidad suficiente para poner tres hileras de ladrillos muy bien niveladas con la manguera de nivel. Esto evitará que el agua entre al horno por la parte baja”⁷. Se ponen cuatro hileras de ladrillo asentadas sobre mezcla y bien niveladas (figura 22), de las cuales la última sobresaldrá de la superficie.

Figura 22. **Cimiento del horno**



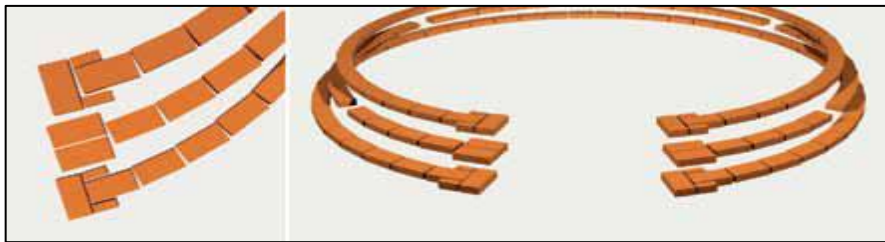
Fuente: CONAFOR. *Paquete tecnológico. Manual de construcción y manejo de hornos de ladrillo para fabricar carbón*. p. 18.

⁷ CONAFOR. *Paquete tecnológico. Manual de construcción y manejo de hornos de ladrillo para fabricar carbón*. p. 17.

- La puerta

Para marcar la puerta hay que ubicar primero el lado donde hay menos viento para reducir la posibilidad de incendio cuando se abra el horno. Esta deberá tener una distancia máxima en su base de 80 centímetros. Como la puerta es una de las partes más frágiles de la construcción, es necesario poner mucha atención y detalle en el amarrado de los ladrillos que formarán el borde de la puerta. Los lados de la puerta se construyen con ladrillos “amarrados” de acuerdo a la figura 23.

Figura 23. **Forma correcta de colocar y amarrar los ladrillos**



Fuente: CONAFOR. *Paquete tecnológico. Manual de construcción y manejo de hornos de ladrillo para fabricar carbón*. p. 19.

Hay que colocar unos puntales o maderos en el borde de la puerta al llegar a un metro de altura para que no se caiga. Cuando los bordes de la puerta se junten, se tienen que colocar dos ladrillos completos para darle mayor resistencia.

- La pared

A partir de la base, la pared del horno será construida con los ladrillos a lo largo e intercalados en cada hilera, (Figura 24).

Figura 24. **Forma de colocar los ladrillos**



Fuente: CONAFOR. *Paquete tecnológico. Manual de construcción y manejo de hornos de ladrillo para fabricar carbón.* p. 21.

“Para las hileras de ladrillo que formarán las paredes del horno, se utiliza la regla plantilla comoguía, colocando el lado del ladrillo apoyado sobre la tabla guía lado con lado. Para el curvado de las paredes, se debe alargar la regla plantilla según lo marcado en la tabla correspondiente al número de la hilera”⁸ (tabla XVII).

⁸ CONAFOR. *Paquete tecnológico. Manual de construcción y manejo de hornos de ladrillo para fabricar carbón.* p. 21.

Tabla XIX. **Especificaciones del aumento de la regla plantilla para dar curva al horno**

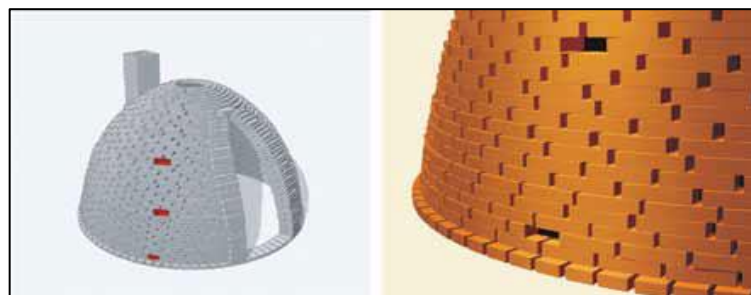
| Número de hiladas | Aumento de la regla |
|-------------------|-------------------------------------------------------------------|
| De la 1 a la 3 | Sin alargar, dejar 4 respiraderos en la 1 |
| De la 4 a la 7 | 0,5 centímetros a cada hilera |
| De la 8 a la 13 | 1,0 centímetros a cada hilera |
| De la 14 a la 19 | 1,5 centímetros a cada hilera, dejar 4 respiraderos en la 14 |
| De la 20 a la 34 | 2,0 centímetros a cada hilera, dejar 4 respiraderos en la 27 o 28 |
| De la 35 a la 40 | 1,5 centímetros a cada hilera |
| De la 41 a la 45 | 0,5 centímetros a cada hilera |

Fuente: CONAFOR. *Paquete tecnológico. Manual de construcción y manejo de hornos de ladrillo para fabricar carbón.* p. 23.

- Los respiraderos

Se dejan unos agujeros a manera de respiraderos en la pared del horno para controlar la entrada de aire durante la quema. Estos respiraderos se hacen dejando un hueco de un ladrillo en la pared, de esta manera los ladrillos de la hilera de arriba sientan la mitad y la mitad perfectamente. Se dejan ocho respiraderos en la primera hilera de respiraderos de base, ocho en la hilera 14 de respiraderos medios y cuatro en la hilera 27 o 28 de respiraderos altos.

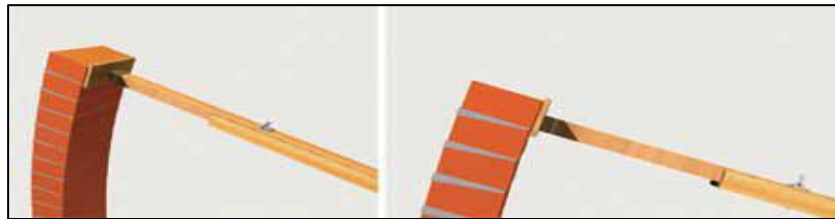
Figura 25. **Forma de colocar los ladrillos para dejar respiradores**



Fuente: CONAFOR. *Paquete tecnológico. Manual de construcción y manejo de hornos de ladrillo para fabricar carbón.* p. 25.

Todos los ladrillo de la pared conforme va aumentando el número de hileras, tienen que estar perfectamente alineados con la regla plantilla, esto asegura que calcen y se mantenga la curva necesaria para que el horno no se caiga. La mezcla deberá ser colocada más gruesa del lado externo del horno y muy poca o nula en la parte interna, sólo la suficiente para que los ladrillos queden “filo con filo”⁹.

Figura 26. **Posición de los ladrillos en la pared**



Fuente: CONAFOR. *Paquete tecnológico. Manual de construcción y manejo de hornos de ladrillo para fabricar carbón.* p. 27.

La mezcla que se va agregando a las hileras tiene que estar cada vez un poco más seca para evitar que con la consistencia pastosa se derrumben los ladrillos. Conforme las hileras de la pared van aumentando, el espacio superior es menor y se debe dejar un agujero en la parte alta de aproximadamente 30 centímetros, el que servirá para encenderlo por ahí.

- La chimenea

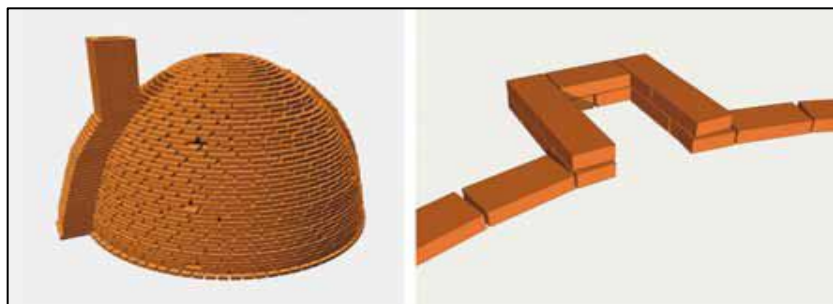
El horno rabo quente original no tiene chimenea. Existe una modificación realizada por M.C. Teresita del Niño Jesús Arias Chalico, de la Asociación Civil “Naturaleza y Desarrollo” de México, que propone una modificación con base en

⁹ CONAFOR. *Paquete tecnológico. Manual de construcción y manejo de hornos de ladrillo para fabricar carbón.* p. 27.

agregar una chimenea para hacer más eficiente el quemado en el horno rabo quente modificado. Si se construye la chimenea habrá que seguir las indicaciones propias en el capítulo correspondiente de CONAFOR. *Paquete tecnológico. Manual de construcción y manejo de hornos de ladrillo para fabricar carbón* y dejar sólo cuatro respiraderos en cada una de las hileras marcadas. En la primera hilera de ladrillos deje un hueco en la pared del lado opuesto a la puerta, este hueco tiene 17 centímetros de ancho y se inicia en la primera hilera, y termina en la sexta con un ladrillo atravesado en la séptima hilera¹⁰.

Se debe hacer una base de 40 x 70 centímetros en la parte exterior del horno, donde quedó el hueco de la pared, y levantar los tres lados de la chimenea, dejando siempre un hueco interior de 17 x 34 centímetros. La chimenea acompaña la curva del horno hasta 1,5 metros y después sigue en vertical hasta una altura de 2,5 metros.

Figura 27. **Chimenea del horno**



Fuente: CONAFOR. *Paquete tecnológico. Manual de construcción y manejo de hornos de ladrillo para fabricar carbón*. p. 32.

¹⁰ CONAFOR. *Paquete tecnológico. Manual de construcción y manejo de hornos de ladrillo para fabricar carbón*. p. 30.

2.4.1.2. Ejecución de construcción del horno tipo rabo quente modificado

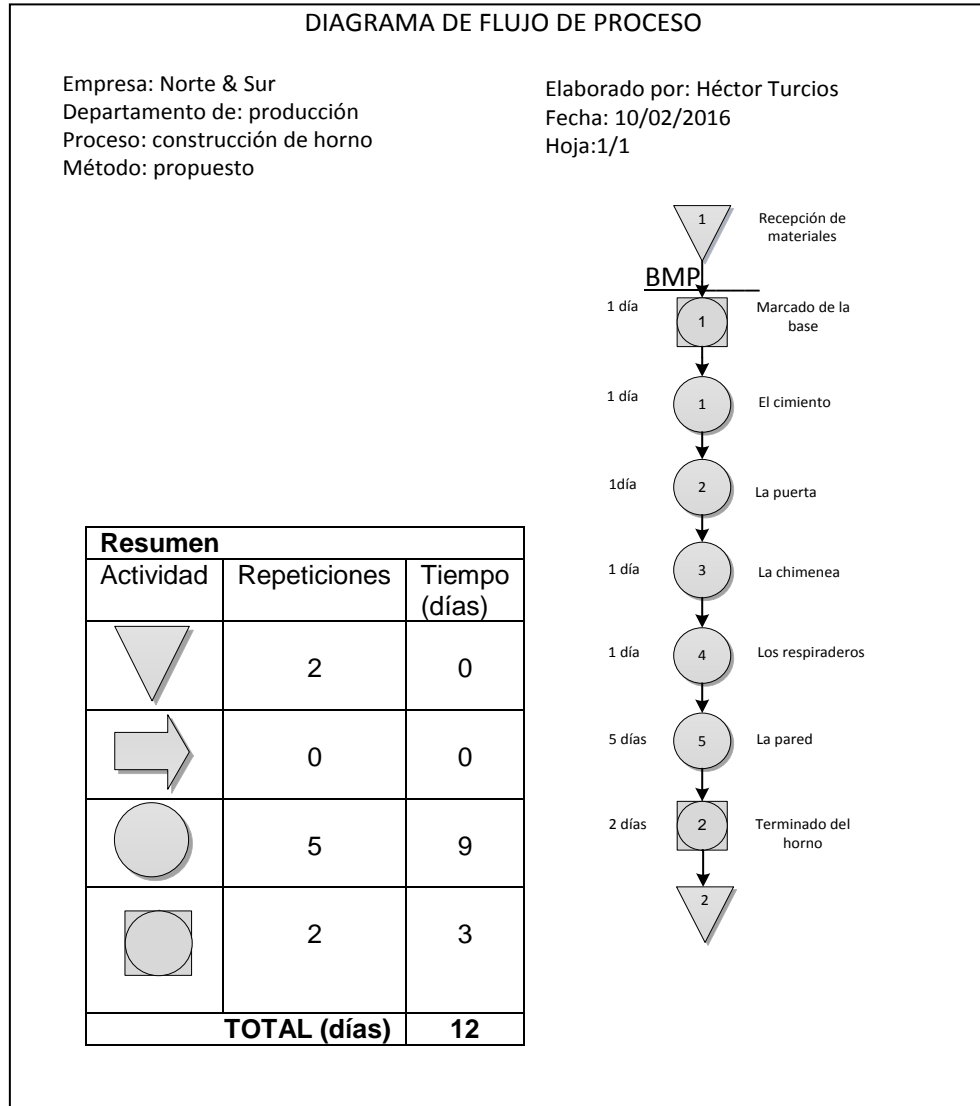
La ejecución parte de la compra de los materiales necesarios los cuales deben ser de buena calidad para garantizar la construcción.

Tabla XX. **Materiales**

| Materiales: | |
|--------------------|-------------------------------------------------------------------------|
| • | 2 500 ladrillos secos de 20x10x5 centímetros |
| • | 25 cubetas de 19 litros de tierra arcillosa |
| • | 50 cubetas de 19 litros de arena de río bien cernida |
| • | 600 litros de agua |
| • | ½ saco de cal |
| • | ½ saco de cemento |
| • | Una regla plantilla |
| • | Herramientas de albañilería |
| • | Una estaca de madera de entre 5 y 8 centímetros de grosor y 30 de largo |
| • | Un metro o flexómetro |
| • | Una manguera de nivel |

Fuente: CONAFOR. *Paquete tecnológico. Manual de construcción y manejo de hornos de ladrillo para fabricar carbón.* p. 33.

Figura 28. Diagrama de operaciones: construcción de horno



Fuente: elaboración propia.

A continuación, se ilustra el desarrollo de algunas actividades descritas anteriormente en el capítulo 2.2.1.1 de la construcción del horno de ladrillo rabo quente modificado.

Tabla XXI. **Ilustración de actividades de la construcción del horno de ladrillo rabo quente modificado**



Fuente: elaboración propia.

A continuación, se detallan los rubros y costo de la construcción del horno de ladrillo rabo quente modificado en el área de producción de Norte & Sur.

Tabla XXII. **Costo de construcción de horno de ladrillo**

| Costos de construcción | | |
|-------------------------------------|---------------------|----------------------|
| Material | Subtotal (Q) | Subtotal (\$) |
| Ladrillo | Q 4 000,00 | \$ 523,56 |
| Arena | Q 280,00 | \$ 36,65 |
| Tierra | Q 500,00 | \$ 65,45 |
| Cal | Q 220,00 | \$ 28,80 |
| Gastos | | |
| Transporte de materiales | Q 1 200,00 | \$ 157,07 |
| Gasolina | ----- | |
| Viáticos | ----- | |
| Mano de obra | | |
| Albañil | Q 3 800,00 | \$ 497,38 |
| Logística del proyecto | | |
| | Q 5 000,00 | \$ 654,45 |
| COSTO TOTAL | Q 15 000,00 | \$ 1 963,35 |
| Nota: Tipo de cambio de 1\$ a Q7,64 | | |

Fuente: elaboración propia.

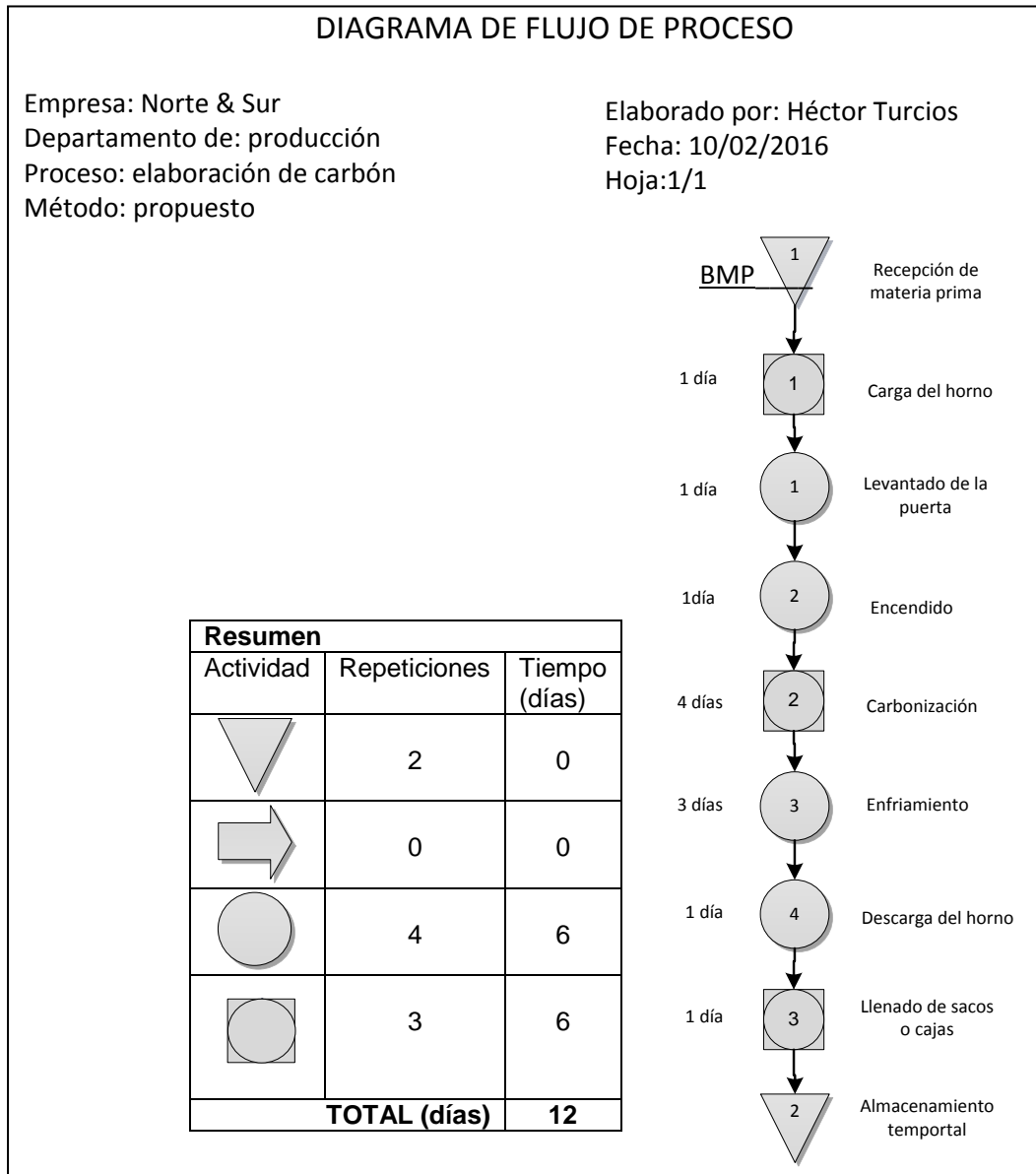
2.4.1.3. **Evaluación del desempeño productivo de horno tipo rabo quente modificado**

La evaluación consiste en una prueba de producción en el método construido especialmente para ver los resultados que puede ofrecer realmente como una solución adecuada a las necesidades que Norte & Sur requiere para su producción.

2.4.1.3.1. **Proceso de producción**

La producción requiere de varias actividades las cuales se desarrollaron según la logística de operación del horno tipo rabo quente modificado, a continuación, se enumeran.

Figura 29. Diagrama de operaciones: elaboración de carbón



Fuente: elaboración propia.

A continuación, se ilustra el desarrollo de las actividades realizadas en la producción de carbón en el horno de ladrillo rabo quente modificado.

Tabla XXIII. **Ilustración de actividades del proceso de producción de carbón con el horno de ladrillo rabo quente modificado**



Fuente: elaboración propia.

2.4.1.3.2. Resultados de producción

Después de haber desarrollado aproximadamente 18 quemas en el horno piloto para medir capacidad, rendimiento y calidad del producto final, se obtiene lo siguiente:

- Especie utilizada: *Quercus sp*

- Capacidad de carga: 5 metros cúbicos (sólidos)
- Capacidad de producción: (2 160 a 3 120) libras
- Tiempo de quema: 6 a 8 días
- Tiempo de enfriado: 3 a 5 días

En función a los resultados obtenidos de la prueba piloto, el carbón cuenta con aspectos cualitativos físicos aparentemente aceptables: tamaño más grande, más limpio y menor humedad disminuyendo su peso y aumentando así su calidad de fácil encendido. Como parte de la evaluación de mejoras se entregaron muestras a los compradores quienes han recomendado producir más de esta calidad. Ante la respuesta positiva, el horno de ladrillo rabo quente modificado ofrece a la empresa Norte & Sur; mayor capacidad productiva, mayor rendimiento, mejor calidad del carbón incremento de forma directa de la producción. Las mejoras se pueden hacer notar al comparar el proceso de producción del carbón actual descrito en el inciso 2.2. Con lo mencionado anteriormente se logra el cumplimiento del objetivo específico 3 y 4.

