Instituto Boliviano de Investigación Forestal – (IBIF)
Universidad de Friburgo – Alemania (ALU-FR)
Canavalia Servicios Verdes y Hiller. S.A

FACTIBILIDAD TÉCNICA Y FINANCIERA DEL ASERRÍO MÓVIL POR PRODUCTORES FORESTALES INDÍGENAS CHIQUITANOS

EN BÚSQUEDA DE NUEVAS ALTERNATIVAS PARA REACTIVAR EL SECTOR FORESTAL EN BOLIVIA

IBIF
INSTITUTO BOLIVIANO DE INVESTIGACIÓN FORESTAL

FACTIBILIDAD TÉCNICA Y FINANCIERA DEL ASERRÍO MÓVIL POR PRODUCTORES FORESTALES INDÍGENAS CHIQUITANOS

Elaborado por el consorcio de investigación:

Financiado por:

FACTIBILIDAD TÉCNICA Y FINANCIERA DEL ASERRÍO MÓVIL POR PRODUCTORES FORESTALES INDÍGENAS CHIQUITANOS.

Cita bibliográfica sugerida:
Montero, J.C., Mendoza, K., Pokorny, B., Ascarrunz, N., Johnson, J. 2020. Factibilidad técnica y financiera del aserrío móvil por productores forestales indígenas chiquitanos: en búsqueda de nuevas alternativas para reactivar el sector forestal en Bolivia. Instituto Boliviano de Investigación Forestal, Santa Cruz de la Sierra, Bolivia.

Fotografías
Juan Carlos Montero y Karen Mendoza

Diseño Gráfico
Ideativa, diseño & comunicación

DL 8-4-2108-20
ISBN 978-99974-848-1-9

Esta publicación forma parte del proyecto de investigación "Bosques operando a favor de actores locales: desarrollo de esquemas de manejo forestal basados en tecnología móvil adaptados a las poblaciones locales en las tierras bajas del este de Bolivia".
Este proyecto ha sido diseñado y ejecutado por el consorcio de investigación formado por el Instituto Boliviano de Investigación Forestal (IBIF), Universidad de Friburgo (ALU-FR, Alemania) y la empresa CANAVALIA con acompañamiento técnico de la empresa Hiller S.A. Toda la información presentada en este documento es de propiedad intelectual de este consorcio.

Santa Cruz, febrero 2021

Contenido

AGRADECIMIENTOS **11**
PRESENTACIÓN **13**
RESUMEN EJECUTIVO **15**

1. INTRODUCCIÓN **20**
1.1. Antecedentes 21
1.2. Marco legal en el contexto del uso de la motosierra y aprovechamiento de volúmenes menores 21
1.3. Alcance del proyecto y justificación 23
1.4. Potencial forestal del aprovechamiento de volúmenes medidante aserrío móvil 25
1.5. Objetivo del estudio 30

2. ARREGLOS INSTITUCIONALES Y ACUERDOS **31**
3. MARCO METODOLÓGICO **34**
3.1. Área de estudio 35
3.2. Diseño del estudio 36
3.2.1. Sitio de estudio 36
3.2.2. Selección y tipificación de especies e intensidad de muestreo 38
3.2.3. Definición de variables y parámetros a ser evaluados: Aserrío 38
3.3. Registro de datos de campo y análisis de la factibilidad técnica: Aserrío 39
3.3.1. Ubicación y tumbado de árboles 41
3.3.2. Preparación del lugar, de las trozas y secciones para el aserrío 44
3.3.3. Armado de equipo de aserrío móvil (motosierra más acoples Logosol y Marco Guía) 47
3.3.4. Proceso de aserrío y manejo de productos aserrados 47
3.4. Transporte de madera aserrada: Definición de variables y parámetros a ser evaluados 50
3.4.1. Transporte de madera aserrada: Registro de datos de campo y análisis de la factibilidad técnica 52
3.5. Análisis de la Factibilidad Financiera 55
3.6. Capacitaciones, tecnología usada y equipo de campo 56
3.6.1. Capacitaciones y entrenamiento para el aserrío móvil con acoples portables 56
3.6.2. Tecnologías usadas en las pruebas de campo y recolección de datos 59
3.6.3. Equipo de campo 66

4. RESULTADOS **67**
4.1. Análisis de Factibilidad Técnica 68
4.2. Aserrío con motosierra y acoples portables 69
4.2.1. Aserrío con motosierra y acople portable Big Mill Basic Logosol 69
4.2.2. Aserrío con motosierra y acople portable Marco Guía 73
4.2.3. Aserrío con motosierra sin acoples o "a pulso" 77
4.3. Análisis comparativo de las tres tecnologías implementadas 80
4.4. Análisis comparativo con otras tecnologías de aserrío 84
4.5. Transporte de madera aserrada con tecnología de bajo impacto 86
4.5.1. Tiempos y movimientos transporte motorizado 86
4.5.2. Tiempos y movimientos transporte tracción animal 88
4.5.3. Tiempos y movimientos transporte tracción humana o pulso 90
4.6. Análisis comparativos de las tres tecnologías de transporte implementadas 92
4.7. Análisis de Aproximación Financiera 94
4.7.1. Aserrío con motosierra y acople portable Logosol 94
4.7.2. Aserrío con motosierra y acople Marco Guía 99
4.7.3. Aserrío con motosierra convencional "a pulso" 104
4.8. Análisis financiero comparativo de las tres tecnologías implementadas 109

5. PRINCIPALES RESULTADOS DEL ESTUDIO **112**
CONCLUSIONES **115**
REFERENCIAS **118**
ANEXOS **121**

Índice de Tablas

Tabla 1. Áreas Anual de Aprovechamiento total por tipo de usuarios forestales en la gestión 2017 (Datos: ABT, 2017) 26

Tabla 2. Volumen autorizado mediante solicitudes de volumen menor (pt) (Datos ABT, 2017) 28

Tabla 3. Proyección de la producción de m^3r con PGM iguales o menores a 500 ha (Datos: ABT, 2017) 30

Tabla 4. Movimientos para el aserrío con acoples Logosol y Marco Guía 40

Tabla 5. Movimientos para el aserrío convencional o "a pulso" 41

Tabla 6. Parámetros y movimientos registrados para analizar la factibilidad técnica del transporte de madera aserrada usando las tres tecnologías seleccionadas 52

Tabla 7. Costos requeridos en las diferentes etapas del aprovechamiento forestal 55

Tabla 8. Resumen general de datos estudiados en los tres lugares estudiados 68

Tabla 9. Rendimiento por tipo de madera y tamaño de tabla (corta y larga) 69

Tabla 10. Rendimiento por clase diamétrica y tamaño de tabla (corta larga) 69

Tabla 11. Cuantificación de tiempos productivos para el aserrío con acople Logosol 71

Tabla 12. Cuantificación de tiempos no productivos en relación al tipo de madera 71

Tabla 13. Distribución de tiempos expresado en porcentaje (%) 72

Tabla 14. Tiempos empleados y capacidad de aserrío con acople portable Logosol 72

Tabla 15. Resumen de tiempos productivos en el uso de acople Logosol (horas/m^3) 72

Tabla 16. Rendimiento por tipo de madera y tamaño de tabla (corta y larga) 73

Tabla 17. Rendimiento por clase diamétrica y tamaño de tabla (corta larga) 73

Tabla 18. Cuantificación de tiempos productivos para el aserrío con acople Marco Guía 75

Tabla 19. Cuantificación de tiempos no productivos en relación al tipo de madera 75

Tabla 20. Distribución de tiempos expresado en porcentaje (%) 76

Tabla 21. Tiempos empleados y capacidad de aserrío con acople portable Marco guía 76

Tabla 22. Resumen de tiempos productivos en el uso de acople Marco Guía horas/m^3 76

Tabla 23. Rendimiento por tipo de madera y tamaño de tabla (corta y larga) 77

Tabla 24. Cuantificación de tiempos productivos para el aserrío solo con motosierra 77

Tabla 25. Cuantificación de tiempos productivos para el aserrío convencional 79

Tabla 26. Cuantificación de tiempos no productivos en relación al tipo de madera 79

Tabla 27. Distribución de tiempos expresado en porcentaje (%) 79

Tabla 28. Tiempos empleados y capacidad de aserrío convencional 80

Tabla 29. Resumen de tiempos productivos en el uso de motosierra convencional horas/m^3 80
Tabla 30. Rendimiento comparativo de las tecnologías por tamaño de tabla (corta y larga) 81
Tabla 31. Rendimiento (%) por tecnología implementada y tipo de madera..... 82
Tabla 32. Tiempos por tecnología implementada y etapa productiva (horas/m^3 troza)..... 82
Tabla 33. Tiempos no productivos requeridos por metro cúbico de madera en troza..... 83
Tabla 34. Tiempo total de trabajo por tecnología implementada, expresado en horas/m^3 troza 83
Tabla 35. Capacidad de Aserrío por hora y tecnología implementada..... 83
Tabla 36. Esquemas de transformación primaria..... 84
Tabla 37. Comparación de rendimiento de aserrío de las especies estudiadas con distintos tipos de tecnología..... 85
Tabla 38. Cuantificación de tiempos productivos para el transporte con motorizado 87
Tabla 39. Cuantificación de tiempos no productivos en transporte con motorizado 87
Tabla 40. Distribución de tiempos expresado en porcentaje (%).....87
Tabla 41. Tiempos empleados y volumen transportado 88
Tabla 42. Resumen de tiempos productivos en el transporte motorizado (horas/m^3)..... 88
Tabla 43. Cuantificación de tiempos productivos para el transporte tracción animal 89
Tabla 44. Cuantificación de tiempos no productivos en transporte con tracción animal..... 89
Tabla 45. Distribución de tiempos expresado en porcentaje (%)..... 89
Tabla 46. Tiempos empleados y volumen transportado 90
Tabla 47. Resumen de tiempos productivos en el transporte motorizado (horas/m^3)..... 90
Tabla 48. Cuantificación de tiempos productivos para el transporte con motorizado 91
Tabla 49. Cuantificación de tiempos no productivos en transporte con motorizado 91
Tabla 50. Distribución de tiempos expresado en porcentaje (%)..... 91
Tabla 51. Tiempos empleados y volumen transportado 92
Tabla 52. Resumen de tiempos productivos en el transporte motorizado (horas/m^3)..... 92
Tabla 53. Tiempos por tecnología implementada y etapa productiva (horas/m^3 madera aserrada)..... 93
Tabla 54. Tiempos no productivos requeridos por metro cúbico de madera aserrada 93
Tabla 55. Tiempo total de trabajo por tecnología implementada, expresado en horas/m^3 madera aserrada 93
Tabla 56. Capacidad de Aserrío por hora y tecnología implementada..... 94
Tabla 57. Condiciones supuestas para la evaluación general de factibilidad económica 95
Tabla 58. Detalle de inversión en activos fijos. Expresado en bolivianos. 95
Tabla 59. Gastos operativos por zafra. Expresado en bolivianos. 96
Tabla 60. Estimación de capital de operaciones. Expresado en bolivianos. 97