2.5. Planeación de la distribución de planta

Hay tres tipos de distribución de planta: de posición fija, por proceso y por producto. La distribución que se adapta al proceso productivo del carbón es la distribución de posición fija debido a que el recurso humano, materia prima e insumos y equipos de trabajo se llevarán hacia donde se localizará la planta de producción. Con la información recopilada del diagnóstico, la implementación del paquete tecnológico manual de construcción, manejo de hornos de ladrillo para fabricar carbón y la evaluación de desempeño productivo del horno tipo rabo quente modificado se conocieron los factores:

- Producto: se producirá únicamente carbón y se empacará en:

- Sacos de polipropileno con capacidad de 45 libras
- Bolsas kraft con capacidad de 3 y 5 libras
- Bolsas de polietileno con capacidad de 3 y 5 libras

- Materiales
 - Madera que debe tener como dimensiones (60-90) centímetros de longitud y un diámetro no mayor de 25 centímetros. La madera se debe secarse entre cinco y seis semanas.
 - Empaques: sacos de polipropileno, bolsas kraft y bolsas de polietileno.

- Ciclo de fabricación: dura entre (9 - 13) días en donde se deben realizar las siguientes actividades.
 - Registros
 - Recepción de madera
 - Carga de hornos
 - Carbonización
 - Descarga de horno
 - Clasificación
 - Empacado
 - Almacenamiento
 - Administración
 - Bodega de equipo y utensilios
 - Servicios sanitarios

- Maquinaria: al considerar que Norte & Sur actualmente cuenta con una demanda aproximada de 95 000 libras por mes, se debe contar con 12

hornos tipo rabo quente modificado que dispongan de capacidad de producción de (2 160 a 3 120) libras/horno para generar una producción aproximada de (77 760-112 320) libras/mes. Dicha producción requerirá de dos clasificadoras vibratorias, dos selladoras de costales, una selladora térmica, cuatro pesas digitales industriales y una grapadora industrial. Herramientas para el manejo de los hornos, carretas y palas.

- Operadores: para el área de producción se requiere cuatro personas capacitadas en el tema de manejo de hornos, un administrador con preparación profesional y para el área de manufactura, 3 personas capacitadas en el tema de BMP (buenas prácticas de manufactura).
- Movimientos de materiales y productos terminados: se utilizará un picop diésel con corretón instalado para el traslado interno de madera hacia los hornos y del carbón hacia el área de manufactura. El producto terminado se colocará dentro del área de manufactura en la sección de almacenamiento temporal sobre tarimas de madera.
- Servicios: se debe hacer limpieza diaria del área de manufactura, administración, bodega y del área de servicios sanitarios.

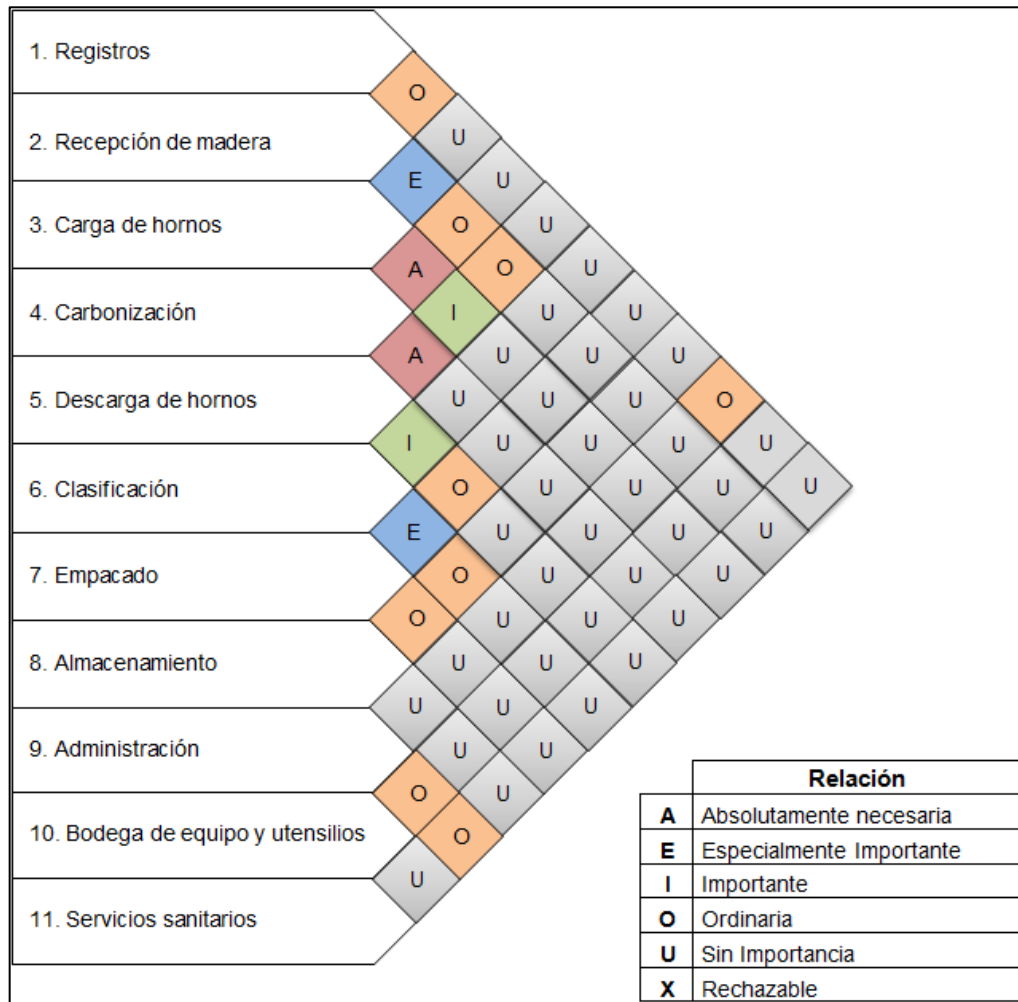
2.5.1. Estudio de distribución de planta

Como parte de la planeación se utilizaron dos herramientas de estudio para determinar el ordenamiento de las áreas de trabajo:

- Gráfica de relaciones de actividades
- Diagrama de relaciones de actividades

A continuación, el resultado obtenido en dichas herramientas.

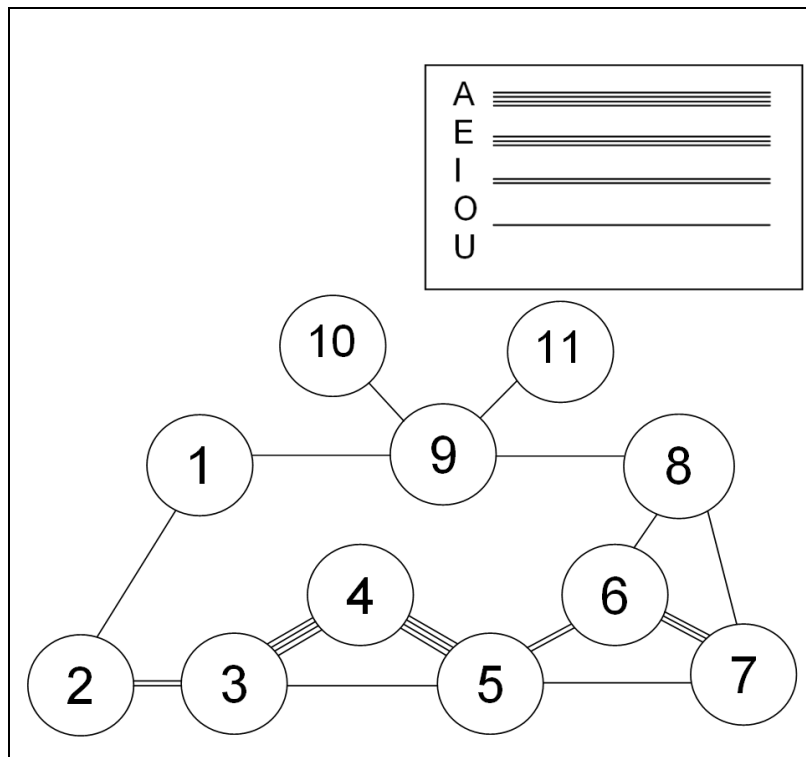
Figura 30. **Gráfica de relaciones**



Fuente: elaboración propia.

Esta gráfica muestra el grado de importancia de las actividades como sistema de producción y todas aquellas actividades que no están ligadas con un patrón de flujo importante.

Figura 31. Diagrama de relaciones



Fuente: elaboración propia.

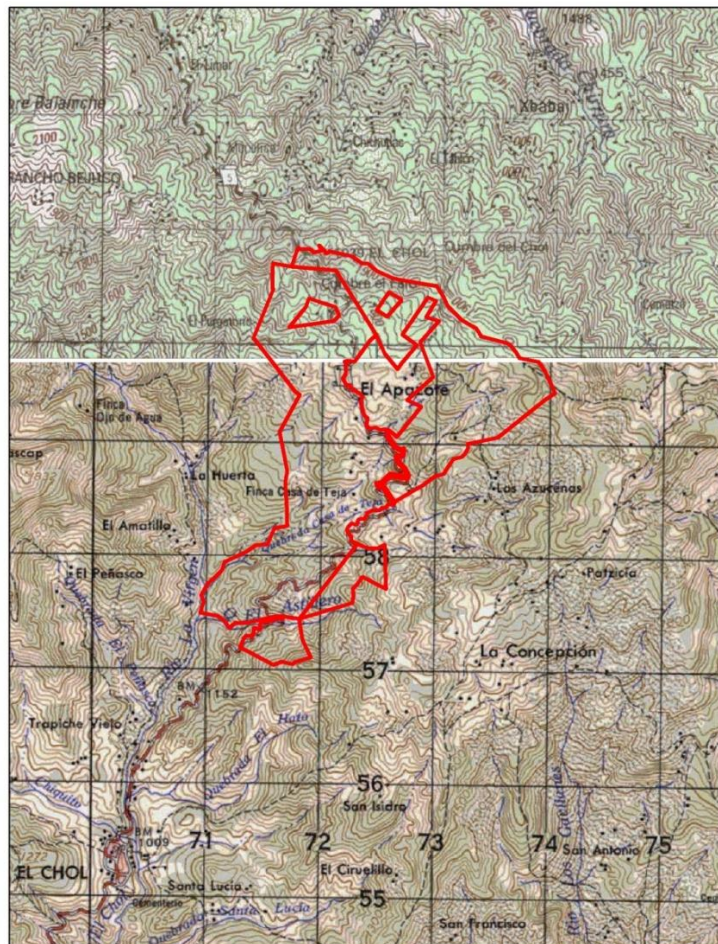
El diagrama permite conocer el ordenamiento y el recorrido de un área a otra. Por ejemplo, el área de producción no depende de los registros o de la administración, por lo tanto, la distancia que se tenga que recorrer entre ellas no afecta la productividad, pero en cambio el área de producción (carga del honor, carbonización y descargar del horno) su relación es absolutamente necesaria para lograr un adecuado funcionamiento de la planta.

2.6. Propuesta de diseño de la planta de producción de carbón

La realización del diseño de la planta de producción del carbón como propuesta para la empresa Norte & Sur se enfocó en las necesidades y

posibilidades de mejorar su sistema de producción. Norte & Sur al disponer de un proyecto de producción de carbón en la finca ubicada en El Apazote Santa Cruz El Chol, Baja Verapaz, habilitó las posibilidades de hacer el diseño según las condiciones reales del proyecto.

Figura 32. **Ubicación de finca El Apazote Santa Cruz, El Chol, Baja Verapaz**

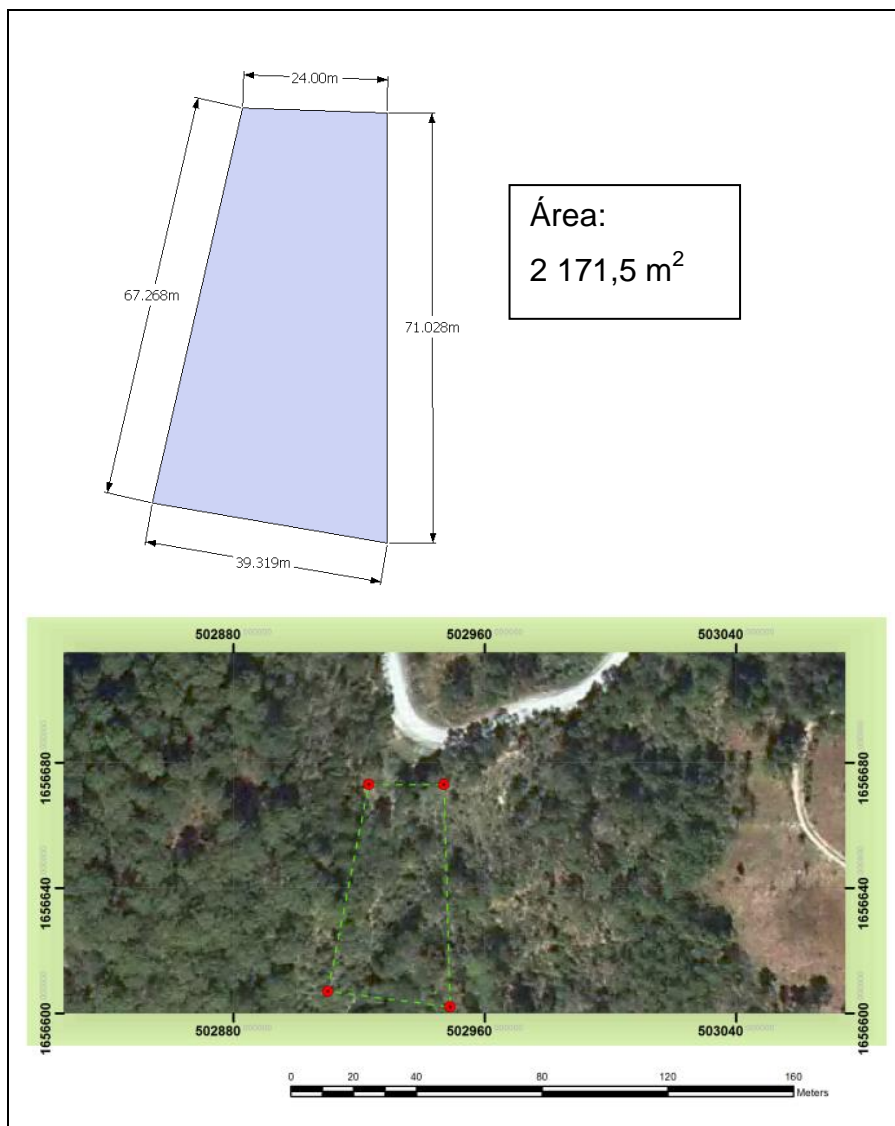


Fuente: plan de manejo forestal, finca El Apazote, Santa Cruz, El Chol, Baja Verapaz.

2.6.1. Áreas disponibles para el diseño de planta

La finca cuenta con un área de 2 171,5 m² destinada exclusivamente para la producción de carbón. Se hace la distribución de planta planificada y estudiada dentro del área disponible.

Figura 33. Vista panorámica del área



Fuente: elaboración propia.

2.6.2. Distribución de la planta de producción

El diseño se enfoca en una distribución que facilite un proceso en línea para su adecuado funcionamiento. Las áreas contempladas para el diseño son:

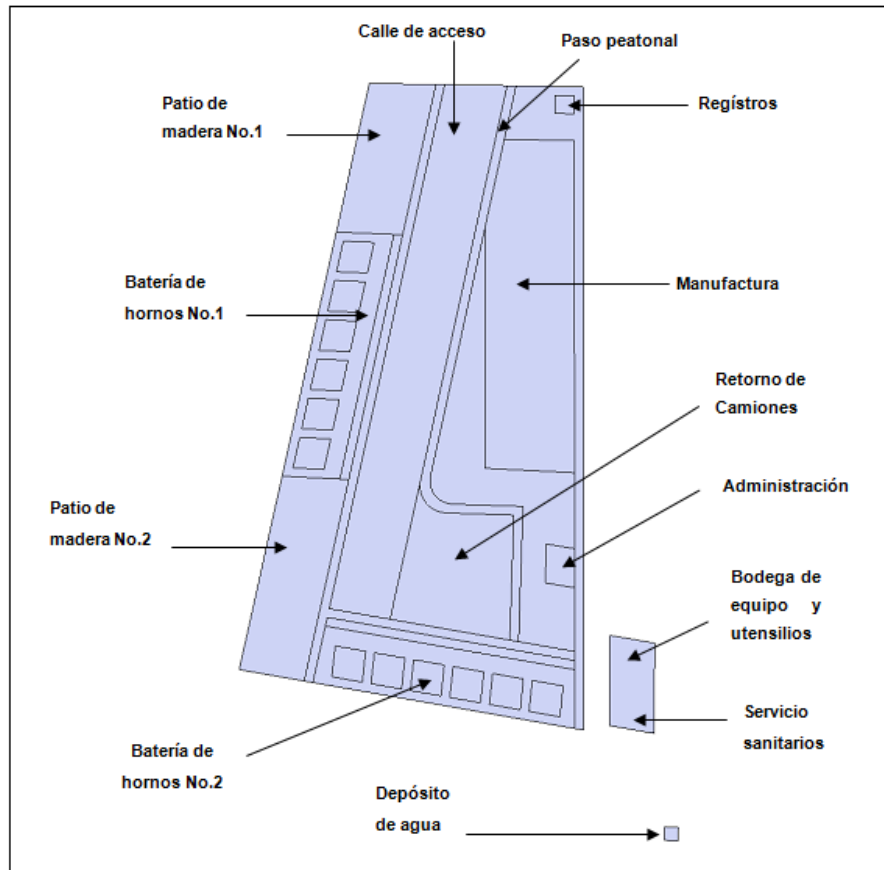
- Área de registros
- Áreas de recepción de madera
 - Patio de madera 1
 - Patio de madera 2

- Áreas de producción
 - Batería de hornos 1
 - Batería de hornos 2

- Área de manufactura
- Área de recepción de carbón
- Área de clasificación y empaçado
- Área de producto terminado
- Área de almacenamiento temporal
- Área de administración
- Área de bodega de equipo y utensilios
- Área de servicios sanitarios
- Otras secciones estimadas
 - Calle de acceso
 - Área de retorno de camiones
 - Área de depósito de agua

A continuación, se muestra la ubicación de las áreas mencionadas dentro del diseño general propuesto.

Figura 34. **Distribución de áreas**



Fuente: elaboración propia.

2.6.3. **Infraestructura del diseño de planta de producción**

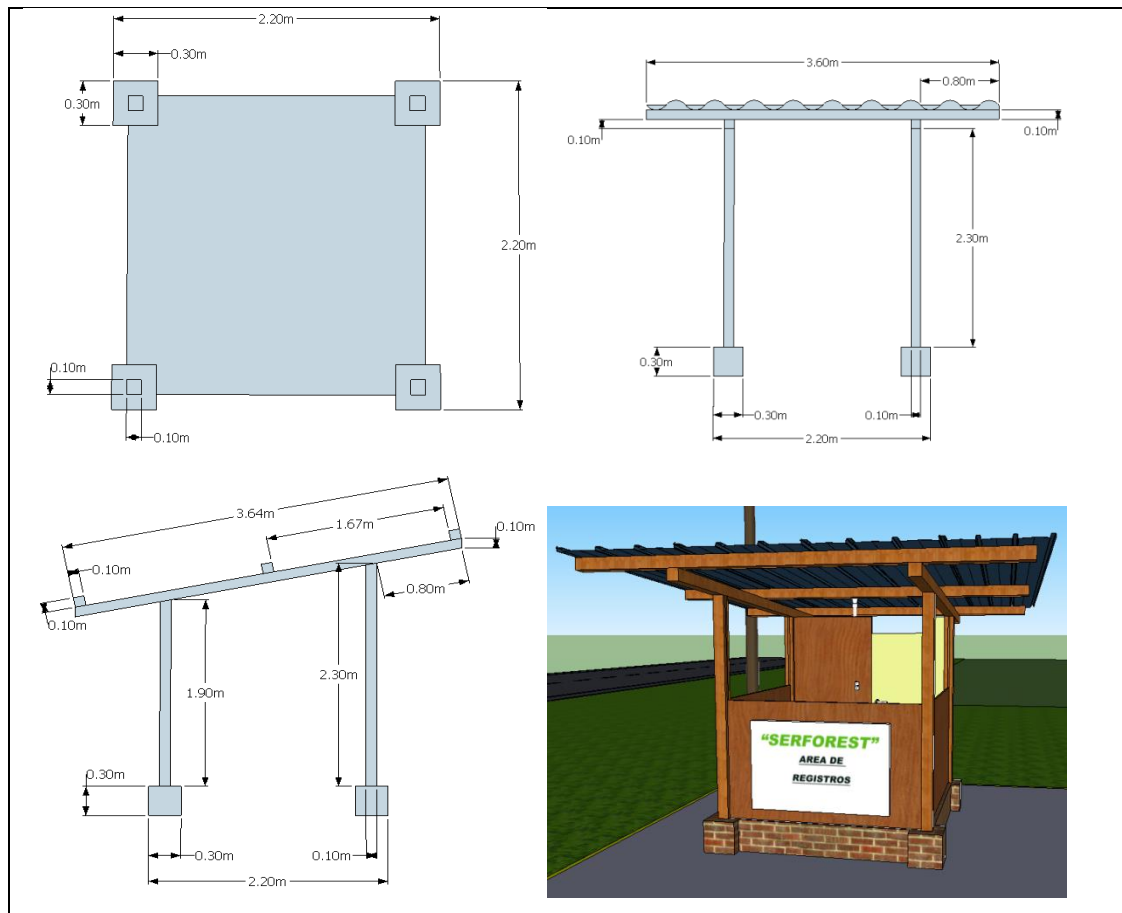
A continuación se presenta el diseño de la planta de producción.

2.6.3.1. **Área de registro**

Esta área cuenta con un perímetro de 8,80 m y un área total de 4,20 m² lo cual fue determinado en función del tamaño del proyecto y sus necesidades.