Tabla 61. Ingresos proyectados por año. Expresado en bolivianos....97
Tabla 62. Detalle de capital de trabajo anual. Expresado en bolivianos. 97
Tabla 63. Estado de resultados proyectado. Expresado en bolivianos. 98
Tabla 64. Capital de Inversión. Expresado en bolivianos 98
Tabla 65. Proyección de flujo de caja. Expresado en bolivianos 99
Tabla 66. Evaluación de rentabilidad 99
Tabla 67. Condiciones supuestas para la evaluación general de factibilidad económica....100
Tabla 68. Detalle de inversión en activos fijos. Expresado en bolivianos. 100
Tabla 69. Gastos operativos por zafra. Expresado en bolivianos. 101
Tabla 70. Estimación de capital de operaciones. Expresado en bolivianos. 101
Tabla 71. Ingresos proyectados por año. Expresado en bolivianos....102
Tabla 72. Detalle de Capital de Trabajo anual. Expresado en bolivianos. 102
Tabla 73. Estado de resultados proyectado. Expresado en bolivianos. 102
Tabla 74. Capital de Inversión. Expresado en bolivianos 103
Tabla 75. Proyección de flujo de caja. Expresado en bolivianos 103
Tabla 76. Evaluación de rentabilidad 104
Tabla 77. Condiciones supuestas para la evaluación general de factibilidad económica....104
Tabla 78. Detalle de inversión en activos fijos. Expresado en bolivianos. 105
Tabla 79. Gastos operativos por zafra 105
Tabla 80. Estimación de capital de operaciones, expresado en bolivianos....106
Tabla 81. Ingresos proyectados por año, expresado en BOB. 106
Tabla 82. Detalle de Capital de Trabajo anual. Expresado en bolivianos. 106
Tabla 83. Estado de resultados proyectado. Expresado en bolivianos. 107
Tabla 84. Capital de Inversión. Expresado en bolivianos. 107
Tabla 85. Proyección de flujo de caja. Expresado en bolivianos 108
Tabla 86. Evaluación de rentabilidad 108
Tabla 87. Condiciones supuestas para la evaluación de factibilidad económica 109
Tabla 88. Costos operativos por zafra – por tecnología implementada-
Expresado en bolivianos. 109
Tabla 89. Inversión requerida por tecnología implementada. Expresado en bolivianos 110
Tabla 90. Ingresos proyectados por zafra. Expresado en bolivianos 110
Tabla 91. Evaluación de rentabilidad de las tecnologías implementadas 110
Tabla 92. Análisis de ingreso neto por tecnología vs venta árbol en pie.
Expresado en Bolivianos.... 111
Tabla 93. Utilidad neta promedio en aserrío móvil vs venta árbol en pie 111

Índice de Figuras

Figura 1. Área Anual de Aprovechamiento total en comunidades indígenas, campesinas ypropiedades privadas en las gestiones 2018 y 2019 (Quiroga, E, *en revisión*; Fuente: Informe de Gestión 2019). 26

Figura 2. Comparación del volumen autorizado mediante POAF (%) a las OFC de comunidades indígenas en relación al resto de los usuarios forestales durante 20 años (Quiroga E, en revisión, Datos: ABT, 2019). 27

Figura 3. Área de estudio mostrando los tres municipios (delimitados en blanco), los dos territorios indígenas (Monteverde: negro, Lomerío: verde) y los tres PGMF donde se realizaron las pruebas piloto y se recolectaron datos para este estudio. 35

Figura 4. Sitios de las pruebas piloto y recolección de datos: Áreas productivas (PGMF) de las comunidades Villa Nueva – La Embocada (izquierda), Cristo Rey – Puquio (centro) y San Josecito del Sarí (derecha) 36

Figura 5. Sitio de estudio en el área productiva de la comunidad Cristo Rey – Puquio (AAA-2016) mostrando la distribución de árboles en las fajas 1, 6 y 7 para la recolección de datos que fueron aprobadas por la ABT. 37

Figura 6. Ubicación y tumbado mostrando liberación de lianas y corta dirigida de los árboles. 42

Figura 7. Saneo, dimensionado y acomodo donde se observa las mediciones de longitud y diámetros de las troncas (arriba y centro) y las secciones debidamente acomodadas para aserrar (abajo). 43

Figura 8. Medición de variables dasométricas en trozas con grado variable de conicidad. 44

Figura 9. Acomodo y armado del equipo móvil Big Mill Basic Logosol (arriba) y Marco Guía (abajo). 46

Figura 10: Patio intermedio para el acopio de tablas de roble. 47

Figura 11. Aserrío con acople portable Big Mill Basic Logosol en una sección de Roble (arriba), aserrío con acople portable Marco Guía (centro) y aserrío sin acople "a pulso" en una sección de Tarara Amarilla, (abajo). 48

Figura 12. Formas de transporte de madera aserrada en el POAF de la comunidad Cristo Rey – Puquio (TCO Lomerío): 1) Con tracción animal (arriba) y con motochata y al hombro (abajo). 51

Figura 13. Planificación, apertura y limpieza de sendas para el transporte de madera aserrada por tecnología de bajo impacto en el POAF de la comunidad Cristo Rey – Puquio (TCO Lomerío). 53

Figura 14. Pasos operativos para el transporte con unidad motorizada "motochata" en el POAF de la comunidad Cristo Rey – Puquio (TCO Lomerío), de arriba hacia abajo: carguío y acomode, transporte y descarguío y apilado en patio de acopio principal. 54

Figura 15. Capacitaciones técnicas por expertos de Hiller sobre seguridad, uso correcto, mantenimiento, lubricación y afilado de la de la cadena de la motosierra, asi como el armado y manejo de acoples portables. 58

Figura 16. Descripción general de la motosierra STIHLMS661 59

Figura 17. Uso del Marco Guía en las pruebas piloto en la comunidad de San Josecito del Sarí (Municipio de San Ignacio de Velasco) 60

Figura 18. Acople portable Big Mill Basic Logosol armado completamente (arriba). El Timberjig (centro) usado a escuadra y el equipo completo haciendo el primer destape a un Roble en la comunidad de San Josecito del Sarí 62

Figura 19. Transporte motorizado con remolque fijo, "motochata" Puma (250cc) usada para el transporte de madera aserrada en el POAF de la comunidad Cristo Rey – Puquio. 63

Figura 20. Tracción animal para el transporte de madera aserrada en área forestal productiva de la comunidad Cristo Rey – Puquio. Transporte de tablas de Roble. 64

Figura 21. Transporte a pulso de tablas de tarara (arriba) y postes de cuchi (abajo) en el área forestal productiva de la comunidad Cristo Rey – Puquio. 65

Figura 22. Equipo de campo de las áreas de estudio Cristo Rey –Puquio (arriba) y de las comunidades de San Josecito del Sarí y Villa Nueva – La Embocada (abajo). 66

Figura 23. Rendimiento por clase diamétrica y frecuencia de repeticiones (trozas, n). El eje x representa clases diamétricas (cm) y el eje y porcentajes de rendimientos. 70

Figura 24. Rendimiento por clase diamétrica y frecuencia de repeticiones (trozas, n). El eje x representa clases diamétricas (cm) y el eje y porcentajes de rendimientos. 74

Figura 25. Rendimiento por clase diamétrica y frecuencia de repeticiones (trozas, n). El eje x representa clases diamétricas (cm) y el eje y porcentajes de rendimientos. 78

Figura 26. Rendimiento por tecnología implementada y frecuencia por repeticiones (trozas). 81

Lista de Abreviaciones

ABREVIACIÓN	SIGNIFICADO DE LA ABREVIACIÓN
AAA	Área de Aprovechamiento Anual
ABT	Autoridad de Fiscalización y Control Social de Bosques y Tierra
ALU-FR	Albert-Ludwig Universidad – Friburgo
APCOB	Apoyo Para el Campesino-Indígena del Oriente Boliviano
ASL	Agrupaciones Sociales del Lugar
ATE	Autorizaciones Transitorias Especiales
CFB	Cámara Forestal Boliviana
CFO	Certificado Forestal de Origen
CICOL	Central Indígena de Comunidades Originarias de Lomerío
COINFO	Comité Intercomunal Forestal de la Provincia Velasco
CFM	Comité Forestal Comunal
DNGDF	Dirección Nacional de Gestión y Desarrollo Forestal
D.S.	Decreto Supremo
FAN	Fundación Amigos de la Naturaleza
FAO	Food and Agriculture Organization
GIZ	Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit GmbH
INC	Instituto Nacional de Colonización
INRA	Instituto Nacional de Reforma Agraria
IT	Impuesto a las Transacciones
IUE	Impuesta a las Utilidades de las Empresas
IVA	Impuesto al Valor Agregado
MMAyA	Ministerio de Medio Ambiente y Agua
MDSyMA	Ministerio de Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente
ONG	Organización Non-Gubernamental
PDES	Plan de Desarrollo Económico y Social
PGMF	Plan General de Manejo Forestal
PGMFp	Plan General de Manejo Forestal pequeño
PLUS	Plan de Uso de Suelos
POAF	Plan de Operaciones Anuales Forestal
PROBOSQUE	Proyecto Gestión Integral del Bosque para la Reducción de la Deforestación (GIZ)
RA	Resolución Administrativa
TCO	Tierras Comunitarias de Origen
TIOC	Territorio Indígena Originario Campesino
TPFP	Tierras de Producción Forestal Permanente
UFM	Unidad Forestal Municipal
UDAPE	Unidad de Análisis de Políticas Sociales y Económicas del país

Agradecimientos

A la compañía ANDREAS STIHL AG & Co. KG de Alemania y Tropenbos Internacional de Holanda por haber financiado el proyecto. A la compañía Hiller S.A. representante de STIHL en Bolivia, quien brindó capacitación técnica y equipo de aserrío al proyecto. El proyecto ProBosque I de la Cooperación Alemana (GIZ) apoyó con un subsidio financiero para pruebas preliminares de aserrío móvil en los municipios de Concepción y San Ignacio de Velasco. A las autoridades nacionales forestales como la Dirección General de Gestión y Desarrollo Forestal (DGGDF) y Autoridad de Bosques y Tierra (ABT) quienes acompañaron y dieron el soporte legal a nuestro estudio; especiales agradecimientos al Viceministro MSc. Magin Herrera, Joaquín Coimbra, Dalia Beltrán y Edgar Poquiviqui. La Central Indígena de Comunidades de Lomerío (CICOL) brindó un constante apoyo institucional a las actividades del proyecto tanto en el lugar de estudio como fuera de este. La ONG nacional APCOB (Apoyo para el Campesino e Indígena del Oriente Boliviano) y el Comité Intercomunal Forestal de la Provincia Velasco (COINFO) así como los Municipios de Concepción y San Ignacio de Velasco, mediante sus respectivas Unidades Forestales (UFM) brindaron apoyo logístico e institucional en las áreas de estudio.