Se dispondrá de una persona quién controlará el registro y permiso de las entradas y salidas de: personas, materia prima, camiones, producto terminado, entre otros. El monitoreo se desempeñará solamente en horas laborales.

Figura 35. Área de registros



Fuente: elaboración propia.

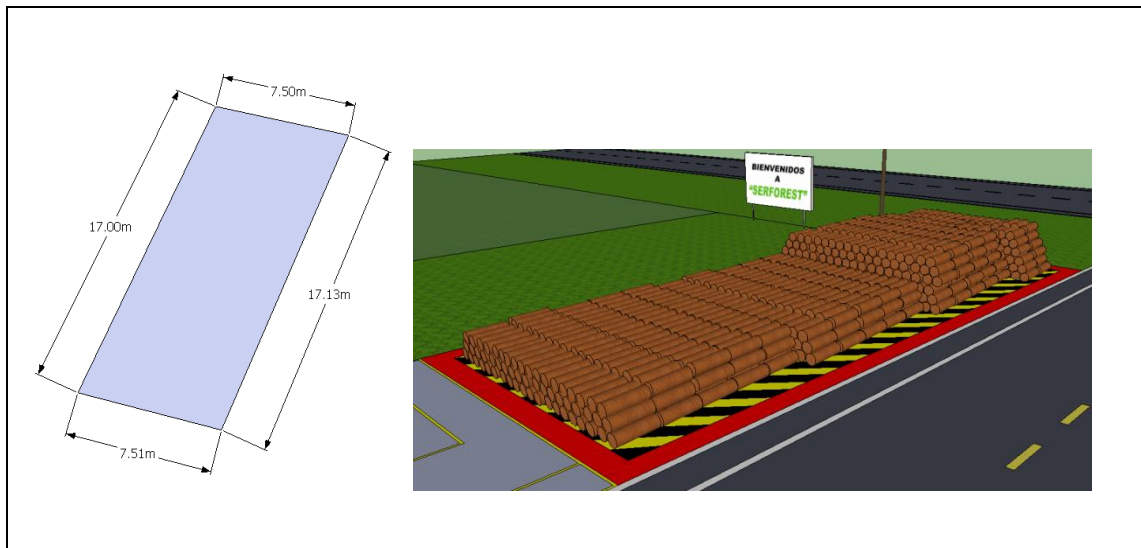
2.6.3.2. Área de recepción de madera

El área de recepción de madera cuenta con dos patios exclusivos para el almacenamiento temporal de materia prima. Fueron ubicados dentro del proyecto en función del área de producción.

2.6.3.2.1. Patio de madera 1

El patio 1 dispone de un perímetro de 49.14 m y un área total de 126.03 m², el tamaño se determinó en función del tamaño de la producción. Se dispondrá de dos personas encargadas de apilar la materia prima que sea ingresada.

Figura 36. Patio de madera 1

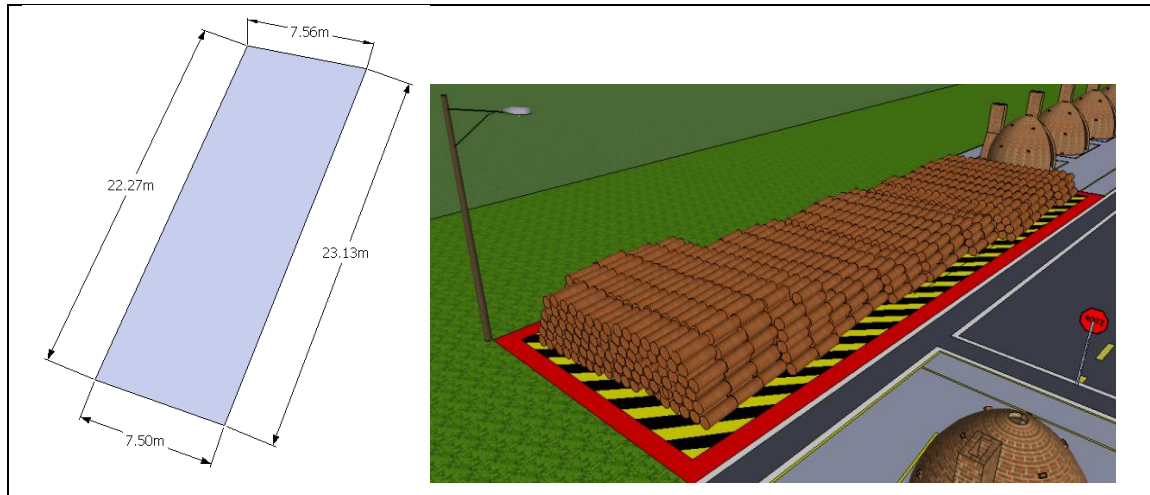


Fuente: elaboración propia.

2.6.3.2.2. Patio de madera 2

El patio 2 dispone de un perímetro de 60,46 m y un área total de 169,56 m², el tamaño se determinó en función del tamaño de la producción. Se dispondrá de dos personas encargadas de apilar la materia prima que sea ingresada.

Figura 37. **Patio de madera 2**



Fuente: elaboración propia.

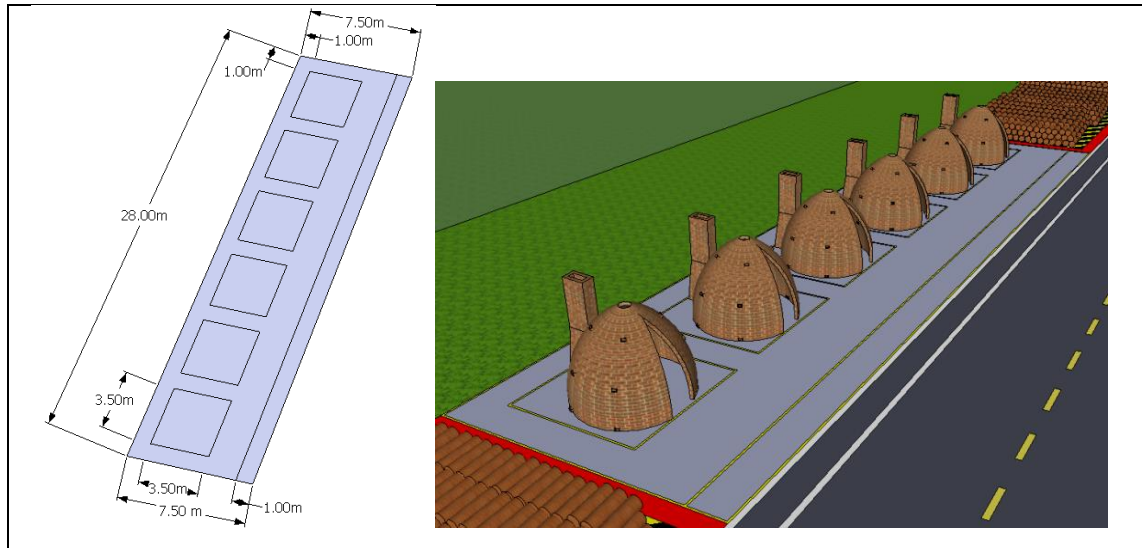
2.6.3.3. Área de producción

El área de producción cuenta con dos baterías, cada una tendrá 6 hornos de ladrillo tipo rabo quente modificado. Fueron ubicados dentro del proyecto en función a la secuencia e importancia de las actividades.

2.6.3.3.1. Batería de hornos 1

La batería 1 ocupa un perímetro de 71,00 m y un área total de 207,89 m² lo cual se determinó en función del número de hornos. Se dispondrá de tres personas encargadas de operar y desempeñar las actividades necesarias dentro de la producción.

Figura 38. **Batería de hornos 1**

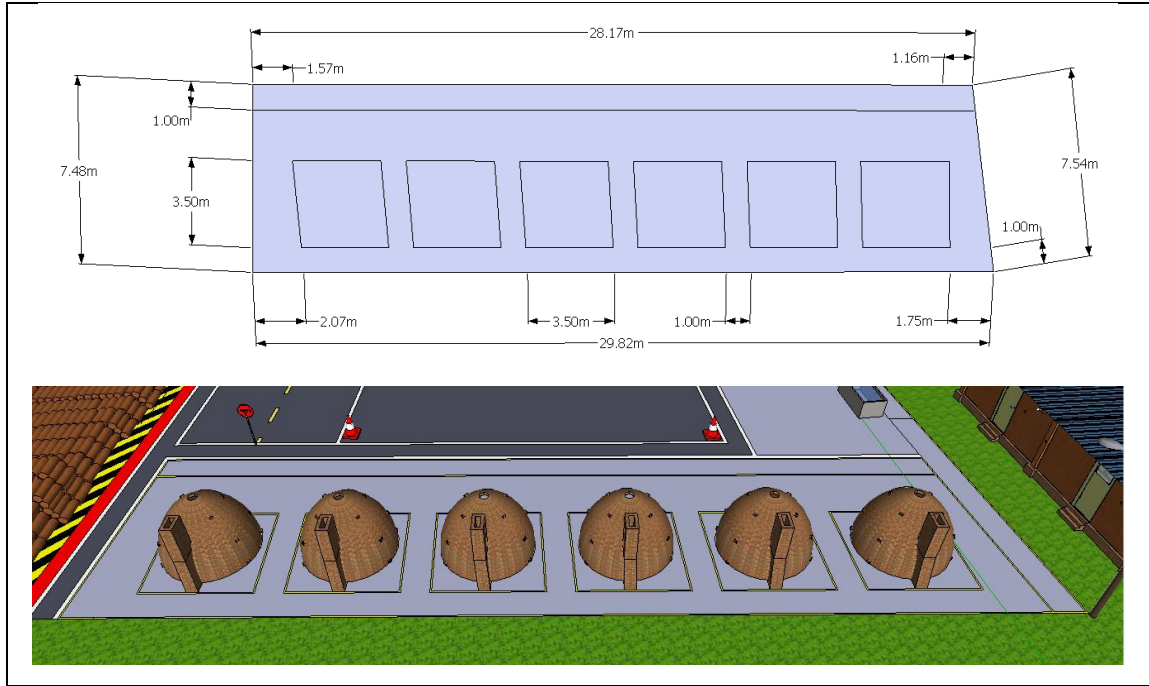


Fuente: elaboración propia.

2.6.3.3.2. Bateria de hornos 2

La batería 2 ocupa un perímetro de 73,01 m y un área total de 216,12 m² lo cual se determinó en función del número de hornos. Se dispondrá de tres personas encargadas de operar y desempeñar las actividades necesarias dentro de la producción.

Figura 39. **Batería de hornos 2**

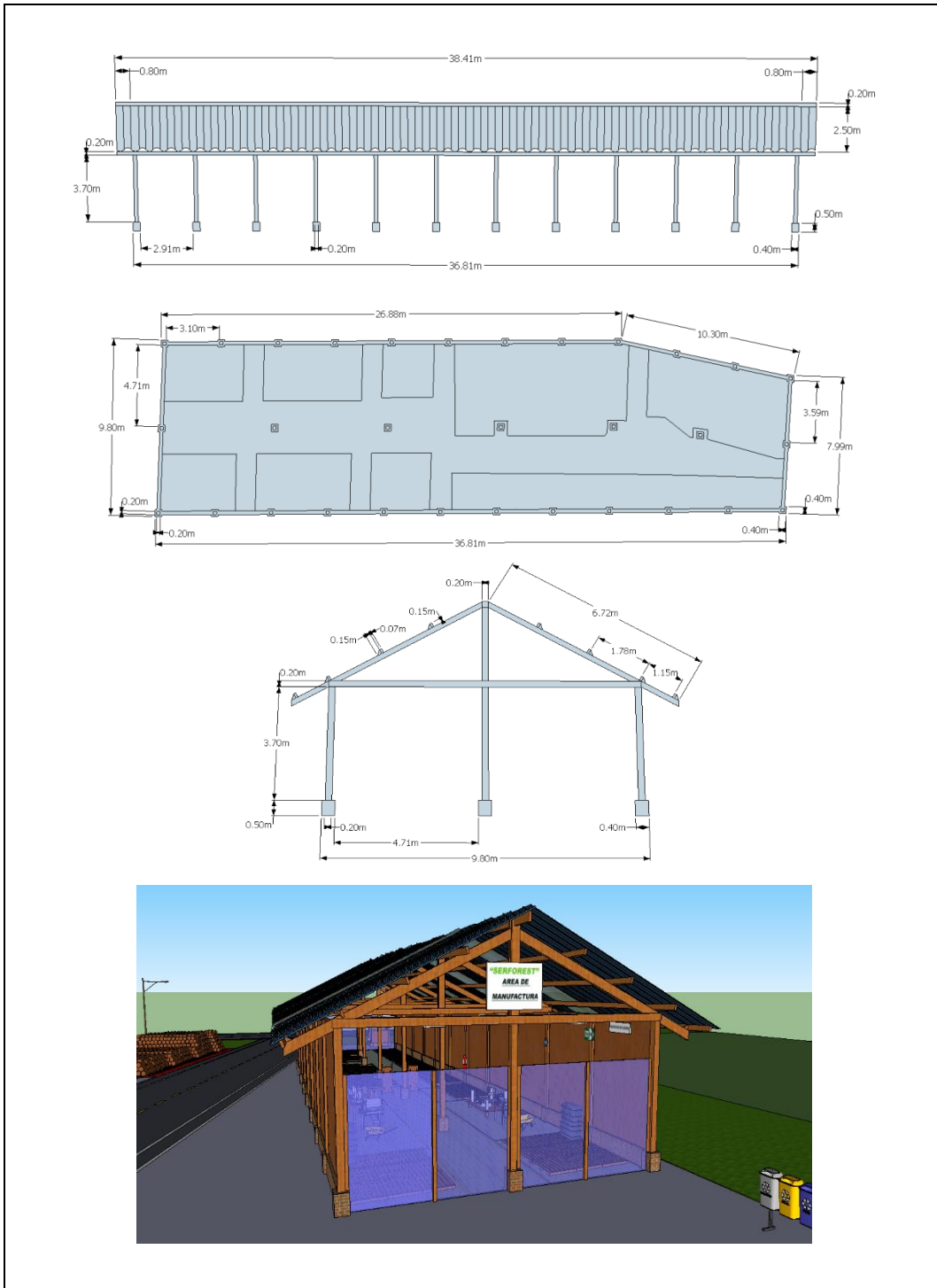


Fuente: elaboración propia.

2.6.3.4. **Área de manufactura**

El área de manufactura cuenta con un perímetro de 91,78 m y un área total de 358,65 m² lo cual se determinó en función del tamaño del proyecto y a su demanda de carbón mensual. Se dispondrá de diez personas encargadas de realizar todas las actividades necesarias para la manufactura del carbón. Se calculó el número de personas en función de la demanda mensual de 95 000 libras de carbón.

Figura 40. Área de manufactura



Fuente: elaboración propia.

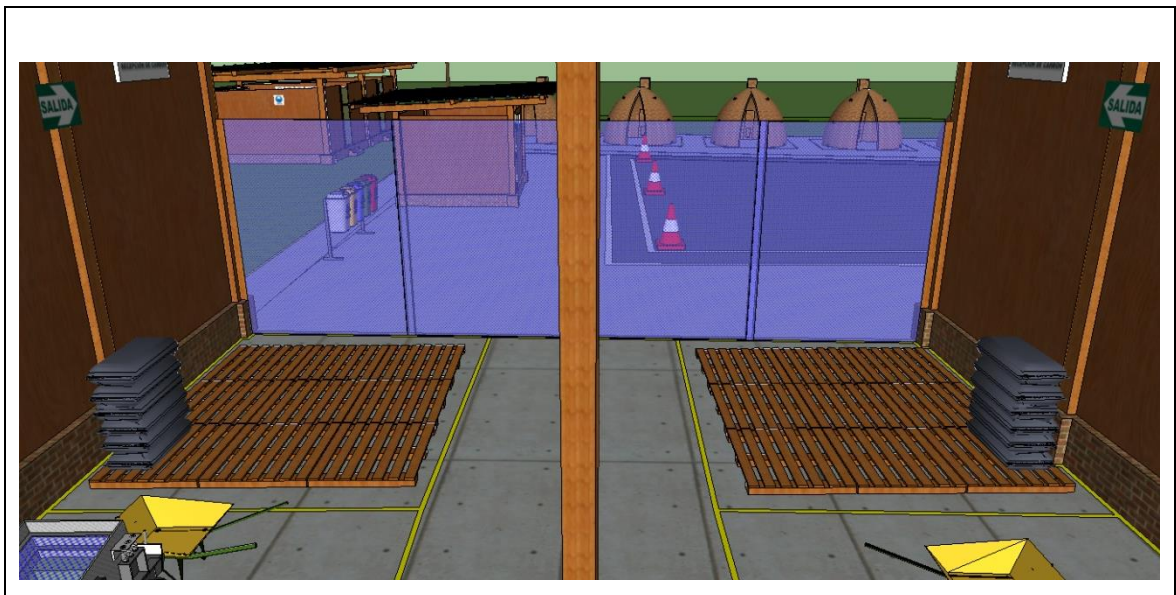
2.6.3.5. Secciones del área de manufactura

La manufactura estará dividida por dos líneas de empacados las cuales cuentan con sus respectivas secciones de recepción, clasificación y almacenamiento de producto terminado.

- Recepción de carbón

La recepción cuenta con dos líneas de empacado: la línea 1 tiene un área de 14,4 m² y la línea 2, 14,85 m². Cada línea dispone de una persona encargada de colocar el producto al alcance de la siguiente actividad: la clasificación.

Figura 41. Recepción de carbón

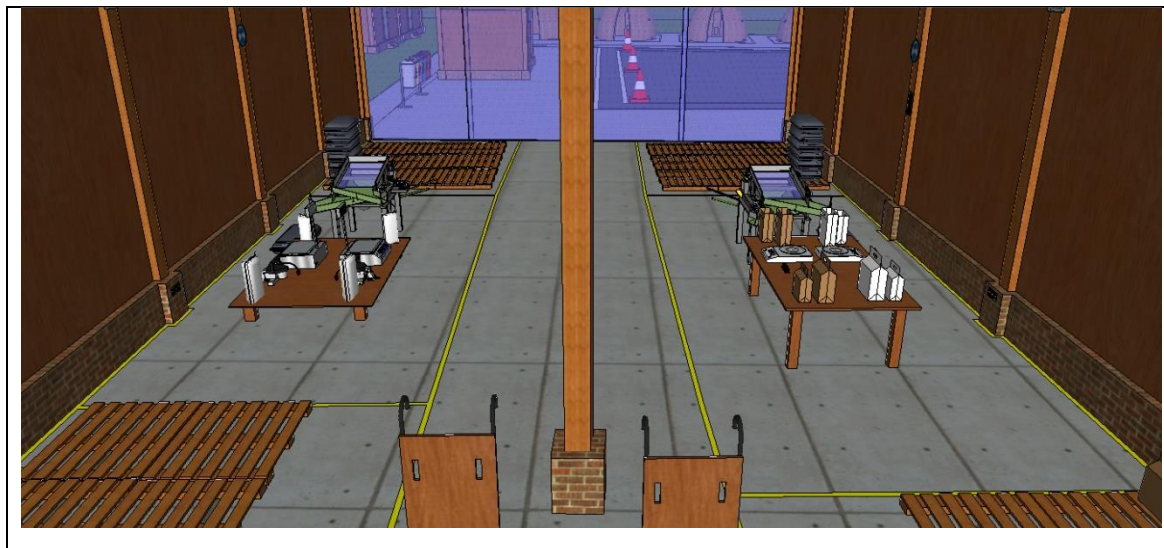


Fuente: elaboración propia.

- Clasificación y empackado

La clasificación y empackado cuenta con dos líneas: la línea 1 tiene un área de 18,31 m² y la línea 2, 18,53 m². Cada línea dispone de tres personas encargadas de controlar la clasificación, pesado y empackado adecuado del carbón.

Figura 42. **Clasificación y empackado**



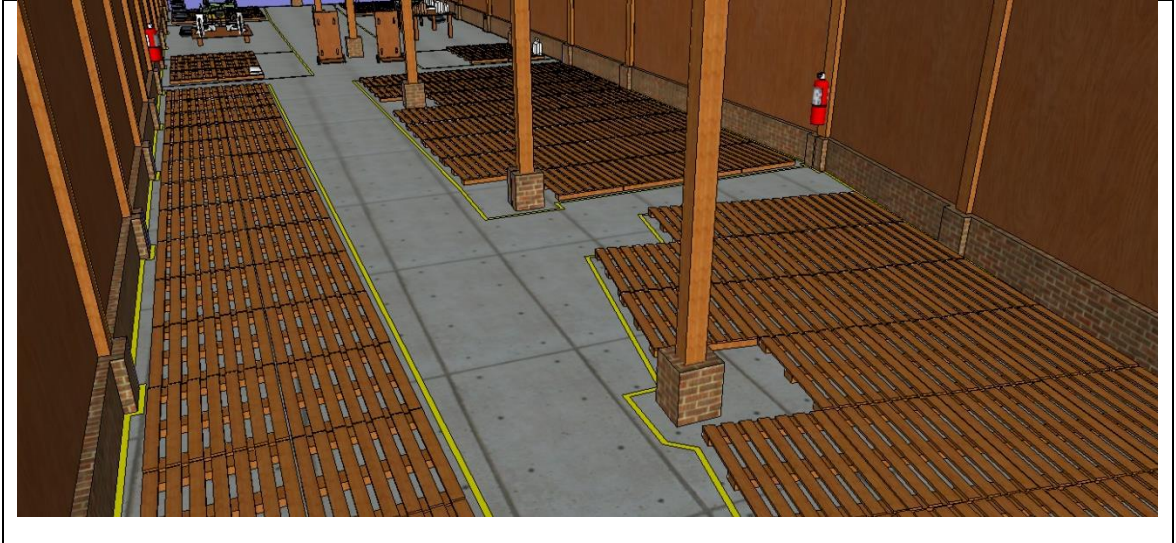
Fuente: elaboración propia.

- Almacenamiento temporal

El almacenamiento temporal cuenta con dos líneas: la línea 1 tiene un área de 38,47 m² y la línea 2, 86,76 m².

Cada línea dispone de una persona encargada de realizar el adecuado almacenamiento del producto terminado.

Figura 43. **Almacenamiento temporal**



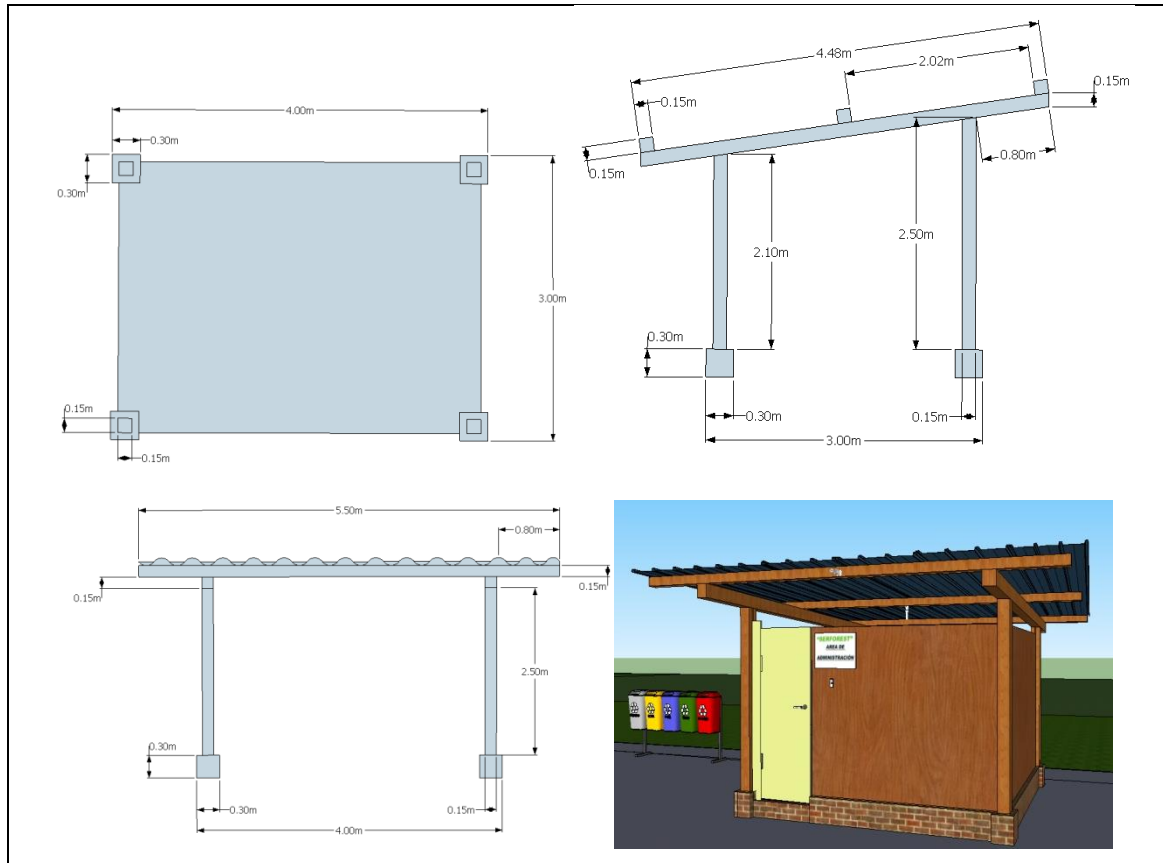
Fuente: elaboración propia.

2.6.3.6. Área de administración

El área de administración cuenta con un perímetro de 14,00 m y un área total de 11,13 m² lo cual se determinó y se ubicó en función secuencia de las actividades y necesidades que se requiere el proyecto.

Dispondrá de dos personas: una secretaria la cual manejará la atención y al servicio al cliente; y un administrador responsable de supervisar que se cumplan los objetivos planificados y las metras propuestas dentro del proyecto.

Figura 44. Área de administración

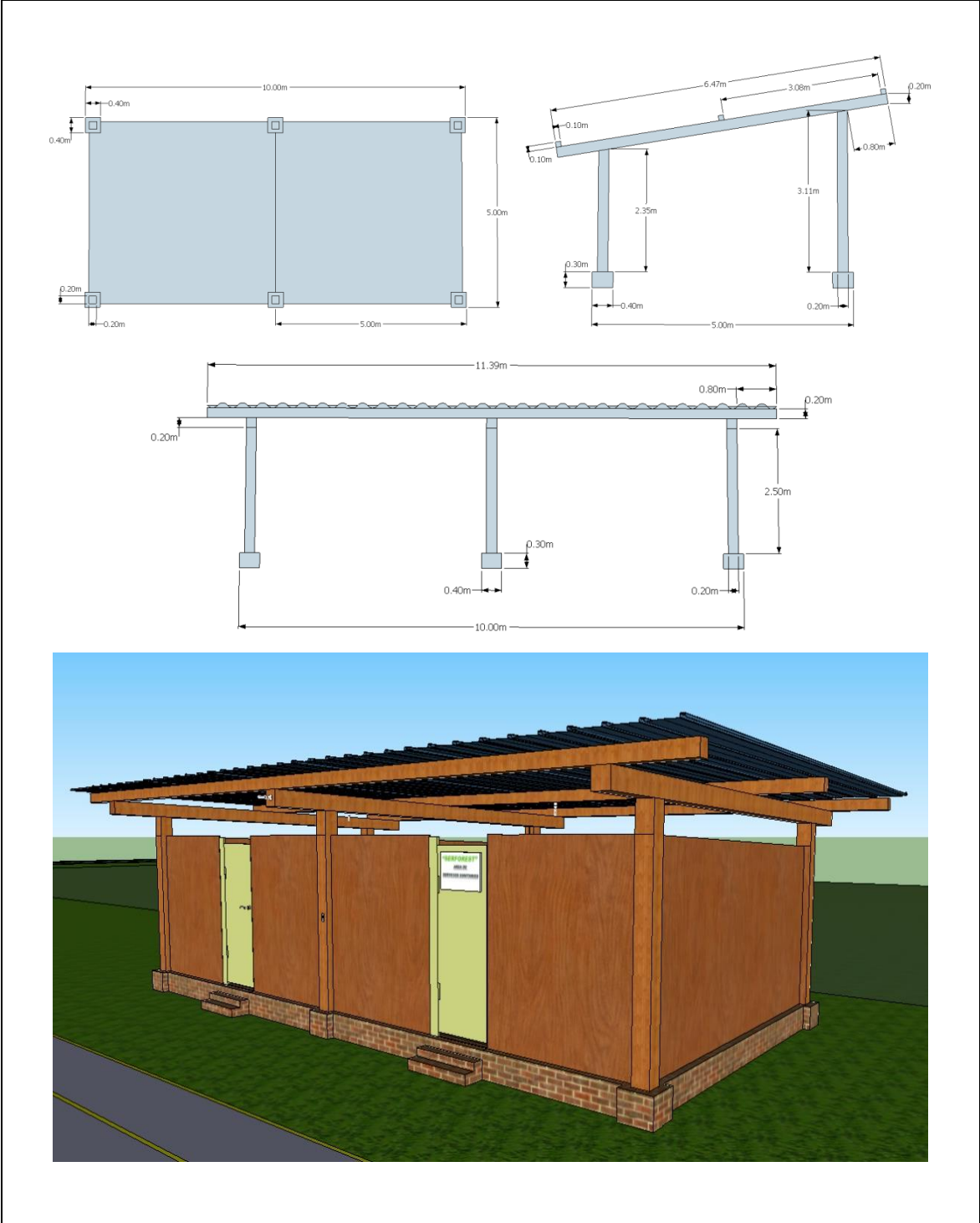


Fuente: elaboración propia.

2.6.3.7. Área de bodega y servicio sanitario

El área de bodega será utilizada para el almacenamiento de todo el equipo y los utensilios utilizados en la producción y en las diferentes áreas del proyecto. El área de servicio sanitario contará con duchas para ofrecer salud e higiene al personal de trabajo de todo el proyecto.

Figura 45. Área de bodega y servicio sanitario

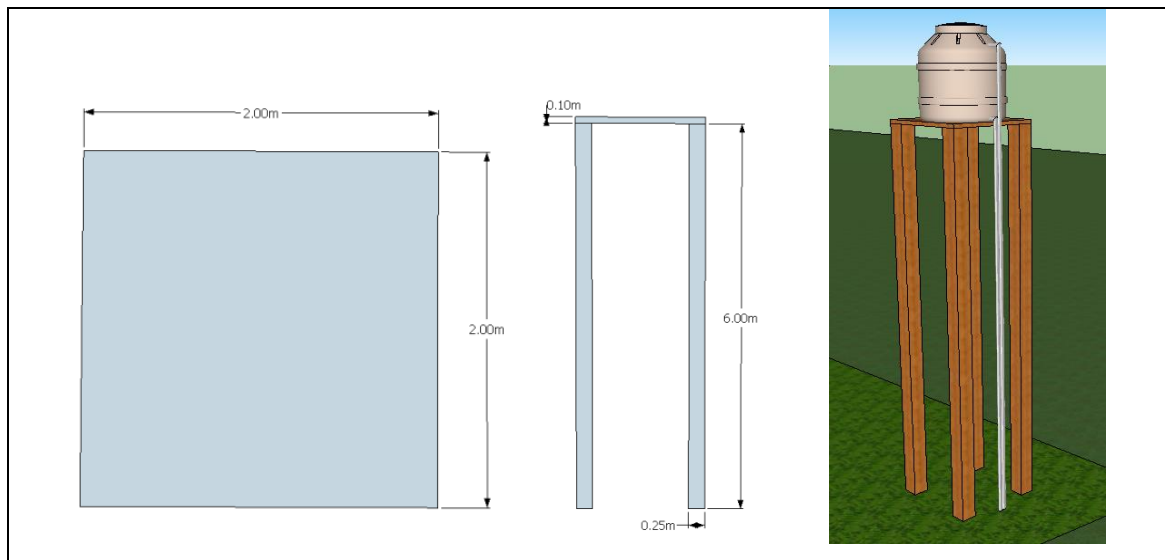


Fuente: elaboración propia.

2.6.3.8. Área de depósito de agua

El área del depósito del agua cuenta con un perímetro de 8,00 m y un área total de 4,00 m² lo cual se determinó en función del tamaño del proyecto y las necesidades requeridas por las actividades a realizar.

Figura 46. Área de depósito de agua



Fuente: elaboración propia.

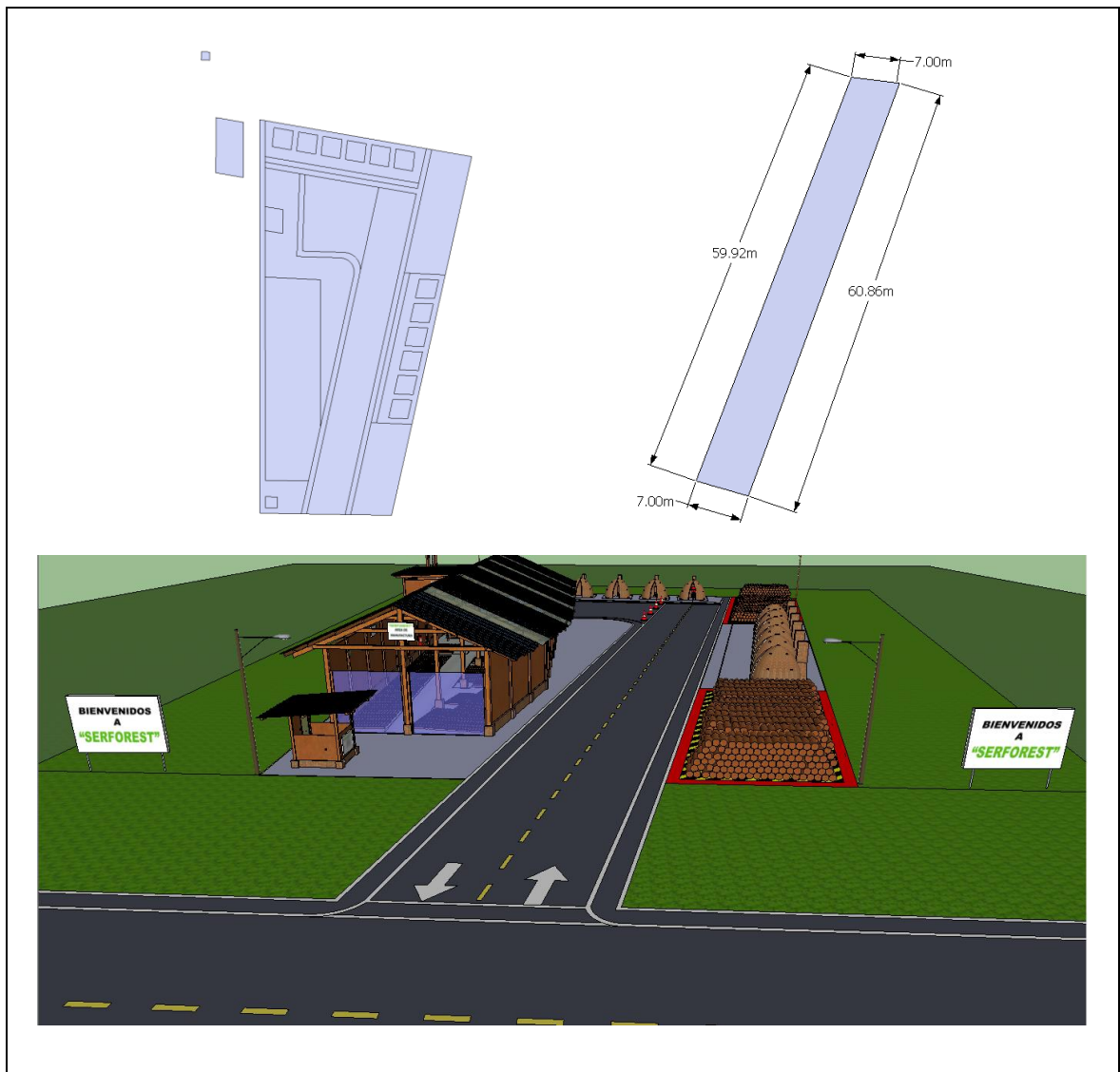
2.6.3.9. Otras secciones estimadas

Se estimaron otras secciones dentro del proyecto: calle de acceso y área de retorno de camiones con el fin de lograr el adecuado funcionamiento y desarrollo de las actividades.

2.6.3.9.1. Calle de acceso

La calle de acceso tiene un perímetro de 134,78 m y un área total de 418,44 m² lo cual se determinó en función de la necesidad del ingreso y egreso de materia prima, materiales y producto terminado.

Figura 47. Calle de acceso

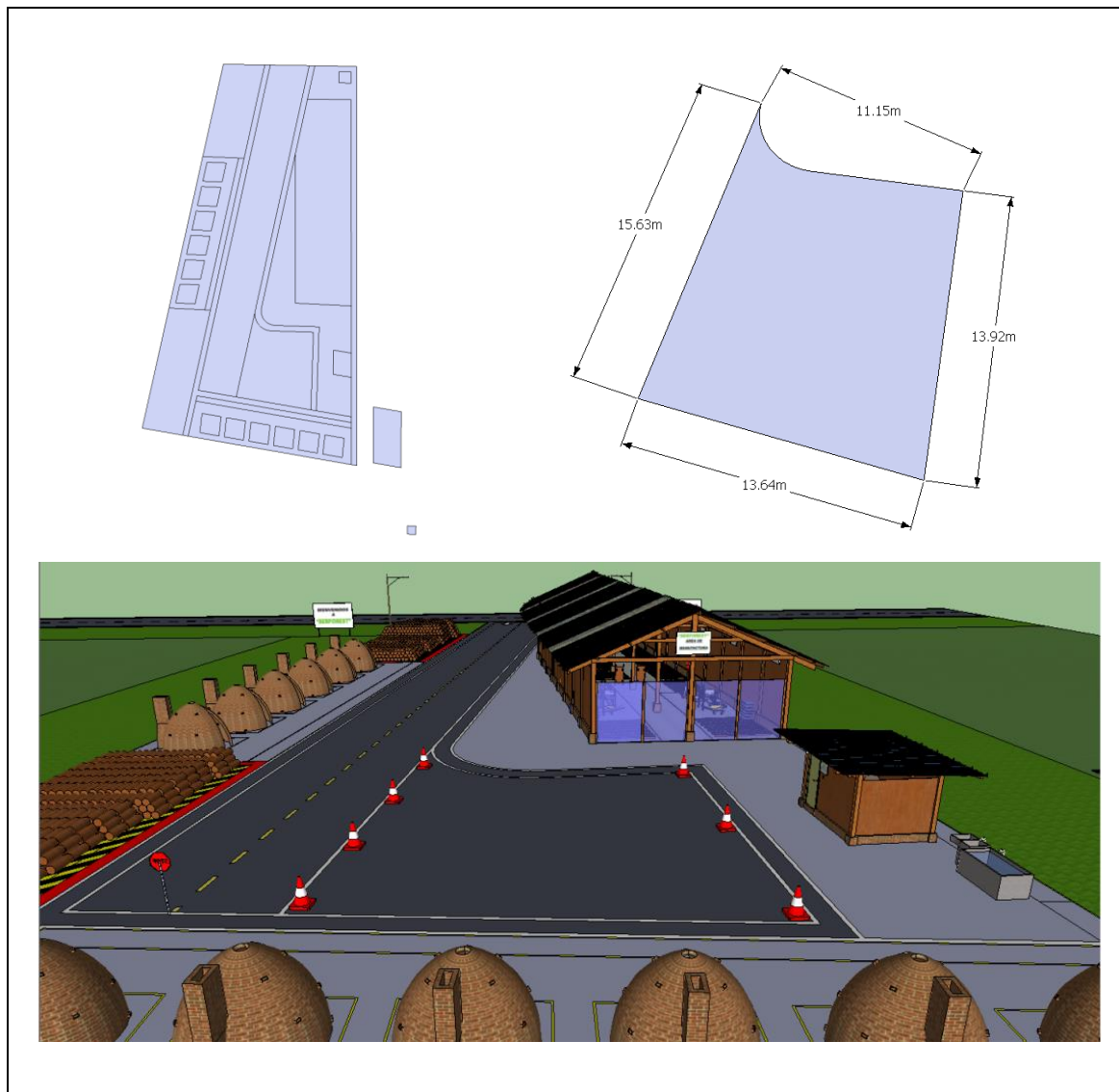


Fuente: elaboración propia.

2.6.3.9.2. Área retorno de camiones

El área de retorno de camiones tiene un perímetro de 54,34 m y un área total de 165,09 m² lo cual se diseñó en función de la necesidad de ingreso y salida de camiones y plataformas.

Figura 48. Área retorno de camiones

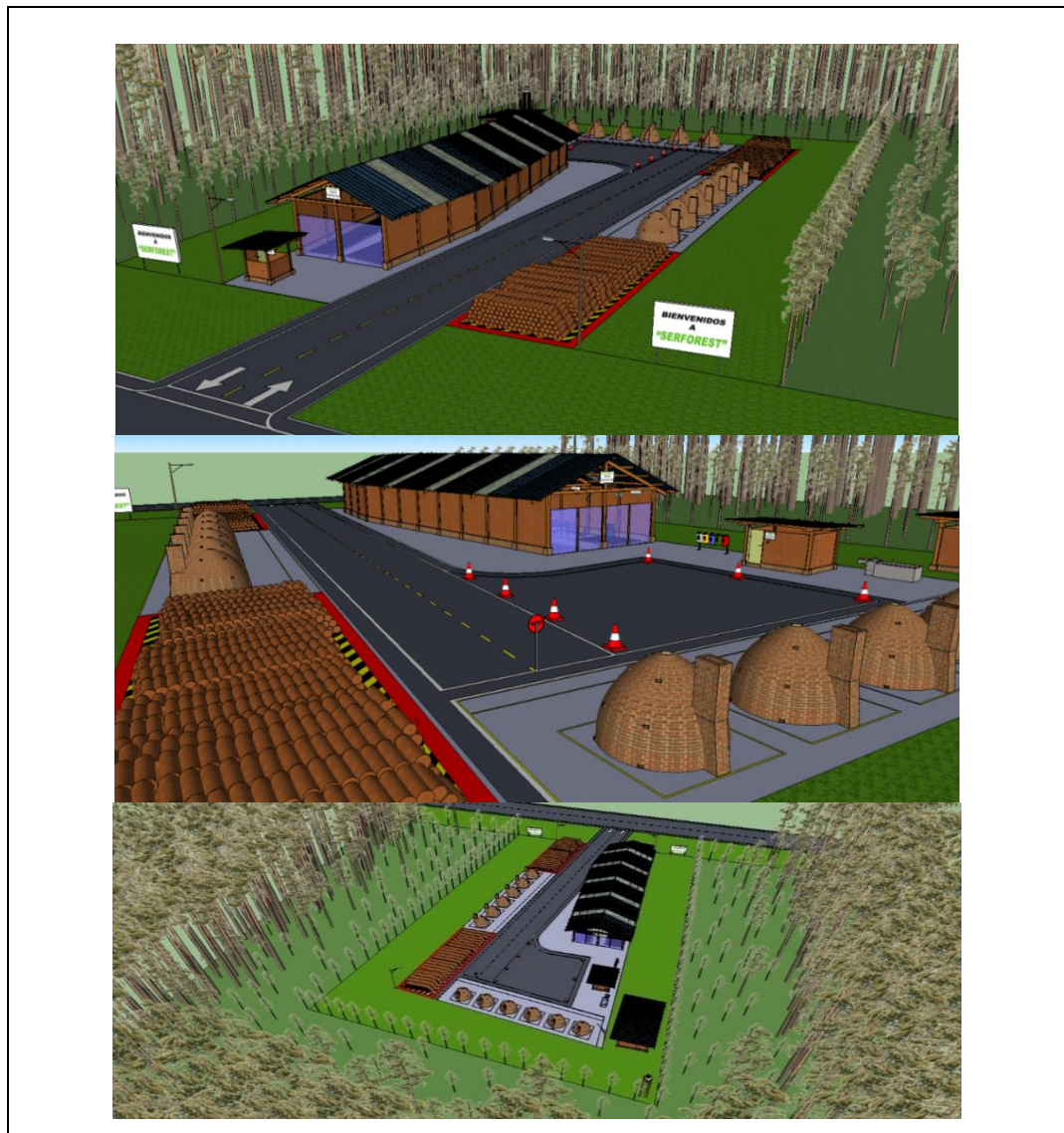


Fuente: elaboración propia.