Un agradecimiento muy especial también para el Comité Forestal de la comunidad de Cristo Rey – Puquio y sus comunarios (TCO Lomerío), quienes abiertamente proporcionaran al proyecto su área de producción forestal para recolectar datos. A los técnicos forestales Teresa Suárez, Juan Cruz Poquiviqui, Carlos Soliz, Sergio Gutiérrez, Nolberto Mansilla, Felix Rocha, Daniel Soruco y Pavel Campero quienes apoyaron al levantamiento de datos de campo y aspectos logísticos. El equipo de investigación da también un enorme agradecimiento a los operadores forestales de la comunidad de Cristo Rey – Puquio, quienes en muy poco tiempo lograron conocer y manejar a la perfección los nuevos equipos que se usaron para las pruebas piloto: Pablino Parapaino, Juan García, Benjamín Parapaino, Wilfredo Supayabé, Johnny Capobianco, Evelio Chuvé, Luis Rodriguez García, Miguel Supayabé, Pedro Supayabé, Luis Rodríguez Chuve y Lorenzo Cuasace.

Finalmente se agradece a Jaime Terán por su contribución y acompañamiento técnico al estudio, así como a Victor Yucra, Charlotte Benecker, Richard Mancilla, Adrían Bojanic y Eduardo Quiroga con quienes se realizaron intercambios de argumentos muy productivos y que contribuyeron a enriquecer y complementar las ideas del proyecto. Agradecimientos a José Vargas y Juan Pablo Baldivieso quienes realizaron los mapas para este documento técnico.

Santa Cruz de la Sierra, febrero 2021

Presentación

El Instituto Boliviano de Investigación Forestal es una organización de la sociedad civil, cuya misión es promover la gestión integral y sustentable de los bosques de Bolivia mediante la creación, intercambio y uso del conocimiento y el desarrollo de capacidades de los usuarios de los bosques. Entre los temas estratégicos que trabajamos está el proponer medidas que democraticen el acceso y aprovechamiento de los recursos forestales sobre la base de evidencia científica que nos permita conservar nuestros bosques.

Los tiempos de crisis provocados por la pandemia de la COVID19 con seguridad van a impulsar acciones que irán en desmedro de los bosques. Necesitamos continuar generando alternativas para su uso, particularmente para los Pueblos Indígenas quienes hoy en día son dueños de grandes extensiones de bosques. Por las restricciones técnicas, legales y tecnológicas existentes en Bolivia, esto Pueblos aún no logran el acceso democrático, sustentable y acorde a sus usos y costumbres de sus recursos naturales para mejorar sus medios de vida.

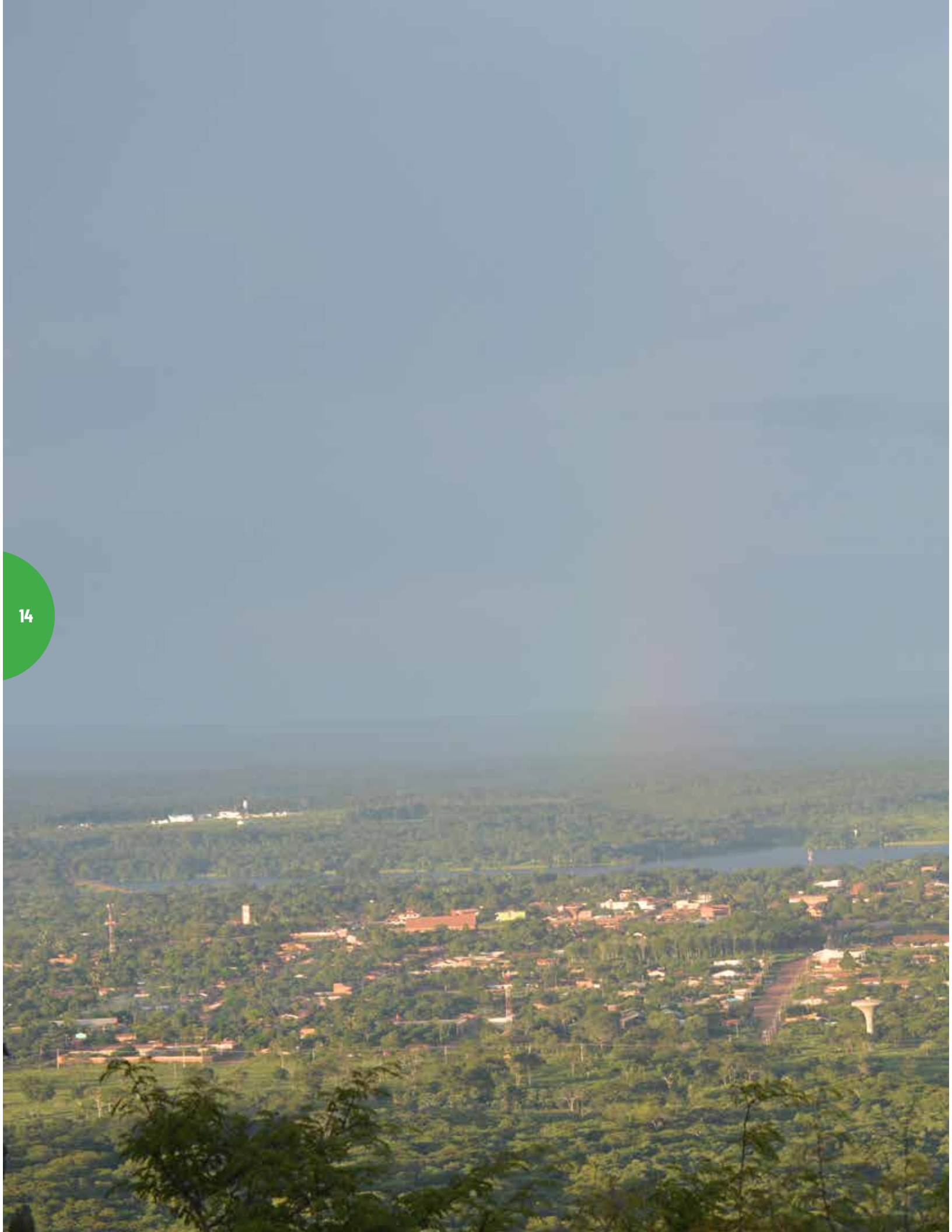
Con esta finalidad de dar respuestas a estos retos, nos es grato presentar el libro "Factibilidad Técnica y Financiera del Aserrío Móvil por Productores Forestales Indígenas Chiquitanos", como un aporte al conocimiento para el aprovechamiento forestal de bajo impacto que permitirá un mejor acceso a los recursos forestales para los Pueblos Indígenas del país.

Este trabajo ha sido realizado desde el año 2018, en coordinación con la Dirección de Gestión y Desarrollo Forestal del Viceministerio de Medio Ambiente, Biodiversidad, Cambios Climáticos y la Autoridad de Fiscalización y Control Social de Bosques y Tierras. Los resultados del mismo han sido la base técnica para la formulación del decreto supremo No. 4359, que permite el uso de las tecnologías móviles, mejorando así la gobernanza social y los beneficios económicos del manejo de recursos forestales.

Esta publicación es un ejemplo de investigación, innovación, participación de los usuarios del bosque y de las instituciones de regulación y generación de políticas para la generación de alternativas reales de acceso y uso de nuestros recursos forestales.

Los desafíos continúan y nosotros como IBIF, continuaremos con nuestro compromiso de brindar asistencia técnica, de continuar investigando e innovando en beneficio de nuestros bosques y en favor de mejorar su productividad para su conservación. ¡Los invitamos a sumarse a este esfuerzo!

Nataly Ascarrunz
DIRECTORA EJECUTIVA
IBIF



Resumen Ejecutivo

Resumen Ejecutivo

El presente estudio se basa en un acuerdo de colaboración interinstitucional entre el Instituto Boliviano de Investigación Forestal (IBIF) y la Universidad de Friburgo (ALU-FR), Alemania, para desarrollar e implementar el proyecto *"Bosques operando a favor de actores locales: Desarrollo de esquemas de manejo forestal basados en tecnología móvil adaptados a las poblaciones locales en las tierras bajas del este de Bolivia"*[1]. El estudio fue diseñado y conducido por el consorcio de investigación formado por el IBIF, ALU-FR y la empresa CANAVALIA, con acompañamiento técnico de la compañía Hiller S.A. Todo el proyecto fue financiado por la compañia ANDREAS STIHL AG & Co. KG de Alemania y también se recibió apoyo financiero adicional de Tropenbos Internacional de Holanda. El objetivo del estudio es evaluar la factibilidad técnica y financiera del aserrío móvil por productores forestales indígenas usando motosierra sin y con acoples portables y transporte de madera aserrada mediante unidades motorizadas como motochata, tracción animal y tracción humana. El análisis demuestra que el aserrío móvil por productores indígenas en la Chiquitanía es técnicamente factible. Asimismo, el enfoque del análisis financiero implementado en el estudio muestra ingresos atractivos, sugiriendo que este esquema de aprovechamiento es altamente promisorio en la chiquitanía y puede ser replicado en otras regiones boscosas de Bolivia.

Los resultados obtenidos en este estudio forman la base técnica del Decreto Supremo DS 4359/2020 recientemente promulgado y publicado en la Gaceta Oficial del Estado el 12 de octubre del presente año. Mediante artículo único, este decreto modifica el Artículo 75 del Decreto Supremo Nº 24453, de 21 de diciembre de 1996, Reglamento General de la Ley Forestal, con el siguiente texto:

"Artículo 75º.-

I. En ningún caso está permitido el uso de motosierras para el escuadrado y tableado con fines comerciales, bajo sanción de decomiso y multa conforme al presente reglamento.

II. Excepcionalmente en comunidades indígenas, campesinas, interculturales, afro bolivianas y la pequeña propiedad en todo el territorio nacional, se permite el uso de tecnologías de bajo costo y de bajo impacto, en procesos de transformación primaria, según reglamento específico y cuenten con Planes Generales de Manejo Forestal – PGMF, Planes de Gestión Integral de Bosques y Tierra – PGIBT y Planes de Manejo Integral de Bosques – PMIB, previamente aprobados y autorizados por la autoridad competente, de acuerdo a normativa vigente."

Este instrumento legal permite el uso de tecnología móvil que es más adaptada a las realidades y capacidades de pequeños usuarios forestales. De esta forma, se facilita el acceso para aprovechar legalmente los bosques de una manera más autónoma y con la posibilidad de generar mayores ingresos a los productores primarios. Con esto, el consorcio de investigación liderado por el IBIF y la Universidad de Friburgo y los productores forestales indígenas chiquitanos presentan una contribución concreta a la reactivación económica del sector forestal en Bolivia.

1 Traducción al español del título original del proyecto: "Making forests work for local people: Developing locally-adapted, moto-manual forest management schemes for communities in the Eastern Lowlands of Bolivia".