2.6.3.10. Diseño final de la planta de producción

El diseño final permite apreciar vistas panorámicas de la secuencia de las diferentes áreas y secciones de todo el proyecto en general.

Figura 49. Diseño final



Fuente: elaboración propia.

2.7. Costo de inversión para ejecutar el proyecto

El presupuesto de ejecución del proyecto incluye el costo de la construcción de cada área de la planta de producción de carbón, el costo del servicio profesional de mano de obra que lo ejecuta. No se incluyó maquinaria y equipo para su funcionamiento exceptuando las baterías de hornos. A continuación, se detallan los costos de construcción por área:

Tabla XXIV. Costos de construcción, área de registros

| Área de registros | | | | | |
|----------------------------------|------------------|----------|--------------------|--------------------|--------------------|
| 1. Material | Unidad de medida | Cantidad | Costo/unitario (Q) | TOTAL (Q) | TOTAL (\$) |
| Paral de madera de 4"x4"x10 pies | Unidad | 2 | Q 83,34 | Q 166,68 | \$ 21,82 |
| Paral de madera de 4"x4"x9 pies | Unidad | 2 | Q 75,00 | Q 150,00 | \$ 19,63 |
| Viga de madera de 4"x4"x12 pies | Unidad | 2 | Q 99,52 | Q 199,04 | \$ 26,05 |
| Regla de madera de 4"x4"x12 pies | Unidad | 3 | Q 99,52 | Q 298,56 | \$ 39,08 |
| Regla de madera de 3"x4"x9 pies | Unidad | 2 | Q 57,85 | Q 115,70 | \$ 15,14 |
| Tabla de madera de 1"x10"x6 pies | Unidad | 5 | Q 24,75 | Q 123,75 | \$ 16,20 |
| Tabla de madera de 1"x10"x5 pies | Unidad | 8 | Q 20,62 | Q 164,96 | \$ 21,59 |
| Lamina de aluminio de 14 pies | Unidad | 5 | Q 95,20 | Q 476,00 | \$ 62,30 |
| Clavo para madera de 3" | Libras | 3 | Q 6,00 | Q 18,00 | \$ 2,36 |
| Clavos para madera de 4" | Libras | 2 | Q 7,00 | Q 14,00 | \$ 1,83 |
| Clavo para madera de 5" | Libras | 2 | Q 8,00 | Q 16,00 | \$ 2,09 |
| Clavo para lámina | Libras | 3 | Q 10,00 | Q 30,00 | \$ 3,93 |
| Pared de ladrillo de arcilla | m ² | 4 | Q 102,00 | Q 408,00 | \$ 53,40 |
| Piso de concreto reforzado | m ² | 4 | Q 250,00 | Q 1 000,00 | \$ 130,89 |
| Puerta prefabricada de madera | Unidad | 1 | Q 600,00 | Q 600,00 | \$ 78,53 |
| Instalación eléctrica | Unidad | 1 | Q 500,00 | Q 500,00 | \$ 65,45 |
| Subtotal (Q) | | | | Q 4 280,69 | \$ 560,30 |
| 2. Mano de obra | | | | | |
| Construcción de galera | Unidad | 1 | Q5 000,00 | Q 5 000,00 | \$654,45 |
| Instalación eléctrica | Unidad | 1 | Q 600,00 | Q 600,00 | \$78,53 |
| Subtotal (Q) | | | | Q 5 600,00 | \$ 732,98 |
| 3. Otros gastos | | | | | |
| Transporte de materiales | Flete | 1 | Q 400,00 | Q 400,00 | \$ 52,36 |
| Imprevisto 5 % de materiales | | | | Q 214,03 | \$ 28,01 |
| Subtotal (Q) | | | | Q 614,03 | \$ 80,37 |
| COSTO TOTAL (Q) | | | | Q 10 494,72 | \$ 1 373,65 |

Nota: tipo de cambio de 1\$ a Q 7,64

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXV. Costos de construcción, áreas de recepción de madera

| Áreas de recepción de madera | | | | | |
|---------------------------------|------------------|----------|--------------------|--------------------|---------------------|
| Patio de madera 1 | | | | | |
| 1. Material | Unidad de medida | Cantidad | Costo/unitario (Q) | TOTAL (Q) | TOTAL (\$) |
| Piso de concreto reforzado | m ² | 126,03 | Q 250,00 | Q 31 507,50 | \$ 4 124,02 |
| Pintura amarilla antideslizante | Cubeta | 4 | Q 230,00 | Q 920,00 | \$ 120,42 |
| Pintura negra antideslizante | Cubeta | 4 | Q 230,00 | Q 920,00 | \$ 120,42 |
| Pintura roja antideslizante | Cubeta | 2 | Q 230,00 | Q 460,00 | \$ 60,21 |
| Subtotal (Q) | | | | Q 33 807,50 | \$ 4 425,07 |
| 2. Mano de Obra | | | | | |
| Piso de concreto reforzado | Unidad | 1 | Q 3000,00 | Q 3 000,00 | \$ 392,67 |
| Señalización de piso | Unidad | 1 | Q 1 000,00 | Q 1 000,00 | \$ 130,89 |
| Subtotal (Q) | | | | Q 4 000,00 | \$ 523,56 |
| 3. Otros Gastos | | | | | |
| Transporte de materiales | Flete | 1 | Q 400,00 | Q 400,00 | \$ 52,36 |
| Imprevisto 5 % de materiales | | | | Q 1 690,38 | \$ 221,25 |
| Subtotal (Q) | | | | Q 2 090,38 | \$ 273,61 |
| Costo total (Q) | | | | Q 39 897,88 | \$ 5 222,24 |
| Patio de madera 2 | | | | | |
| 1, Material | Unidad de Medida | Cantidad | Costo/Unitario (Q) | TOTAL (Q) | |
| Piso de concreto reforzado | m ² | 169,46 | Q 250,00 | Q 42 365,00 | \$ 5 545,16 |
| Pintura amarilla antideslizante | Cubeta | 5 | Q 230,00 | Q 1 150,00 | \$ 150,52 |
| Pintura negra antideslizante | Cubeta | 5 | Q 230,00 | Q 1 150,00 | \$ 150,52 |
| Pintura roja antideslizante | Cubeta | 3 | Q 230,00 | Q 690,00 | \$ 90,31 |
| Subtotal (Q) | | | | Q 45 355,00 | \$ 5 926,52 |
| 2, Mano de obra | | | | | |
| Piso de concreto reforzado | Unidad | 1 | Q 3 000,00 | Q 3 000,00 | \$ 392,67 |
| Señalización de piso | Unidad | 1 | Q 1,000,00 | Q 1 000,00 | \$ 130,89 |
| Subtotal (Q) | | | | Q 4 000,00 | \$ 523,56 |
| 3, Otros gastos | | | | | |
| Transporte de materiales | Flete | 1 | Q 400,00 | Q 400,00 | \$ 52,36 |
| Imprevisto 5 % de materiales | | | | Q 2 267,75 | \$ 296,83 |
| Subtotal (Q) | | | | Q 2 667,75 | \$ 349,18 |
| Costo total (Q) | | | | Q 52 022,75 | \$ 6 809,26 |
| COSTO TOTAL GENERAL (Q) | | | | Q 91 920,63 | \$ 12 031,50 |

Nota: tipo de cambio de 1\$ a Q 7,64

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXVI. Costos de construcción, áreas de producción

| Áreas de producción | | | | | |
|---------------------------------|------------------|----------|--------------------|---------------------|---------------------|
| Batería de hornos 1 | | | | | |
| 1. Material | Unidad de medida | Cantidad | Costo/unitario (Q) | TOTAL (Q) | TOTAL (\$) |
| Piso de concreto reforzado | m ² | 207,89 | Q 250,00 | Q 51 972,50 | \$ 6 802,68 |
| Horno de ladrillo | Unidad | 6 | Q 10 000,00 | Q 60 000,00 | \$ 7 853,40 |
| Pintura amarilla antideslizante | Cubeta | 1 | Q 230,00 | Q 230,00 | \$ 30,10 |
| Subtotal (Q) | | | | Q 112 202,50 | \$ 14 686,19 |

Continuación de la tabla XXVI.

| 2. Mano de obra | | | | | |
|---------------------------------|-------------------------|-----------------|---------------------------|---------------------|---------------------|
| Hornos de ladrillo | Unidad | 6 | Q 6 000,00 | Q 36 000,00 | \$ 4 712,04 |
| Piso de concreto reforzado | Unidad | 1 | Q 4 000,00 | Q 4 000,00 | \$ 523,56 |
| Señalización de piso | Unidad | 1 | Q 300,00 | Q 300,00 | \$ 39,27 |
| Subtotal (Q) | | | | Q 40 300,00 | \$ 5 274,87 |
| 3. Otros Gastos | | | | | |
| Transporte de materiales | Flete | 6 | Q 700,00 | Q 4,200,00 | \$ 549,74 |
| Imprevisto 5 % de materiales | | | | Q 5610,13 | \$ 734,31 |
| Subtotal (Q) | | | | Q 9,810,13 | \$ 1,284,05 |
| Costo total (Q) | | | | Q 162,312,63 | \$ 21,245,11 |
| Batería de hornos 2 | | | | | |
| 1. Material | Unidad de medida | Cantidad | Costo/unitario (Q) | TOTAL (Q) | |
| Piso de concreto reforzado | m ² | 216.12 | Q 250.00 | Q54,030,00 | \$ 7,071,99 |
| Horno de ladrillo | Unidad | 6 | Q 10 000.00 | Q60,000,00 | \$ 7,853,40 |
| Pintura amarilla antideslizante | Cubeta | 1 | Q230.00 | Q230,00 | \$ 30,10 |
| Subtotal (Q) | | | | Q 114,260,00 | \$ 14 955,50 |
| 2. Mano de obra | | | | | |
| Piso de concreto reforzado | Unidad | 1 | Q 4 500.00 | Q 4 500,00 | \$ 589,01 |
| Horno de ladrillo | Unidad | 6 | Q 6 000.00 | Q 36 000,00 | \$ 4 712,04 |
| Señalización de piso | Unidad | 1 | Q 300.00 | Q 300,00 | \$ 39,27 |
| Subtotal (Q) | | | | Q 40 800,00 | \$ 5 340,31 |
| 3. Otros gastos | | | | | |
| Transporte de materiales | Flete | 6 | Q 700.00 | Q 4,200,00 | \$ 549,74 |
| Imprevisto 5 % de materiales | | | | Q 5,713,00 | \$ 747,77 |
| Subtotal (Q) | | | | Q 9 913,00 | \$ 1 297,51 |
| Costo total (Q) | | | | Q 164 973,00 | \$ 21 593,32 |
| COSTO TOTAL GENERAL (Q) | | | | Q 327 285,63 | \$ 42 838,43 |

Nota: tipo de cambio de 1\$ a Q 7,64

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXVII. **Costos de construcción, área de manufactura**

| Area de manufactura | | | | | |
|-----------------------------------|-------------------------|-----------------|---------------------------|-------------------|---------------------|
| 1. Material | Unidad de medida | Cantidad | Costo/unitario (Q) | TOTAL (Q) | TOTAL (\$) |
| Paral de madera de 8"x8"x17 pies | Unidad | 36 | Q 550,93 | Q 19 833,48 | \$ 2 596,01 |
| Paral de madera 8"x8"x10 pies | Unidad | 14 | Q 307,25 | Q 4 301,50 | \$ 563,03 |
| Viga de madera 4"x8"x31 pies | Unidad | 14 | Q 508,55 | Q 7 119,70 | \$ 931,90 |
| Viga de madera 4"x8"x10 pies | Unidad | 22 | Q 164,22 | Q 3 612,84 | \$ 472,88 |
| Viga de madera 4"x8"x24 pies | Unidad | 6 | Q 398,89 | Q 2 393,34 | \$ 313,26 |
| Costanera 4"x8"x22 pies | Unidad | 14 | Q 355,46 | Q 4 976,44 | \$ 651,37 |
| Regla de madera de 1"x10"x6 pies | Unidad | 63 | Q 145,50 | Q 9 166,50 | \$ 1 199,80 |
| Regla de madera de 1"x6"x10 pies | Unidad | 10 | Q 20,75 | Q 207,50 | \$ 27,16 |
| Tabla de madera de 1"x10"x10 pies | Unidad | 352 | Q 40,60 | Q 14 291,20 | \$ 1 870,58 |
| Lamina de aluminio de 12 pies | Unidad | 134 | Q 81,60, | Q 10 934,40 | \$ 1 431,20 |
| Lamina plástica de 12 pies | Unidad | 6 | Q 200,00 | Q 1 200,00 | \$ 157,07 |
| Clavo para madera de 3" | Libras | 60 | Q 6,00 | Q 360,00 | \$ 47,12 |
| Clavos para madera de 4" | Libras | 40 | Q 7,00 | Q 280,00 | \$ 36,65 |
| Clavo para madera de 5" | Libras | 40 | Q 8,00 | Q 320,00 | \$ 41,88 |
| Clavo para lámina | Libras | 60 | Q 10,00 | Q 600,00 | \$ 78,53 |
| Pared de ladrillo de arcilla | m ² | 68 | Q 102,00 | Q 6 936,00 | \$ 907,85 |
| Piso de concreto reforzado | m ² | 356,98 | Q 250,00 | Q 89 245,00 | \$ 11 681,28 |
| Malla ciclónica | Unidad | 50 | Q 640,00 | Q 32 000,00 | \$ 4 188,48 |
| Instalación eléctrica | Unidad | 1 | Q 6 000,00 | Q 6 000,00 | \$ 785,34 |
| Subtotal (Q) | | | | 213 777,90 | \$ 27 981,40 |

Continuación de la tabla XXVII.

| | | | | | |
|--------------------------------------|--------|---|-------------|---------------------|---------------------|
| 2. Mano de obra | | | | | |
| Construcción de galera | Unidad | 1 | Q 25 000,00 | Q 20 000,00 | \$ 2 617,80 |
| Instalación eléctrica | Unidad | 1 | Q 5 000,00 | Q 5 000,00 | \$ 654,45 |
| Subtotal (Q) | | | | Q 25 000,00 | \$ 3 272,25 |
| 3. Otros gastos | | | | | |
| Transporte de materiales | Flete | 6 | Q 700,00 | Q 4 200,00 | \$ 549,74 |
| Imprevisto 5 % de materiales | | | | Q 10 688,90 | \$ 1 399,07 |
| Subtotal (Q) | | | | Q 14 888,90 | \$ 1 948,81 |
| COSTO TOTAL (Q) | | | | Q 253 666,80 | \$ 33 202,46 |
| Nota: tipo de cambio de 1\$ a Q 7,64 | | | | | |

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXVIII. **Costos de construcción, área de administración**

| Área de Administración | | | | | |
|--------------------------------------|------------------|----------|--------------------|--------------------|--------------------|
| 1. Material | Unidad de medida | Cantidad | Costo/unitario (Q) | TOTAL (Q) | TOTAL (\$) |
| Paral de madera de 4"x4"x10 pies | Unidad | 2 | Q 83 34 | Q 166 68 | \$ 21 82 |
| Paral de madera de 4"x4"x9 pies | Unidad | 2 | Q 75 00 | Q 150 00 | \$ 19 63 |
| Viga de madera de 4"x4"x12 pies | Unidad | 2 | Q 99 52 | Q 199 04 | \$ 26 05 |
| Regla de madera de 4"x4"x12 pies | Unidad | 3 | Q 99 52 | Q 298 56 | \$ 39 08 |
| Regla de madera de 3"x6"x9 pies | Unidad | 2 | Q 57 85 | Q 115 70 | \$ 15 14 |
| Tabla de madera de 1"x10"x6 pies | Unidad | 5 | Q 24 75 | Q 123 75 | \$ 16 20 |
| Tabla de madera de 1"x10"x5 pies | Unidad | 8 | Q 20 62 | Q 164 96 | \$ 21 59 |
| Lamina de aluminio de 14 pies | Unidad | 5 | Q 95 20 | Q 476 00 | \$ 62 30 |
| Clavo para madera de 3" | Libras | 3 | Q 6 00 | Q 18 00 | \$ 2 36 |
| Clavos para madera de 4" | Libras | 2 | Q 7 00 | Q 14 00 | \$ 1 83 |
| Clavo para madera de 5" | Libras | 2 | Q 8 00 | Q 16 00 | \$ 2 09 |
| Clavo para lámina | Libras | 3 | Q 10 00 | Q 30 00 | \$ 3 93 |
| Pared de ladrillo de arcilla | m ² | 4 | Q 102 00 | Q 408 00 | \$ 53 40 |
| Piso de concreto reforzado | m ² | 4 | Q 250 00 | Q 1 000 00 | \$ 130 89 |
| Puerta prefabricada de madera | Unidad | 1 | Q 600 00 | Q 600 00 | \$ 78 53 |
| Instalación eléctrica | Unidad | 1 | Q 500 00 | Q 500 00 | \$ 65 45 |
| Subtotal (Q) | | | | Q 4 280,69 | \$ 560,30 |
| 2. Mano de obra | | | | | |
| Construcción de galera | Unidad | 1 | Q 5 000,00 | Q 5 000,00 | \$ 6554,45 |
| Instalación eléctrica | Unidad | 1 | Q 600,00 | Q 600,00 | \$ 78,53 |
| Subtotal (Q) | | | | Q 5 600,00 | \$ 732,98 |
| 3. Otros gastos | | | | | |
| Transporte de materiales | Flete | 1 | Q 400 00 | Q 400,00 | \$ 52,36 |
| Imprevisto 5 % de materiales | | | | Q 214,03 | \$ 28,01 |
| Subtotal (Q) | | | | Q 614,03 | \$ 80,37 |
| COSTO TOTAL (Q) | | | | Q 10 494,72 | \$ 1 373,65 |
| Nota: tipo de cambio de 1\$ a Q 7,64 | | | | | |

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXIX. **Costos generales de construcción**

| Resumen: costos de construcción general | | |
|------------------------------------------------|---------------------|----------------------|
| Área | Subtotal (Q) | Subtotal (\$) |
| Registros | Q 10 494,72 | \$ 1 373,65 |
| Recepción de madera | Q 91 920,63 | \$ 12 031,50 |
| Producción | Q 327 285,63 | \$ 42 838,43 |
| Manufactura | Q 253 666,80 | \$ 33 202,46 |
| Administración | Q 10 494,72 | \$ 1 373,65 |
| Costo total | Q 693 862,50 | \$ 90 819,70 |
| Nota: tipo de cambio de 1\$ a Q 7,64 | | |

Fuente: elaboración propia.

El costo total para ejecutar el proyecto de la planta de producción de carbón asciende a la cantidad de seiscientos noventa y tres mil ochocientos sesenta y dos con cincuenta centavos.

2.8. Análisis financiero del proyecto

Para evaluar la prefactibilidad del proyecto se realizó un análisis financiero. A continuación, se presentan los detalles de la inversión total, costo total e ingresos totales, flujo de fondos y sus indicadores, análisis de sensibilidad y sus indicadores.

Tabla XXX. Inversión del proyecto

| Inversión del proyecto | | | | | | | | |
|------------------------------------------|---------------------------------------|--------------------|-------|----------------------|---------------------|-----------|-----------------------|------------------------|
| Núm. | Descripción | Unidades de medida | Cant. | Costo total (Q) | Costo total(\$) | Vida útil | Depreciación anual(Q) | Depreciación anual(\$) |
| INFRAESTRUCTURA DEL PROYECTO | | | | | | | | |
| 1 | Área de registros | Unidad | 1 | Q10 494,72 | \$1 373,65 | 20 | Q524,74 | \$68,68 |
| 2 | Área de recepción de madera | Unidad | 1 | Q91 920,63 | \$12 031,50 | 20 | Q4 596,03 | \$601,57 |
| 3 | Área de producción | Unidad | 1 | Q327 285,63 | \$42 838,43 | 20 | Q16 364,28 | \$2 141,92 |
| 4 | Área de manufactura | Unidad | 1 | Q253 666,80 | \$33 202,46 | 20 | Q12 683,34 | \$1 660,12 |
| 5 | Área de administración | Unidad | 1 | Q10 494,72 | \$1 373,65 | 20 | Q524,74 | \$68,68 |
| INTALACIÓN DE MAQUINARIA Y EQUIPO | | | | | | | | |
| 1 | Clasificadoras vibratorias | Unidad | 2 | Q40 000,00 | \$5 235,60 | 15 | Q2 666,67 | \$349,04 |
| 2 | Pesas digitales industriales | Unidad | 4 | Q20 000,00 | \$2 617,80 | 15 | Q1 333,33 | \$174,52 |
| 3 | Selladoras de costales | Unidad | 2 | Q10 000,00 | \$1 308,90 | 15 | Q666,67 | \$87,26 |
| 4 | Selladoras térmica | Unidad | 1 | Q4 000,00 | \$523,56 | 15 | Q266,67 | \$34,90 |
| 5 | Grapadora industrial | Unidad | 1 | Q2 500,00 | \$327,23 | 15 | Q166,67 | \$21,82 |
| 6 | Ficop diesel con carreton | Unidad | 1 | Q50 000,00 | \$6 544,50 | 5 | Q10 000,00 | \$1 308,90 |
| 7 | carretas | Unidad | 12 | Q3 600,00 | \$471,20 | 15 | Q240,00 | \$31,41 |
| 8 | Palas | Unidad | 12 | Q600,00 | \$78,53 | 15 | Q40,00 | \$5,24 |
| INGENIERÍA | | | | | | | | |
| 1 | Planificación de permisos y licencias | Unidad | 1 | Q30 000,00 | \$3 926,70 | 20 | Q1 500,00 | \$196,34 |
| 2 | Preparación de la obra, supervisión | Unidad | 1 | Q100 000,00 | \$13 089,01 | 20 | Q5 000,00 | \$654,45 |
| 3 | Imprevistos | % | 10% | Q95 456,25 | \$12 494,27 | 20 | Q5 657,31 | \$740,49 |
| 4 | Planificación en detalle | % | 5% | Q47 728,13 | \$6 247,14 | 20 | Q2 828,66 | \$370,24 |
| TOTAL INVERSIÓN | | | | Q1 097 746,88 | \$143 684,15 | | Q65 059,09 | \$8 515,59 |
| Nota: Tipo de cambio de 1\$ a Q7,64 | | | | | | | | |

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXI. Costos del proyecto

| Descripción | Cantidad/mes | Cantidad/anual | Unidad | Costo (Q)/mes | Costo (\$)/mes | Costo (Q)/anual | Costo (\$)/anual |
|----------------------------------------------------------------|--------------|----------------|--------------|-------------------|-------------------|--------------------|---------------------|
| Gerente del proyecto | 1 | 12 | Sueldo | Q6 000,00 | \$785,34 | Q72 000,00 | \$9 424,08 |
| Administración proyecto | 1 | 12 | Sueldo | Q3 500,00 | \$458,12 | Q42 000,00 | \$5 497,38 |
| Materia prima (madera <i>Quercus sp.</i>) | 648 | 7776 | Metro Lineal | Q6 480,00 | \$848,17 | Q77 760,00 | \$10 178,01 |
| Extracción (madera <i>Quercus sp.</i>) | 4 | 48 | Unidad | Q9 720,00 | \$1 272,25 | Q116 640,00 | \$15 267,02 |
| Transporte (madera <i>Quercus sp.</i>) | 22 | 264 | Viajes | Q6 480,00 | \$848,17 | Q77 760,00 | \$10 178,01 |
| Mano de obra (producción y manufactura) | 8 | 96 | Sueldo | Q19 200,00 | \$2 513,09 | Q230 400,00 | \$30 157,07 |
| Transporte final del carbón | 4 | 48 | Viajes | Q6 480,00 | \$848,17 | Q77 760,00 | \$10 178,01 |
| Mantenimiento de hornos (cal, agua, ladrillos, barro) | 1 | 12 | Unidad | Q500,00 | \$65,45 | Q6 000,00 | \$785,34 |
| Insumos de manufactura (tarimas, sacos, bolsas, grapas y pita) | 20 | 240 | Unidad | Q5 000,00 | \$654,45 | Q60 000,00 | \$7 853,40 |
| Consumo de energía eléctrica (proyecto) | 1 | 12 | Unidad | Q2 000,00 | \$261,78 | Q24 000,00 | \$3 141,36 |
| Consumo de agua (proyecto) | 1 | 12 | Unidad | Q500,00 | \$65,45 | Q6 000,00 | \$785,34 |
| Imprevistos 5 % (costos del proyecto) | 1 | 12 | | Q3 293,00 | \$431,02 | Q39 516,00 | \$5 172,25 |
| TOTAL | | | | Q69 153,00 | \$9 051,44 | Q829 836,00 | \$108 617,28 |
| Nota: tipo de cambio de 1\$ a Q 7,64 | | | | | | | |

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXII. Producción e ingresos del proyecto

| Núm. año | Producción (libas) | | | | Ingreso promedio | | | |
|--------------------------------------------------------|--------------------|------------------|-------------------|-------------------|------------------|----------------|-------------------|------------------|
| | Mes mínima | Mes máxima | Anual mínima | Anual máxima | Mes (Q) | Mes (\$) | Anual (Q) | Anual (\$) |
| 1 | 77 760 | 112 320 | 933 120 | 1 347 840 | Q114 998,40 | Q15 052,15 | Q1 379 980,80 | Q180 625,76 |
| 2 | 77 760 | 112 320 | 933 120 | 1 347 840 | Q114 998,40 | Q15 052,15 | Q1 379 980,80 | Q180 625,76 |
| 3 | 77 760 | 112 320 | 933 120 | 1 347 840 | Q114 998,40 | Q15 052,15 | Q1 379 980,80 | Q180 625,76 |
| 4 | 77 760 | 112 320 | 933 120 | 1 347 840 | Q114 998,40 | Q15 052,15 | Q1 379 980,80 | Q180 625,76 |
| 5 | 77 760 | 112 320 | 933 120 | 1 347 840 | Q114 998,40 | Q15 052,15 | Q1 379 980,80 | Q180 625,76 |
| 6 | 77 760 | 112 320 | 933 120 | 1 347 840 | Q114 998,40 | Q15 052,15 | Q1 379 980,80 | Q180 625,76 |
| 7 | 77 760 | 112 320 | 933 120 | 1 347 840 | Q114 998,40 | Q15 052,15 | Q1 379 980,80 | Q180 625,76 |
| 8 | 77 760 | 112 320 | 933 120 | 1 347 840 | Q114 998,40 | Q15 052,15 | Q1 379 980,80 | Q180 625,76 |
| 9 | 77 760 | 112 320 | 933 120 | 1 347 840 | Q114 998,40 | Q15 052,15 | Q1 379 980,80 | Q180 625,76 |
| 10 | 77 760 | 112 320 | 933 120 | 1 347 840 | Q114 998,40 | Q15 052,15 | Q1 379 980,80 | Q180 625,76 |
| 11 | 77 760 | 112 320 | 933 120 | 1 347 840 | Q114 998,40 | Q15 052,15 | Q1 379 980,80 | Q180 625,76 |
| 12 | 77 760 | 112 320 | 933 120 | 1 347 840 | Q114 998,40 | Q15 052,15 | Q1 379 980,80 | Q180 625,76 |
| 13 | 77 760 | 112 320 | 933 120 | 1 347 840 | Q114 998,40 | Q15 052,15 | Q1 379 980,80 | Q180 625,76 |
| 14 | 77 760 | 112 320 | 933 120 | 1 347 840 | Q114 998,40 | Q15 052,15 | Q1 379 980,80 | Q180 625,76 |
| 15 | 77 760 | 112 320 | 933 120 | 1 347 840 | Q114 998,40 | Q15 052,15 | Q1 379 980,80 | Q180 625,76 |
| 16 | 77 760 | 112 320 | 933 120 | 1 347 840 | Q114 998,40 | Q15 052,15 | Q1 379 980,80 | Q180 625,76 |
| 17 | 77 760 | 112 320 | 933 120 | 1 347 840 | Q114 998,40 | Q15 052,15 | Q1 379 980,80 | Q180 625,76 |
| 18 | 77 760 | 112 320 | 933 120 | 1 347 840 | Q114 998,40 | Q15 052,15 | Q1 379 980,80 | Q180 625,76 |
| 19 | 77 760 | 112 320 | 933 120 | 1 347 840 | Q114 998,40 | Q15 052,15 | Q1 379 980,80 | Q180 625,76 |
| 20 | 77 760 | 112 320 | 933 120 | 1 347 840 | Q114 998,40 | Q15 052,15 | Q1 379 980,80 | Q180 625,76 |
| TOTAL | 1 555 200 | 2 246 400 | 18 662 400 | 26 956 800 | 2 299 968 | 301 043 | 27 599 616 | 3 612 515 |
| Nota: precio de venta estimado (Q 1,21/L, \$0,16/Saco) | | | | | | | | |
| Nota: tipo de cambio de 1\$ a Q 7,64 | | | | | | | | |

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXIII. Flujo de fondos del proyecto

| FLUJO DE FONDOS DEL PROYECTO DE PLANTA DE PRODUCCIÓN DE CARBÓN | | | | | | | | | |
|----------------------------------------------------------------|-----------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| Rubro | Año | | | | | | | | |
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| (+) Ingreso de prod. De carbon | | 1379 980,80 | 1407 580,42 | 1435 732,02 | 1464 446,66 | 1493 735,60 | 1523 610,31 | 1554 082,52 | 1585 164,17 |
| | | 1 379 980,80 | 1 407 580,42 | 1 435 732,02 | 1 464 446,66 | 1 493 735,60 | 1 523 610,31 | 1 554 082,52 | 1 585 164,17 |
| Costos | | | | | | | | | |
| Gerente del proyecto | | Q72 000,00 | Q72 720,00 | Q73 447,20 | Q74 181,67 | Q74 923,49 | Q75 672,72 | Q76 429,45 | Q77 193,75 |
| Administración proyecto | | Q42 000,00 | Q42 420,00 | Q42 844,20 | Q43 272,84 | Q43 705,37 | Q44 142,42 | Q44 583,85 | Q45 029,68 |
| Materia prima (madera Quercus sp.) | | Q77 760,00 | Q78 537,60 | Q79 322,98 | Q80 116,21 | Q80 917,37 | Q81 726,54 | Q82 543,81 | Q83 369,24 |
| Extracción (madera Quercus sp.) | | Q116 640,00 | Q117 806,40 | Q118 984,46 | Q120 174,31 | Q121 376,05 | Q122 589,81 | Q123 815,71 | Q125 053,87 |
| Transporte (madera Quercus sp.) | | Q77 760,00 | Q78 537,60 | Q79 322,98 | Q80 116,21 | Q80 917,37 | Q81 726,54 | Q82 543,81 | Q83 369,24 |
| Mano de obra (producción y manufactura) | | Q230 400,00 | Q232 704,00 | Q235 031,04 | Q237 381,35 | Q239 755,16 | Q242 152,72 | Q244 574,24 | Q247 019,99 |
| Transporte final del carbón | | Q77 760,00 | Q78 537,60 | Q79 322,98 | Q80 116,21 | Q80 917,37 | Q81 726,54 | Q82 543,81 | Q83 369,24 |
| Mantenimiento de hornos (cal, agua, ladrillos, barro) | | Q6 000,00 | Q6 060,00 | Q6 120,60 | Q6 181,81 | Q6 243,62 | Q6 306,06 | Q6 369,12 | Q6 432,81 |
| Insumos de manufactura (tarimas, sacos, bolsas, grapas y pita) | | Q60 000,00 | Q60 600,00 | Q61 206,00 | Q61 818,06 | Q62 436,24 | Q63 060,60 | Q63 691,21 | Q64 328,12 |
| Consumo de energía eléctrica (proyecto) | | Q24 000,00 | Q24 240,00 | Q24 482,40 | Q24 727,22 | Q24 974,50 | Q25 224,24 | Q25 476,48 | Q25 731,25 |
| Consumo de agua (proyecto) | | Q6 000,00 | Q6 060,00 | Q6 120,60 | Q6 181,81 | Q6 243,62 | Q6 306,06 | Q6 369,12 | Q6 432,81 |
| Imprevistos 5 % (costos del proyecto) | | Q39 516,00 | Q39 911,16 | Q40 310,27 | Q40 713,37 | Q41 120,51 | Q41 531,71 | Q41 947,03 | Q42 366,50 |
| Costos fijos totales | | 829 836,00 | 838 134,36 | 846 515,70 | 854 980,86 | 863 530,67 | 872 165,98 | 880 887,64 | 889 696,51 |
| Ganancias gravables | | Q550 144,80 | Q569 446,06 | Q589 216,32 | Q609 465,80 | Q630 204,93 | Q651 444,33 | Q673 194,88 | Q695 467,65 |
| (-) Impuestos directos | | Q66 017,38 | Q68 333,53 | Q70 705,96 | Q73 135,90 | Q75 624,59 | Q78 173,32 | Q80 783,39 | Q83 456,12 |
| Ganancias netas | | Q484 127,42 | Q501 112,53 | Q518 510,36 | Q536 329,91 | Q554 580,34 | Q573 271,01 | Q592 411,49 | Q612 011,54 |
| (+) Depreciación | | Q65 059,09 | Q65 059,09 | Q65 059,09 | Q65 059,09 | Q65 059,09 | Q65 059,09 | Q65 059,09 | Q65 059,09 |
| (+) Intereses | | Q0,00 | Q0,00 | Q0,00 | Q0,00 | Q0,00 | Q0,00 | Q0,00 | Q0,00 |
| (+) Préstamo recibido | Q0,00 | Q0,00 | Q0,00 | Q0,00 | Q0,00 | Q0,00 | Q0,00 | Q0,00 | Q0,00 |
| (-) Costo de Inversión | Q1097 746,88 | Q0,00 | Q0,00 | Q0,00 | Q0,00 | Q0,00 | Q0,00 | Q0,00 | Q0,00 |
| (-) Amortización a capital | | Q0,00 | Q0,00 | Q0,00 | Q0,00 | Q0,00 | Q0,00 | Q0,00 | Q0,00 |
| FLUJO NETO DE FONDOS (Q) | -Q1 097 746,88 | Q549 186,52 | Q566 171,62 | Q583 569,46 | Q601 389,00 | Q619 639,43 | Q638 330,11 | Q657 470,59 | Q677 070,63 |
| FLUJO NETO DE FONDOS (\$) | -\$ 143 684,15 | \$ 71 883,05 | \$ 74 106,23 | \$ 76 383,44 | \$ 78 715,84 | \$ 81 104,64 | \$ 83 551,06 | \$ 86 056,36 | \$ 88 621,81 |

Continuación de la tabla XXXIII.

| FLUJO DE FONDOS DEL PROYECTO DE PLANTA DE PRODUCCIÓN DE CARBÓN | | | | | | | | | | | |
|----------------------------------------------------------------|--------------|--------------|--------------|---------------|---------------|--------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| Año | | | | | | | | | | | |
| 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
| 1616 867,45 | 1649 204,80 | 1682 188,89 | 1715 832,67 | 1750 149,33 | 1785 152,31 | 1820 855,36 | 1857 272,47 | 1894 417,92 | 1932 306,27 | 1970 952,40 | 2 010 371,45 |
| 1 616 867,45 | 1 649 204,80 | 1 682 188,89 | 1 715 832,67 | 1 750 149,33 | 1 785 152,31 | 1 820 855,36 | 1 857 272,47 | 1 894 417,92 | 1 932 306,27 | 1 970 952,40 | 2 010 371,45 |
| Q77 965,68 | Q78 745,34 | Q79 532,79 | Q80 328,12 | Q81 131,40 | Q81942,72 | Q82 762,14 | Q83 589,76 | Q84 425,66 | Q85 269,92 | Q86 122,62 | Q86 983,84 |
| Q45 479,98 | Q45 934,78 | Q46 394,13 | Q46 858,07 | Q47 326,65 | Q47 799,92 | Q48 277,92 | Q48 760,70 | Q49 248,30 | Q49 740,79 | Q50 238,19 | Q50 740,58 |
| Q84 202,94 | Q85 044,97 | Q85 895,42 | Q86 754,37 | Q87 621,91 | Q88 498,13 | Q89 383,11 | Q90 276,95 | Q91 179,72 | Q92 091,51 | Q93 012,43 | Q93 942,55 |
| Q126 304,41 | Q127 567,45 | Q128 843,12 | Q130 131,56 | Q131432,87 | Q132 747,20 | Q134 074,67 | Q135 415,42 | Q136 769,57 | Q138 137,27 | Q139 518,64 | Q140 913,83 |
| Q84 202,94 | Q85 044,97 | Q85 895,42 | Q86 754,37 | Q87 621,91 | Q88 498,13 | Q89 383,11 | Q90 276,95 | Q91 179,72 | Q92 091,51 | Q93 012,43 | Q93 942,55 |
| Q249 490,18 | Q251985,09 | Q254 504,94 | Q257 049,99 | Q259 620,49 | Q262 216,69 | Q264 838,86 | Q267 487,25 | Q270 162,12 | Q272 863,74 | Q275 592,38 | Q278 348,30 |
| Q84 202,94 | Q85 044,97 | Q85 895,42 | Q86 754,37 | Q87 621,91 | Q88 498,13 | Q89 383,11 | Q90 276,95 | Q91 179,72 | Q92 091,51 | Q93 012,43 | Q93 942,55 |
| Q6 497,14 | Q6 562,11 | Q6 627,73 | Q6 694,01 | Q6 760,95 | Q6 828,56 | Q6 896,85 | Q6 965,81 | Q7 035,47 | Q7 105,83 | Q7 176,88 | Q7 248,65 |
| Q64 971,40 | Q65 621,12 | Q66 277,33 | Q66 940,10 | Q67 609,50 | Q68 285,60 | Q68 968,45 | Q69 658,14 | Q70 354,72 | Q71058,27 | Q71768,85 | Q72 486,54 |
| Q25 988,56 | Q26 248,45 | Q26 510,93 | Q26 776,04 | Q27 043,80 | Q27 314,24 | Q27 587,38 | Q27 863,25 | Q28 141,89 | Q28 423,31 | Q28 707,54 | Q28 994,61 |
| Q6 497,14 | Q6 562,11 | Q6 627,73 | Q6 694,01 | Q6 760,95 | Q6 828,56 | Q6 896,85 | Q6 965,81 | Q7 035,47 | Q7 105,83 | Q7 176,88 | Q7 248,65 |
| Q42 790,17 | Q43 218,07 | Q43 650,25 | Q44 086,75 | Q44 527,62 | Q44 972,89 | Q45 422,62 | Q45 876,85 | Q46 335,62 | Q46 798,97 | Q47 266,96 | Q47 739,63 |
| 898 593,48 | 907 579,41 | 916 655,21 | 925 821,76 | 935 079,98 | 944 430,78 | 953 875,08 | 963 413,83 | 973 047,97 | 982 778,45 | 992 606,24 | 1 002 532,30 |
| Q718 273,97 | Q741 625,39 | Q765 533,69 | Q790 010,91 | Q815 069,35 | Q840 721,54 | Q866 980,28 | Q893 858,63 | Q921 369,94 | Q949 527,82 | Q978 346,16 | Q1 007 839,15 |
| Q86 192,88 | Q88 995,05 | Q91864,04 | Q94 801,31 | Q97 808,32 | Q100 886,58 | Q104 037,63 | Q107 263,04 | Q110 564,39 | Q113 943,34 | Q117 401,54 | Q120 940,70 |
| Q632 081,10 | Q652 630,34 | Q673 669,65 | Q695 209,60 | Q717 261,03 | Q739 834,95 | Q762 942,64 | Q786 595,60 | Q810 805,55 | Q835 584,48 | Q860 944,62 | Q886 898,45 |
| Q65 059,09 | Q65 059,09 | Q65 059,09 | Q65 059,09 | Q65 059,09 | Q65 059,09 | Q65 059,09 | Q65 059,09 | Q65 059,09 | Q65 059,09 | Q65 059,09 | Q65 059,09 |
| Q0,00 | Q0,00 | Q0,00 | Q0,00 | Q0,00 | Q0,00 | Q0,00 | Q0,00 | Q0,00 | Q0,00 | Q0,00 | Q0,00 |
| Q0,00 | Q0,00 | Q0,00 | Q0,00 | Q0,00 | Q0,00 | Q0,00 | Q0,00 | Q0,00 | Q0,00 | Q0,00 | Q0,00 |
| Q0,00 | Q0,00 | Q0,00 | Q0,00 | Q0,00 | Q0,00 | Q130 700,00 | Q0,00 | Q0,00 | Q0,00 | Q0,00 | Q0,00 |
| Q0,00 | Q0,00 | Q0,00 | Q0,00 | Q0,00 | Q0,00 | Q0,00 | Q0,00 | Q0,00 | Q0,00 | Q0,00 | Q0,00 |
| Q697 140,19 | Q717 689,43 | Q738 728,74 | Q760 268,70 | Q782 320,12 | Q804 894,05 | Q827 301,74 | Q851 654,69 | Q875 864,64 | Q900 643,58 | Q926 003,72 | Q951 957,54 |
| \$ 91 248,72 | \$ 93 938,41 | \$ 96 692,24 | \$ 99 511,61 | \$ 102 397,92 | \$ 105 352,62 | \$ 91 269,86 | \$ 111 473,13 | \$ 114 641,97 | \$ 117 885,28 | \$ 121 204,67 | \$ 124 601,77 |

Fuente: elaboración propia.

2.8.1. Resultado de análisis financiero

Los resultados obtenidos de los indicadores financieros sin análisis de sensibilidad realizado al proyecto de diseño de la planta de producción de carbón proporcionaron los siguientes datos.

- Tasa interna de retorno TIR: 53 %

Como la tasa de interés que manejan los bancos es del 6 % y la TIR es mayor, el proyecto es conveniente.