Contexto

El modelo de aprovechamiento forestal en Bolivia se basa principalmente en una figura empresarial. Este esquema de manejo forestal es normado por un marco legal que exige procesos administrativos complejos y sugiere el uso de tecnologías que son en gran medida incompatibles con los contextos locales y las capacidades de pequeños usuarios forestales. De esta forma, este enfoque de gestión forestal puede funcionar para grandes empresas madereras con la posibilidad de grandes inversiones, aplicar tecnología mecanizada y con la disponibilidad de conocimiento especializado. Sin embargo, dificulta que pequeños productores forestales locales, como las comunidades indígenas, accedan y aprovechen sus recursos de manera legal y sostenible. Estos actores son propietarios de aproximadamente el 25% del área forestal de Bolivia y desde el 2016 han excedido a las concesiones forestales (ATE) en términos de área bajo manejo forestal con 3.2 millones de hectáreas.

Por lo tanto, existe una necesidad urgente de hacer reformas a las regulaciones nacionales forestales actuales y diseñar instrumentos legales apropiados que permitan a los pequeños productores forestales con poco capital acceder y beneficiarse de sus recursos forestales. Se necesita que el bosque realmente beneficie a pequeños productores locales. Así, el presente estudio busca generar evidencia básica técnica y financiera sobre procedimientos y tecnologías acorde a las capacidades y realidades de productores forestales chiquitanos. Esto eventualmente busca definir y promover nuevos modelos de aprovechamiento forestal sostenibles que sean localmente viables. Específicamente, el estudio enfoca la factibilidad del uso de tecnología móvil de fácil acceso, bajo costo y bajo impacto al bosque. Tal es el caso del uso de la motosierra sin acople y con acoples portables para el aserrío de tablas, cuartones y postes. El estudio se complementa con un análisis del transporte mediante un pequeño vehículo motorizado con chata adaptada, tracción animal y tracción humana o "al hombro" de la madera aserrada *in situ* hacia patio de acopio intermedio.

Marco metodológico

Inicialmente, en el 2018 con apoyo financiero del proyecto PROBOSQUE I de la Cooperación Alemana – GIZ, se realizaron pruebas pilotos de aserrío con motosierra y acoples portables en Josecito del Sarí (municipio de San Ignacio de Velasco) y en el Plan General de Manejo Forestal (PGMF) mancomunado de las comunidades indígenas de Villa Nueva y La Embocada, en el territorio indígena de Monteverde (municipio de Concepción). Estas pruebas se realizaron con el objetivo principal de desarrollar y validar la metodología y proyectar el estudio en base a tecnologías adecuadas hacia otras regiones vecinas. Posteriormente, en el 2019 se han recolectado datos sistemáticos en el área productiva forestal de la comunidad Cristo Rey - Puquio, ubicada dentro del territorio indígena de Lomerío, municipio de Lomerío. Se seleccionaron 5 especies forestales actualmente comercializadas en el mercado local, regional y nacional y que metodológicamente fueron agrupadas en madera dura: Tajibo Amarillo (*Handroanthis serratifolius*), Cuchi (*Astronium urundeuva*) y madera semidura: Tarara Amarilla (*Centrolobium microchaete*), Tarara Colorada (*Platymiscium fragans*), y Roble (*Amburana cearensis*). Para el aserrío se analizaron 3 tecnologías: motosierra con los acoples portables Marco Guía y Big Mill Basic Logosol y el aserrío con motosierra sin acoples; y 3 tecnologías de transportes tales como motocicleta con chata adaptada, tracción animal y tracción humana. Tres parámetros principales fueron medidos y analizados: rendimientos (%), tiempos y movimientos, así como también todos los insumos necesarios expresados en costos operativos y activos fijos.

Se han registrado datos en 3 áreas comunales con producción forestal (AAA), dos en territorios indígenas (Lomerío y Monteverde) y en una comunidad tradicional (San Ignacio de Velasco). Se aserraron 255 muestras o secciones (trozas) de 5 especies comúnmente aprovechadas en la Chiquitanía, en un área promedio de 54 hectáreas de áreas forestales productivas. Para las pruebas de campo en los tres sitios se aserraron un total de 81 m^3 de madera en troza. En total se trabajaron con 31 personas en las tres áreas de estudio, con 2 brigadas compuesta por 4 personas cada una por sitio de estudio. Todos los operadores forestales que participaron en el estudio son miembros de las comunidades u Organizaciones Forestales Comunales (OFC) donde se registraron los datos.

Resultados

Los resultados de la factibilidad técnica y la aproximación financiera del aserrío móvil con acoples portables y transporte de madera aserrada presentados en este documento provienen de los análisis realizados en la comunidad Cristo Rey – Puquio, en el territorio indígena de Lomerío. Las pruebas de aserrío demandaron un volumen de 47,68 m^3 de madera en troza, de los cuales se obtuvo 7,63 m^3 de madera corta (37 %) y 13,08 m^3 corresponde a madera larga (63%). El rendimiento promedio general del aserrío móvil es de 43,53 %, equivalente a 192,97 pie tablares (pt). Comparando las tres tecnologías implementadas, el aserrío con motosierra usando acople Logosol obtuvo el mayor rendimiento (45,20 %), seguido por motosierra con acople Marco Guía (43,88 %) y finalmente el uso de motosierra sin acople con un rendimiento de 41,11%. De acuerdo al tipo de madera, la tecnología con mayor rendimiento para madera dura es la motosierra sin acople (43,9 %), seguido por Logosol (42,77 %) y finalmente Marco Guía (40,94 %). Los resultados para madera semi dura también muestran a Logosol con mayor porcentaje de rendimiento (46,94%), y con el menor rendimiento el aserrío con motosierra sin acoples (38,8%).