- Valor actual neto VAN
 - Q 2 959 472,21
 - \$ 387 365,47

Es un valor positivo, por lo tanto, el proyecto es conveniente.

- Relación beneficio/costo B/C: 1,47
Como es mayor que uno, el proyecto es conveniente.
- Índice de rentabilidad: 3,70
Como es mayor que uno, el proyecto es conveniente.

Tabla XXXIV. **Resumen del análisis financiero**

| INDICADOR | VALOR | |
|-----------|----------------|---------------|
| TIR | 53 % | |
| VPN | Q 2 959 472,21 | \$ 387 365,47 |
| Rel. B/C | 1,47 | |
| IR | 3,70 | |

Fuente: elaboración propia.

3. FASE DE INVESTIGACIÓN. PROPUESTA DE MANEJO DE RESIDUOS DEL APROVECHAMIENTO DEL BOSQUE EN FINCA EL APAZOTE, SANTA CRUZ EL CHOL, BAJA VERAPAZ

3.1. Diagnóstico de la situación actual

La finca El Apazote cuenta con un bosque potencial para la generación de residuos, debido a que durante el aprovechamiento que la empresa Norte & Sur realizar en dicha finca rechazar; ramas delgadas y hojas que deja en el bosque sin ningún tipo de manejo y uso.

Los residuos provocan problemas a la empresa Norte & Sur al ser un peligro al propiciar incendios en los bosques.

Éste diagnóstico se determinó con la herramienta de análisis de la información obtenida del proceso de producción de carbón en el inciso 2.1.1. del corte de la madera según las especificaciones de la tabla I.

3.1.1. Metodología

Para estudiar el potencial de madera comercial (troza) y residual (leña palito, ramas delgadas y hojas) que generará el aprovechamiento, se utilizó una herramienta de estudio: el inventario forestal.

Tras conocer los resultados del inventario forestal se propone una solución alternativa.

3.1.2. Inventario forestal

El inventario forestal es una herramienta estadística para la determinación del volumen de madera disponible dentro de un área en la cual se tiene interés. A continuación, se detalla la investigación realizada en el bosque de *Quercus* sp. de la finca El Apazote.

3.1.2.1. Levantamiento de datos de campo

La investigación inicia con una visita de campo al bosque para hacer la toma de datos de una sola parcela de la cual se sacará una muestra representativa de todo el rodal del bosque.

Consiste en ubicar un punto al azar dentro del área de la finca que se quiere aprovechar del bosque. Al considerar una circunferencia de aproximadamente 12,5 m de radio se logra investigar un área de 490 m² y con estos datos se estimará las variables para determinar el área total del rodal.

Se analizaron seis árboles dentro de la parcela y con instrumentos de medición se determinó: la altura con un ipsómetro y la circunferencia con una cinta métrica. Así también por medio de un relascope se realizó un recuento de árboles dentro de la parcela.

La cubicación de productos y residuos se realizó en conjunto al inventario forestal para cuantificar los metros cúbicos que se generan de productos aprovechados y residuos no aprovechados.

El procedimiento a seguir es apeare los 6 árboles que se estudiarán en el inventario forestal y cuantificar los productos por medio de sus dimensiones, factores de forma y fórmulas de cubicación.

3.1.2.2. Fase de gabinete

Luego de realizar el levantamiento de datos de campo se procede a hacer el ordenamiento de información y uso de fórmulas para los cálculos. El estudio de los seis árboles sirve para sacar la regresión y proyectar los datos de las demás alturas de los árboles del inventario. El objetivo es saber el número de árboles/ha y calcular el área basal y volumen por árbol y por hectárea.

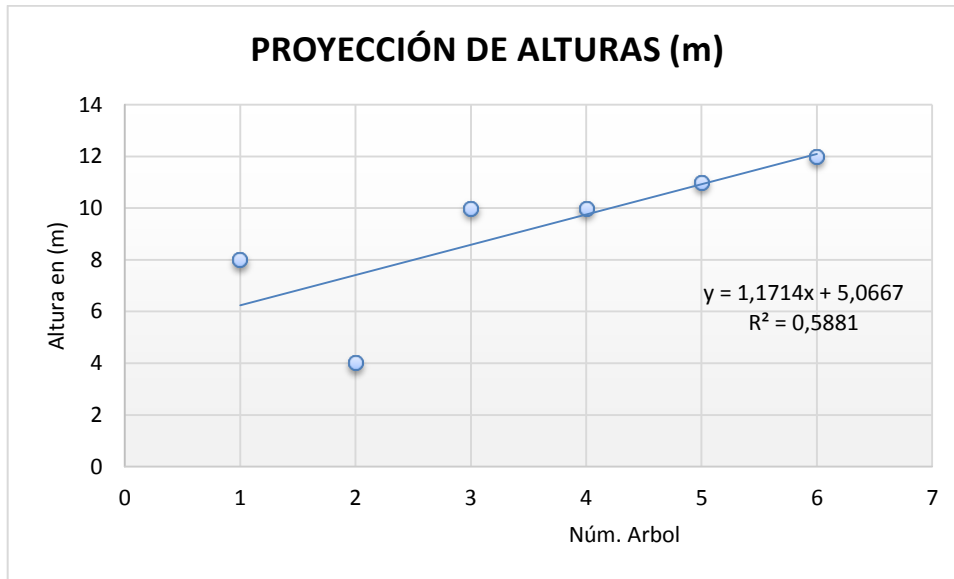
El parámetro del estudio para la evaluación de los árboles es con un DAP (diámetro a la altura del pecho) que oscile entre: (20-40) cm.

Tabla XXXV. Datos obtenidos de campo para inventario

| Núm. árbol | DAP (cm) | Altura (m) |
|------------|----------|------------|
| 1 | 23 | 8 |
| 2 | 20 | 4 |
| 3 | 25 | 10 |
| 4 | 27 | 10 |
| 5 | 28 | 11 |
| 6 | 33 | 12 |

Fuente: elaboración propia.

Figura 50. **Gráfica de proyección de altura de árboles**



Fuente: elaboración propia.

Las estimaciones sobre los seis árboles se proyecta por medio de las siguientes variables Y y R^2 con lo cual es posible determinar la altura y DAP del recuento de árboles.

Tabla XXXVI. **Datos obtenidos de campo para estimación de volúmenes**

| Núm. Árbol | Troza(m3) | Leña palito NA PALITO (m3) $\geq 2.5\text{cm}$ de diámetro | Ramas delgadas y hojas (m3) $\leq 2.5\text{cm}$ de diámetro | SUBTOTAL(m3) |
|-------------------|--------------|------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|--------------|
| 1 | 0,184 | 0,077 | 0,046 | 0,306 |
| 2 | 0,190 | 0,079 | 0,047 | 0,316 |
| 3 | 0,196 | 0,082 | 0,049 | 0,326 |
| 4 | 0,202 | 0,084 | 0,051 | 0,337 |
| 5 | 0,208 | 0,087 | 0,052 | 0,347 |
| 6 | 0,215 | 0,090 | 0,054 | 0,358 |
| TOTAL (m³) | 1,195 | 0,498 | 0,299 | 1,991 |

Fuente: elaboración propia.

3.1.2.3. Resultados

A continuación, se pueden apreciar las respectivas estimaciones del inventario y de la cubicación derivadas del estudio realizado sobre la especie *Quercus sp.* en el bosque de la finca El Apazote.

Tabla XXXVII. Estimación de inventario

| Núm. árbol | Especie | CIRC (cm) | DAP (cm) | ALT (cm) | AB (m2) | Vol. total (m3) | Utilizado | No utilizado | |
|-------------------|------------|-----------|----------|----------|---------|-----------------|----------------|-----------------|-------------|
| | | | | | | | Vol (m3)/árbol | Vol (m3) /árbol | |
| 1 | Quercus SP | 78 | 24,829 | 9,879 | 0,048 | 0,306 | 0,260 | 0,046 | |
| 2 | Quercus SP | 79 | 25,147 | 9,947 | 0,050 | 0,316 | 0,269 | 0,047 | |
| 3 | Quercus SP | 80 | 25,466 | 10,014 | 0,051 | 0,326 | 0,277 | 0,049 | |
| 4 | Quercus SP | 81 | 25,784 | 10,080 | 0,052 | 0,337 | 0,286 | 0,051 | |
| 5 | Quercus SP | 82 | 26,102 | 10,146 | 0,054 | 0,347 | 0,295 | 0,052 | |
| 6 | Quercus SP | 83 | 26,420 | 10,212 | 0,055 | 0,358 | 0,305 | 0,054 | |
| 7 | Quercus SP | 84 | 26,739 | 10,278 | 0,056 | 0,369 | 0,314 | 0,055 | |
| 8 | Quercus SP | 85 | 27,057 | 10,343 | 0,057 | 0,381 | 0,324 | 0,057 | |
| 9 | Quercus SP | 86 | 27,375 | 10,408 | 0,059 | 0,392 | 0,333 | 0,059 | |
| 10 | Quercus SP | 87 | 27,694 | 10,472 | 0,060 | 0,404 | 0,343 | 0,061 | |
| 11 | Quercus SP | 88 | 28,012 | 10,536 | 0,062 | 0,416 | 0,353 | 0,062 | |
| 12 | Quercus SP | 89 | 28,330 | 10,600 | 0,063 | 0,428 | 0,363 | 0,064 | |
| 13 | Quercus SP | 90 | 28,649 | 10,663 | 0,064 | 0,440 | 0,374 | 0,066 | |
| 14 | Quercus SP | 91 | 28,967 | 10,726 | 0,066 | 0,452 | 0,385 | 0,068 | |
| 15 | Quercus SP | 92 | 29,285 | 10,789 | 0,067 | 0,465 | 0,395 | 0,070 | |
| 16 | Quercus SP | 93 | 29,604 | 10,851 | 0,069 | 0,478 | 0,406 | 0,072 | |
| 17 | Quercus SP | 94 | 29,922 | 10,913 | 0,070 | 0,491 | 0,417 | 0,074 | |
| 18 | Quercus SP | 95 | 30,240 | 10,975 | 0,072 | 0,504 | 0,429 | 0,076 | |
| 19 | Quercus SP | 96 | 30,559 | 11,037 | 0,073 | 0,518 | 0,440 | 0,078 | |
| 20 | Quercus SP | 97 | 30,877 | 11,098 | 0,075 | 0,532 | 0,452 | 0,080 | |
| 21 | Quercus SP | 98 | 31,195 | 11,159 | 0,076 | 0,546 | 0,464 | 0,082 | |
| 22 | Quercus SP | 99 | 31,514 | 11,219 | 0,078 | 0,560 | 0,476 | 0,084 | |
| 23 | Quercus SP | 100 | 31,832 | 11,280 | 0,080 | 0,575 | 0,488 | 0,086 | |
| 24 | Quercus SP | 101 | 32,150 | 11,340 | 0,081 | 0,589 | 0,501 | 0,088 | |
| 25 | Quercus SP | 102 | 32,469 | 11,400 | 0,083 | 0,604 | 0,513 | 0,091 | |
| 26 | Quercus SP | 103 | 32,787 | 11,459 | 0,084 | 0,619 | 0,526 | 0,093 | |
| 27 | Quercus SP | 104 | 33,105 | 11,518 | 0,086 | 0,635 | 0,539 | 0,095 | |
| 28 | Quercus SP | 105 | 33,424 | 11,577 | 0,088 | 0,650 | 0,553 | 0,098 | |
| 29 | Quercus SP | 106 | 33,742 | 11,636 | 0,089 | 0,666 | 0,566 | 0,100 | |
| 30 | Quercus SP | 107 | 34,060 | 11,694 | 0,091 | 0,682 | 0,580 | 0,102 | |
| 31 | Quercus SP | 108 | 34,378 | 11,753 | 0,093 | 0,698 | 0,593 | 0,105 | |
| 32 | Quercus SP | 109 | 34,697 | 11,811 | 0,095 | 0,715 | 0,607 | 0,107 | |
| 33 | Quercus SP | 110 | 35,015 | 11,868 | 0,096 | 0,731 | 0,622 | 0,110 | |
| 34 | Quercus SP | 111 | 35,333 | 11,926 | 0,098 | 0,748 | 0,636 | 0,112 | |
| 35 | Quercus SP | 112 | 35,652 | 11,983 | 0,100 | 0,766 | 0,651 | 0,115 | |
| 36 | Quercus SP | 113 | 35,970 | 12,040 | 0,102 | 0,783 | 0,666 | 0,117 | |
| TOTAL (m3) | | | | | | 2,19 | 18,83 | 16,00 | 2,82 |

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXVIII. **Resumen de proyección del inventario**

| Especie | Núm. árboles | Ab (m ²)/par | vol. (m ³)/par | Árbol (m ²)/ha | Árbol (m ³)/ha | Vol. (m ³)/ha |
|-------------|--------------|--------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------|
| Quercus spp | 36 | 2,19 | 18,83 | 240 | 14,59 | 125,39 |

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXIX. **Resumen de proyección de cubicación**

| % Promedio de aprovechamiento/ árbol | | | |
|--------------------------------------|--------------------|-----------------|-----------|
| Troza | Leña palito ≥2.5cm | Residuos ≤2.5cm | Total (%) |
| 60 | 25 | 15 | 100 |

Fuente: elaboración propia.

3.1.2.4. Análisis e interpretación de resultados

Los resultados obtenidos de las estimaciones del inventario en bosque de *Quercus sp.* son los siguientes: aproximadamente en una hectárea de bosque se dispone de 240 árboles que cuentan con una capacidad de generar 125,39 m³ de productos maderables. Por medio de las estimaciones de cubicación conjuntas al inventario se proyecta la generación del 60 % de troza, 25 % de leña palito y el 15 % de residuos que corresponden a ramas delgadas y hojas.

3.2. Identificación del problema

Los resultados demuestran que se dejan cantidades considerables de madera en el bosque sobre todo en los lugares de apeo. El 15 % del volumen total de madera aprovechable se deja al no buscar opciones alternativas de uso y venta.

El impacto de los residuos en los bosques es grande ya que muchas veces todos estos residuos dentro del bosque propician incendios en temporadas de verano y generan quemadas parciales y totales de los bosques.

3.2.1. Planteamiento del problema

En el aprovechamiento en caso el del bosque destinado para la producción de carbón en Santa Cruz El Chol es probable que la cantidad de residuos sea grande debido a que cuenta con 111,84 hectáreas de bosque de Quercus sp. Al considerar los resultados obtenidos del estudio en dicho bosque se sabe que el 15 % es residuos y que también 18.80 m³ de residuos se generan en una hectárea de bosque. En un escenario donde se intervenga solo un 50 % de la masa boscosa, se dispone de 9,40 m³/ha de residuos lo que permite proyectar que por la capacidad total del bosque se generará al final aproximadamente 1 051,30 m³ de residuos. Esto aumenta la necesidad de buscar una solución que mitigue el impacto ambiental.

3.3. Soluciones alternativas del uso de residuos

Los residuos forestales se suelen obtener en forma de astillas, aserrín o virutas. A continuación, se presentan varias opciones de uso que se le pueden dar a los residuos forestales:

- Producción de energía
- Aplicaciones en el suelo
- Materiales compuestos
- Producción de hongos comestibles
- Alimentación de ganado

Los residuos forestales hacen un importante aporte de materia orgánica al suelo, por esa razón una de las opciones más rentable y utilizada por las empresas es el compost.

3.4. Propuesta estratégica para procesar los residuos

Es importante tomar en cuenta que el fin del estudio es dar una solución viable de los residuos que se producirán en el aprovechamiento en la finca El apazote Santa Cruz El Chol. Con el volumen y la capacidad económica de inversión se debe someter a un proceso de trituración y luego a la venta directa a empresas de obtención de compost.

3.4.1. Metodología

La metodología comprende una serie de actividades para la realización del proceso de triturado de residuos forestales. A continuación, se describen las actividades respectivas.

3.4.2. Recolección de residuos

Este trabajo consistirá en recoger todos los residuos que se puedan procesar como ramas pequeñas y hojas.

Se contará con puntos céntricos estratégicos dentro del bosque para almacenar temporalmente los residuos previos a ser triturados.

La máquina de trituración debe ser pequeña y fácil de transportar ya que se debe ingresar al bosque donde se encuentren recolectados todos los residuos.

Figura 51. **Recolección**



Fuente: área de producción, Norte & Sur.

3.4.3. **Proceso de trituración**

El proceso de trituración consistirá en hacer las ramas y hojas en pequeñas partículas depositándolas en un recipiente y posterior colocarla en costales de polipropileno.

Figura 52. **Proceso de trituración**



Fuente: *Gestión de residuos de podas*. www.google.com/images/2hdi34k.jpg. Consulta: septiembre de 2014.

3.4.4. Transporte de residuos para almacenamiento

Se dispondrá de un transporte para un almacenamiento provisional donde se depositarán todos los sacos que han sido llenado de residuos para luego ser enviados por camionadas a las empresas demandantes.

3.5. Costos de la propuesta de manejo de residuos

El proceso de triturado de residuos con el fin de obtención de materia prima y venta para elaboración de compost a empresas interesadas, requiere de ciertos costos, para cumplir con las actividades necesario: la recolección de residuos, triturado de residuos y transporte de residuos para almacenamiento. Cada una de estas actividades representa un costo para el proyecto de aprovechamiento. Además de realizar las actividades mencionadas se debe tomar en cuenta que el proceso requiere contar con una máquina trituradora de residuos forestales así también con herramientas de trabajo de extracción, el monto de la propuesta se detalla a continuación.

Tabla XL. Costos para la trituración de residuos forestales

| Núm. | DESCRIPCIÓN | CANTIDAD | UNIDAD | PRECIO UNITARIO | PRECIO TOTAL |
|------------------------------------|---------------------------------------------------------------|----------|--------|-----------------|--------------------|
| 1 | METODOLOGÍA PARA LA TRITURACIÓN DE RESIDUOS FORESTALES | | | | |
| 1.2 | Recolección de residuos | 1 | Ud | Q 10 000,00 | Q 10 000,00 |
| 1.3 | Triturado de residuos | 1 | Ud | Q 3 000,00 | Q 3 000,00 |
| 1.4 | Transporte de residuos | 1 | Ud | Q 2 000,00 | Q 2 000,00 |
| COSTO TOTAL (Q) | | | | | Q 15 000,00 |
| 2 | MAQUINARIA Y HERRAMIENTA | | | | |
| 2.3 | Máquina trituradora | 1 | Ud | Q 15 000,00 | Q 15 000,00 |
| 2.4 | Herramientas de trabajo | 1 | Ud | Q 1 000,00 | Q 1 000,00 |
| COSTO TOTAL (Q) | | | | | Q 16 000,00 |
| COSTO TOTAL DE LA PROPUESTA | | | | | Q 31 000,00 |

Fuente: elaboración propia.

Tabla XLI. **Producción de ingresos de residuos**

| Plan operativo | Cantidad | Unidad | Precio de venta | Ingreso (Q) | Ingreso (\$) |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|----------------|-----------------|---------------------|---------------------|
| 1 | 1 051,30 | m ³ | Q33.60 | Q 35 323,68 | \$ 4 623,52 |
| 2 | 1 051,30 | m ³ | Q34.61 | Q 36 383,39 | \$ 4 762,22 |
| 3 | 1 051,30 | m ³ | Q34.61 | Q 37 474,89 | \$ 4 905,09 |
| 4 | 1 051,30 | m ³ | Q34.61 | Q 38 599,14 | \$ 5 052,24 |
| 5 | 1 051,30 | m ³ | Q34.61 | Q 39 757,11 | \$ 5 203,81 |
| 6 | 1 051,30 | m ³ | Q34.61 | Q 40 949,83 | \$ 5 359,92 |
| TOTAL | | | | Q 228 488,04 | \$ 29 906,81 |
| Nota: se utilizó un 1 % de inflación anual, una tasa de cambio de 1\$ a Q7,64 y los planes operativos son cada 3 años | | | | | |

Fuente: elaboración propia.

El costo total de la propuesta del manejo y solución de los residuos generados en la finca El apazote Santa Cruz El Chol asciende a la cantidad de treinta y un mil quetzales exactos. Por la cantidad de residuos que se producirán, la inversión se recuperará en el primer plan operativo.

4. FASE DE DOCENCIA, PLAN DE CAPACITACIÓN

4.1. Diagnóstico de necesidades de capacitación

Con la finalidad de lograr la incorporación e implementación del nuevo sistema de producción de carbón propuesto en la fase de servicio técnico profesional se realizó un examen diagnóstico para evaluar el conocimiento y capacidades del personal de Norte & Sur.

Figura 53. Formato del examen de diagnóstico a personal de trabajo

Examen diagnóstico del personal de producción de la empresa Norte & Sur

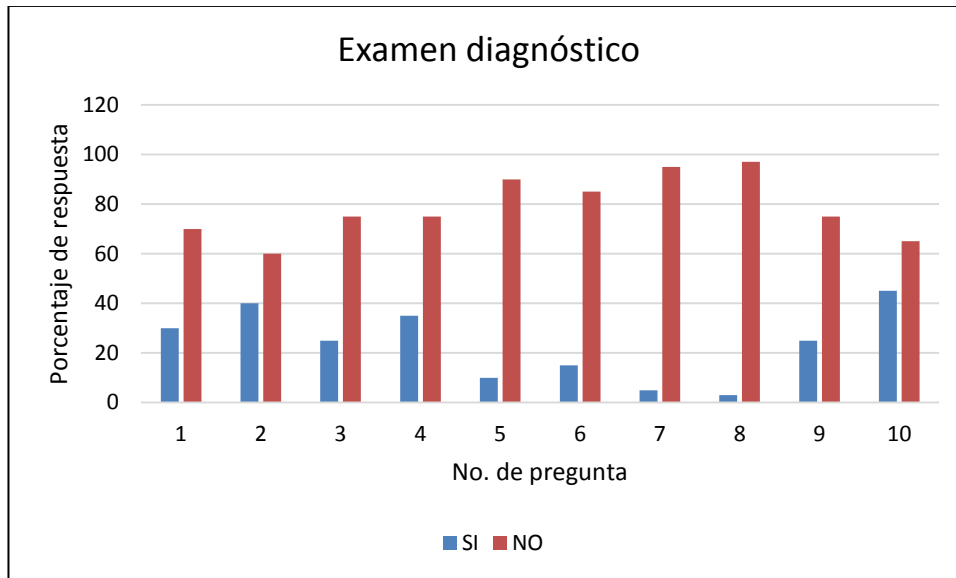
Nombre: _____ Fecha: ____/____/____

A continuación, encontrará una serie de preguntas la cual debe responder según su conocimiento. Responda o marque con una X dependiendo de lo que solicite cada pregunta.

1. ¿Conoce cómo funciona un horno de ladrillo para hacer carbón?
 Sí
 No
2. ¿Conoce cuál es la forma de cargar un horno de ladrillo para hacer carbón?
 Sí
 No
3. ¿Conoce la forma de apilar la leña en un horno de ladrillo para hacer carbón?
 Sí
 No
4. ¿Conoce la forma de cerrar la puerta de un horno de ladrillo para hacer carbón?
 Sí
 No
5. ¿Conoce la forma de encender un horno de ladrillo para hacer carbón?
 Sí
 No
6. ¿Conoce sobre el proceso de carbonización de un horno de ladrillo para hacer carbón?
 Sí
 No
7. ¿Conoce la forma de controlar los respiraderos de un horno de ladrillo para hacer carbón?
 Sí
 No
8. ¿Conoce la forma de apagar un horno de ladrillo para hacer carbón?
 Sí
 No
9. ¿Conoce la forma de enfriar un horno de ladrillo para hacer carbón?
 Sí
 No
10. ¿Conoce la forma de descargar un horno de ladrillo para hacer carbón?
 Sí
 No

Fuente: elaboración propia.

Figura 54. **Resultados del examen de diagnóstico**



Fuente: elaboración propia.

Después de analizar los resultados obtenidos del examen diagnóstico se concluye que es necesario buscar un plan de capacitación que ofrezca la inducción adecuada a la nueva tecnología de producción.

4.1.1. Identificación del problema

El nuevo sistema de producción requiere desarrollar una logística diferente e innovadora de trabajo debido a que el diseño cuenta con áreas de trabajo y actividades específicas dentro de toda la producción.

El personal de trabajo que manejará y controlará el área de producción debe recibir capacitación de uso y técnicas correctas de toda la cadena de transformación y producción del carbón.

4.1.2. Planteamiento del problema

Debido a la necesidad de conocer y poder usar el método de producción y también laborar en las diferentes áreas, etapas y actividades que conllevará el funcionamiento de toda la planta de producción de carbón.

Es necesario diseñar un plan de capacitación que cuente con información especialmente dirigida a la inducción e incorporación de todo el recurso humano.

4.2. Plan de capacitación

El plan de capacitación se diseñó en función de los requerimientos encontrados en el examen diagnóstico realizado y de las necesidades involucradas en el diseño de la planta de producción de carbón.

El plan se dividió en tres etapas que están enfocadas en adecuar todo el recurso humano al proyecto en general.

La primera etapa consiste en dar a conocer la logística del funcionamiento de toda la planta como sistema de producción y la importancia que tiene cada área de la planta: registros, recepción de madera, producción, manufactura, recepción de carbón, clasificación y empaçado, producto terminado, almacenamiento temporal, administración, bodega de equipo y utensilios, servicios sanitarios, depósito de agua y accesos a la planta de producción.

La segunda etapa consiste en la inducción a áreas en específico, así también dar a conocer el desempeño de responsabilidades, obligaciones y prevención de accidentes que se tendrá en cada área.

Un ejemplo de lo mencionado anteriormente puede ser que en el área de producción debe informarse del uso del nuevo método de producción de carbón se dará a conocer las actividades de toda la producción: especificaciones sobre la calidad de la materia prima, carga del horno, cerrado de la puerta del horno, encendido del horno, proceso de carbonización, apagado del horno, enfriado del horno, descarga del horno, almacenamiento de producto terminado y forma correcta e incorrecta de realizar cada actividad.

La tercera etapa consiste en capacitar al personal sobre conceptos y definiciones de la importancia del buen manejo y uso de los residuos forestales en la cual esta enfoca la propuesta presentada en la fase de investigación, con el fin de aminorar impactos negativos en el ambiente y lograr en el futuro procesos amigables al ambiente y al ecosistema.

La cuarta etapa consiste en charlas motivacionales sobre la gestión de la calidad total y BPM (buenas prácticas de manufactura) dentro de una organización para lograr resultados exitosos.

En la tabla XL se detallan las etapas del plan de capacitación, los objetivos de cada etapa, la manera de implementar la capacitación, los resultados estimados y, por último, el departamento responsable de la capacitación.

Tabla XLII. **Plan de capacitación**

| Capacitaciones de mejoramiento | Objetivos | Medidas para mejorar la situación | Resultados estimados | Responsable |
|------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|
| Inducción al sistema de producción | <ul style="list-style-type: none"> - Informar al personal sobre el proyecto. - Dar a conocer las distintas áreas con las que cuenta el proyecto. - Describir la cadena de transformación del carbón por las áreas del proyecto. | Realizar talleres | <ul style="list-style-type: none"> -Conceptualizar al personal. -Contextualizar al personal. -Concientizar al personal. | Departamento de RR.HH. |

Continuación de la tabla XLII.

| | | | | |
|---------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|
| Inducción a actividades de trabajo por área | -Dar a conocer la importancia del área de trabajo dentro del proceso productivo. -Informar de las responsabilidades y obligaciones que se deben cumplir. - Informar de los peligros, riesgos y accidentes laborales. | Realizar talleres | -Transferir conocimiento y experiencia al personal. -Disminuir problemas y accidentes de producción. | Departamento de RR.HH. |
| Manejo de residuos forestales | -Identificar los residuos recuperables. -Valorizar los residuos aprovechables. | Realizar talleres | -Lograr diferenciar los tipos de residuos. -Recolectar adecuadamente los residuos. -Estimar los beneficios que se pueden obtener. | Departamento de RR.HH. |
| Calidad total y BPM | -Motivar al personal de trabajo. -Inspirar al personal a la mejora continua. | Realizar talleres | -Concientizar al personal sobre lo importante que es su trabajo. -Aprovechar más los recursos. | Departamento de RR.HH. |

Fuente: elaboración propia.

4.3. Programa de capacitación

Luego de diseñar el plan de capacitación se detalla cada uno de los talleres que involucran las etapas propuestas en el plan.

Tabla XLIII. **Taller I: inducción al sistema de producción**

| | |
|---------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Nombre: | Inducción al sistema de producción |
| Contenido: | Informar sobre la magnitud de proyecto, áreas con las que cuenta, y la participación que ocupa dentro del proceso de transformación del carbón y funcionamiento de toda la planta en general. |
| Dirigido a: | Personal de la empresa |
| Horas necesarias: | 1 hora |
| Encargado de impartirlo: | Departamento de recursos humanos |

Fuente: elaboración propia.

Tabla XLIV. **Taller II: inducción a actividades de trabajo por área**

| | |
|---------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Nombre: | Inducción a actividades de trabajo por área |
| Contenido: | Se detalla cada área en cuanto a su función, importancia, responsabilidades, obligaciones, prevención de accidentes y problemas que se puedan derivar dentro del desarrollo de las mismas. |
| Dirigido a: | Personal de la empresa |
| Horas necesarias: | 1 hora |
| Encargado de impartirlo: | Departamento de recursos humanos |

Fuente: elaboración propia.

Tabla XLV. **Taller III: manejo de residuos forestales**

| | |
|---------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Nombre: | Manejo de residuos forestales |
| Contenido: | Tipos de residuos forestales si son aptos aprovecharse, recolectarlos adecuadamente, triturarlos y almacenarlos. |
| Dirigido a: | Personal de la empresa |
| Horas necesarias: | 1 hora |
| Encargado de impartirlo: | Departamento de recursos humanos |

Fuente: elaboración propia.

Tabla XLVI. **Taller IV: calidad total y BPM (buenas prácticas de manufactura)**

| | |
|---------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Nombre: | Calidad Total y BPM (buenas prácticas de manufactura) |
| Contenido: | Temas sobre la excelencia en la administración de personal, importancia de la mejora continua y el aprovechamiento de los recursos. |
| Dirigido a: | Personal de la empresa |
| Horas necesarias: | 1 hora |
| Encargado de impartirlo: | Departamento de recursos humanos |

Fuente: elaboración propia.

4.4. Costos de la propuesta del plan de capacitación

Para desarrollar el plan de capacitación se generan algunos costos ya que cada taller cuenta con un costo individual dentro de la capacitación. Cada taller

requiere de elaborar un programa que incluya los temas mencionados y un enfoque orientado específicamente a las necesidades planteadas, este programa tiene un costo que asciende a una cantidad de Q 500,00.

Luego de elaborar el programa es necesario considerar los recursos audiovisuales y el salón de audiovisuales, los cuales poseen un costo aproximado de Q 500,00.

Por último, es necesario el recurso humano que es el encargado de impartir la capacitación, por lo que los honorarios del facilitador de la capacitación tienen un costo de Q 1 500,00 por cada capacitación o taller.

Tabla XLVII. **Costos para el plan de capacitación**

| Núm. | Descripción | Cantidad | Unidad | Precio unitario | Precio total |
|----------------------------------------|--------------------------|----------|--------|-----------------|--------------------|
| 1 | Taller I | | | | |
| 1.1 | Elaboración del programa | 1 | Unidad | Q 500,00 | Q 500,00 |
| 1.2 | Recursos audiovisuales | 1 | Unidad | Q 500,00 | Q 500,00 |
| 1.3 | Salón de audiovisuales | 1 | Unidad | Q 500,00 | Q 500,00 |
| 1.4 | Personal capacitador | 1 | Unidad | Q 1 500,00 | Q 1 500,00 |
| Costo total (Q) | | | | | Q 3 000,00 |
| 2 | Taller II | | | | |
| 2.1 | Elaboración del programa | 1 | Unidad | Q 500,00 | Q 500,00 |
| 2.2 | Recursos audiovisuales | 1 | Unidad | Q 500,00 | Q 500,00 |
| 2.3 | Salón de audiovisuales | 1 | Unidad | Q 500,00 | Q 500,00 |
| 2.4 | Personal capacitador | 1 | Unidad | Q 1 500,00 | Q 1 500,00 |
| Costo total (Q) | | | | | Q 3 000,00 |
| 3 | Taller III | | | | |
| 3.1 | Elaboración del programa | 1 | Unidad | Q 500,00 | Q 500,00 |
| 3.2 | Recursos audiovisuales | 1 | Unidad | Q 500,00 | Q 500,00 |
| 3.3 | Salón de audiovisuales | 1 | Unidad | Q 500,00 | Q 500,00 |
| 3.4 | Personal capacitador | 1 | Unidad | Q 1 500,00 | Q 1 500,00 |
| Costo total (Q) | | | | | Q 3 000,00 |
| 4 | Taller IV | | | | |
| 4.1 | Elaboración del programa | 1 | Unidad | Q 500,00 | Q 500,00 |
| 4.2 | Recursos audiovisuales | 1 | Unidad | Q 500,00 | Q 500,00 |
| 4.3 | Salón de audiovisuales | 1 | Unidad | Q 500,00 | Q 500,00 |
| 4.4 | Personal capacitador | 1 | Unidad | Q 1 500,00 | Q 1 500,00 |
| Costo total (Q) | | | | | Q 3 000,00 |
| Costo total (Q) de la propuesta | | | | | Q 12 000,00 |

Fuente: elaboración propia.

El costo total del plan de capacitación asciende a la cantidad de doce mil quetzales exactos.

CONCLUSIONES

1. En el proceso actual de producción de carbón de la empresa Norte & Sur se logró la caracterización de la materia prima según el inciso 2.2.1. y tabla III; sin embargo, la identificación de las especies utilizadas no fue posible debido a que a dicha empresa solo le interesa procesar madera (*Quercus* sp.) sin importar la especie a la que corresponda.
2. Por medio de las entrevistas cualitativas estructuradas realizadas a 40 personas responsables de la producción de carbón actual en la empresa Norte & Sur se logró conocer que el 37 % de las personas entrevistadas califica el carbón como bueno, el 38 % como regular y el 25 % como malo. Esto es debido a que la calidad puede ser afectada dentro de toda la cadena de transformación y tener deficiencias en características: tamaño, peso, dureza, humedad, demasiado quemado, porosidad, capacidad de fácil encendido, durabilidad de la baza, entre otros; los cuales ponen en evidencia la calidad aparente del carbón.
3. Por medio de la construcción de un horno a escala piloto, horno rabo quente modificado, se logró evaluar el desempeño de producción de carbón al realizar aproximadamente 18 quemas en el horno. Se determinó, entonces, que ofrece a la empresa Norte & Sur; mayor capacidad productiva (de 2 160-3 120 libas), mayor rendimiento, mejor calidad del carbón e incremento de la productividad. Las mejoras se pueden hacer notar al comparar el resultado propuesto con el proceso de producción del carbón actual descrito en el inciso 2.2. Con lo

mencionado anteriormente se logra el cumplimiento del objetivo específico 3 y 4.

4. Por medio de la propuesta del nuevo método de producción se logra la estandarización de actividades con mayor control y monitoreo del proceso; y se mejoran los resultados esperados en cuestión de tiempo, rendimiento, calidad del carbón y lo más importante, la capacidad de producción. Se hace notar el incremento del método propuesto (2 160- 3 130) libras sobre el método actual (840-2 400) libas. Por lo mencionado anteriormente el método propuesto asegura incrementar la productividad.
5. El área de producción diseñada cuenta con dos baterías de hornos, un total de doce hornos con tres ciclos de producción al mes para generar una capacidad de (77 760-112 320) libras por mes. El costo total de la propuesta del diseño de la planta de producción del carbón asciende a la cantidad de Q 693 862,50, sin embargo, poner en marcha el proyecto requiere de una inversión total Q 1 097 746,15 y el proyecto es conveniente según el análisis financiero con los siguientes indicadores: TIR (tasa interna de retorno) =53 %, VPN (valor presente neto) =Q 2 959 472,21, relación B/C (relación beneficio costo) =1,47 e IR (índice de rentabilidad) =3,70.
6. Se determinó que el proyecto de Santa Cruz El Chol genera un 15 % de residuos de la especie (*Quercus* sp). y crea un escenario del aprovechamiento en un 40 % del área total boscosa y que producirá aproximadamente 1 051,30 m³ de residuos. Esto aumenta las posibilidades de ejecutarla la propuesta de aprovechamiento de los residuos como plan de acción para mitigar el impacto ambiental que se

generará. El costo total de la propuesta del manejo y solución de los residuos generados en la finca de Santa Cruz El Chol asciende a la cantidad de Q 31 000,00. Poner en marcha el proyecto generará un ingreso aproximado de Q 35 323,68 por cada plan operativo realizado cada 3 años y considerando los seis planes operativos se podría generar un ingreso total de Q 228 488,04, y en el primer plan operativo ya se recuperaría la inversión del proyecto; por lo tanto, el proyecto es conveniente.

7. Se determinó por medio de un examen diagnóstico que hay necesidad de un plan de capacitación que ofrezca la inducción a la nueva tecnología de producción. El costo total del plan de capacitación asciende a la cantidad de Q 12 000,00.

RECOMENDACIONES

1. Concientizar al personal sobre la importancia de la mejora continua dentro de los procesos productivos con el fin de hacer más eficientes y sostenibles los recursos naturales renovables.
2. Ejecutar la propuesta técnica para hacer realidad las acciones plasmadas en este documento como estrategias para el mejoramiento de la industria forestal.
3. Dar importancia a la supervisión y monitoreo de las actividades y etapas de todo el proceso productivo del carbón para lograr mayor control en cuestión y mejora en cada objetivo propuesto y resultado esperado.
4. Utilizar materiales de calidad para la construcción de los hornos de ladrillo rabo quente modificado para evitar el riesgo de que los hornos se derrumben.
5. Utilizar el plan de capacitación ya que es indispensable para lograr la adecuada adaptación del recurso humano e incrementar las posibilidades de la mejora continua.
6. Crear políticas de seguridad industrial para mejorar las condiciones y el bienestar laboral para la empresa que ejecute la propuesta con el fin de la mejora continua.

7. Enfocarse en la buena administración del personal y los recursos necesarios para el buen funcionamiento de la empresa Norte & Sur para encaminarla hacia el éxito.

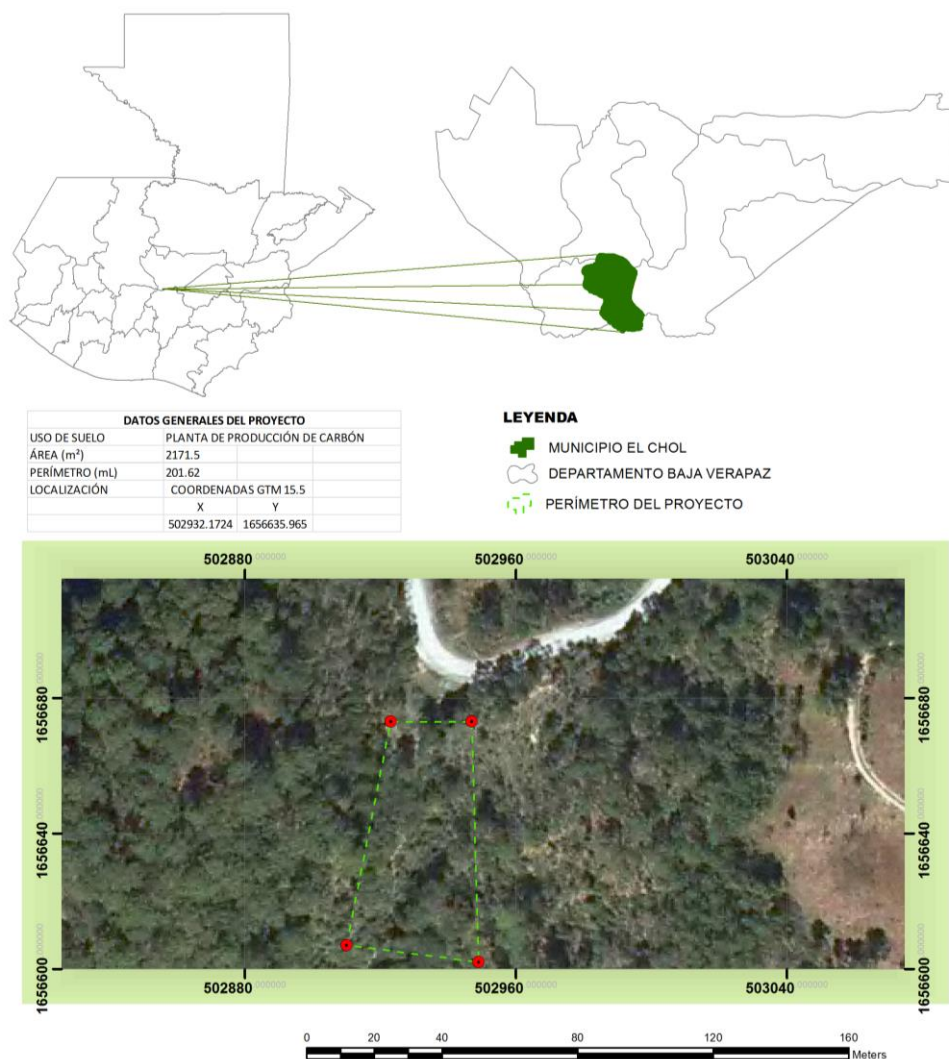
8. No limitar el crecimiento productivo del proyecto debido a que las áreas productivas están diseñadas para aumentar el número de hornos en el futuro.

BIBLIOGRAFÍA

1. Centro de Producción más Limpia. *Guías y manuales para la gestión de residuos*. Guatemala: CP+L, 2013. 78 p.
2. CONAFOR. *Paquete tecnológico. Manual de construcción y manejo de hornos de ladrillo para fabricar carbón*. (Comisión Nacional Forestal) México: Red Mexicana de Bioenergía, A. C. 2002. 44 p.
3. COLOMER, Francisco José. *Tratamiento y gestión de residuos sólidos*. Valencia: Limusa, 2007. 310 p.
4. CRIOLLO, Roberto G. *Estudio del trabajo*. 2a ed. México: McGraw-Hill, 2005. 459 p.
5. GUTIÉRRES PULIDO, Humberto. *Calidad total y productividad*. 2da. Ed. México: McGraw-Hill, 2002. 123 p.
6. HODSON, William. *Maynard: manual del ingeniero industrial*. 4a ed. Tomo II; México: McGraw-Hill, 1992. 115 p.
7. Programa de las Mejores Prácticas. *Reducción de residuos*. Brasil: Sociedad Pública de Gestión Ambiental, 2006. 98 p.
8. Segeplan. *Plan de Manejo. Finca El Apazote, Santa Cruz El Chol, Baja Verapaz*. Guatemala: Gobierno de Guatemala, 2016. 79 p.

APÉNDICE

Apéndice 1. Ubicación del proyecto dentro de la finca El Apazote Santa Cruz, El Chol, Baja Verapaz



Fuente: finca El Apazote Santa Cruz, El Chol, Baja Verapaz.