En relación a los tiempos productivos, el análisis comparativo muestra que el aserrío con acoples Logosol y Marco Guía necesitan aproximadamente 5 horas para procesar un metro cúbico de madera en tronca, en comparación con el aserrío sin acoples que necesita de aproximadamente 4 horas. El tiempo total de trabajo requerido (tiempos productivos + no productivos) para el procesamiento de un metro cúbico de madera en troza es: Logosol 6:38 horas, Marco Guía 6:05 horas y sin acople 4:63 horas. En relación a la capacidad de aserrío por hora, los resultados obtenidos muestran lo siguiente: Acople Logosol 0,16 m^3 tronca/hora de trabajo; para acople Marco Guía 0,17 m^3 tronca/hora de trabajo y finalmente motosierra sin acople resulta en 0,22 m^3 de madera en troza por hora. La capacidad de producción es 0,07 m^3/hora (30,72 pt/hora) para Logosol y Marco Guía y 0,09 m^3 (38,50 pt/hora) para el aserrío sin acople.

El análisis financiero indica que, bajo las condiciones supuestas en el estudio, el aserrío móvil usando las tres tecnologías por pequeños productores forestales tiene un potencial financiero. Presentan un Valor Actual Neto (VAN) positivo y una relación Beneficio/Costo superior a 1. Aquí se observa que la relación Beneficio/Costo va duplicando gradualmente de tecnología en tecnología de una inversión inicial de 1 BOB a 2,81 BOB (Logosol), 4,24 BOB (Marco Guía) y 6,68 BOB (sin acople). Comparando el ingreso de las tres tecnologías analizadas en este estudio con el ingreso neto por la venta de árbol en pie, se observa mayores ingresos mediante el aserrío móvil usando las tres tecnologías. Los ingresos para las tres tecnologías supera al ingreso neto de 105 Bs/m^3 por la venta de árbol en pie en un 86% (195 Bs/m^3) usando el acople

Logosol, 100% (211 Bs/m^3) usando el acople Marco Guía y mediante aserrío sin acople aumenta en un 150% (264 Bs/m^3). Se ha considerado el ingreso de 105 Bs/m^3 por la venta de árbol en pie en base a formas de negocios y acuerdos formales-informales que existen entre comprador y comunarios en la Chiquitanía. La utilidad del aserrío móvil promediando los valores de las tres tecnologías es 33$/m^3, mientras que las utilidades por la venta de árbol en pie es solamente 15$/m^3.

Los análisis de factibilidad técnica del transporte en base a tecnologías ya adaptadas localmente, muestran un desempeño con diversas ventajas y desventajas. Los datos obtenidos pueden ser utilizados para determinar la tecnología apropiada para transportar madera en función a cada situación y contexto local. Los resultados indican una capacidad de carga por día de 3,41 m^3 para transporte motorizado, 0,17 m^3 de transporte tracción animal y 0,39 m^3 tracción humana o pulso. El tiempo total requerido (productivos + no productivos) para el transporte de un metro cúbico de madera aserrada es de: 1,61 horas en transporte motorizado, 2,66 horas empleando tracción animal y 10,18 horas para el transporte con tracción humana o pulso.

Reflexiones y consideraciones finales

Los valores promedios de rendimiento de las tres tecnologías superan el 40% dispuesto por la Autoridad de Bosques y Tierra (ABT) en Resolución Administrativa, sugiriendo que es necesario realizar ajustes normativos. En base a la evidencia técnica-financiera, el consorcio de investigación recomienda el aserrío móvil con tecnología de bajo impacto como un esquema de manejo forestal factible para el aprovechamiento de madera por pequeños productores que manejan sus bosques a baja escala, con poco capital de inversión y con bajos insumos tecnológicos.

Este esquema de manejo forestal es una contribución concreta para ayudar a cumplir con el volumen proyectado para la reactivación del sector forestal en Bolivia. Debido a la precisión de aserrío, calidad del producto obtenido y multifuncionalidad el uso de acoples portables para el aserrío móvil da un valor económico *in situ* adicional a los productos obtenidos, lo que significaría mayores ingresos para los productores locales. Adicionalmente, un cambio eventual a este nuevo esquema traería consigo una mayor autonomía del manejo forestal principalmente por comunidades indígenas y campesinas, menor dependencia hacia intermediarios y bajo impacto al bosque. En este sentido, el DS 4359/2020 promulgado recientemente se constituye en el inicio de un cambio de paradigma en la gestión forestal y en un hito clave en la historia forestal de Bolivia.

A pesar que el uso de equipos adicionales como los acoples portables tienen mayores ventajas en cuanto al rendimiento, calidad y precisión de aserrío y multifuncionalidad, el aserrío tradicional con motosierra sin acoples es más efectivo en tiempos necesarios y más compatible con la realidad de pequeños productores locales. Cualquier requerimiento técnico adicional implica una seria reducción de la rentabilidad y aumenta las cargas burocráticas, técnicas y financieras para un uso legal de los bosques por parte de productores locales como por ejemplo comunidades indígenas y campesinas.

Introducción

1. Introducción

1.1 Antecedentes

El presente estudio forma parte del proyecto "Bosques operando a favor de actores locales: Desarrollo de esquemas de manejo forestal basados en tecnología móvil, de bajo impacto y adaptados a las poblaciones locales en las tierras bajas del este de Bolivia"[2]. Este proyecto ha sido diseñado y ejecutado por el consorcio de investigación formado por el Instituto Boliviano de Investigación Forestal (IBIF), Universidad de Friburgo (ALU-FR, Alemania) y la empresa CANAVALIA con acompañamiento técnico de la empresa Hiller S.A. Con el apoyo financiero del Proyecto PROBOSQUE I de la Cooperación Técnica Alemana - GIZ. El proyecto comenzó en 2018 con pruebas piloto de aserrío usando motosierra y acoples portables en Santa Cruz de la Sierra y en las comunidades indígenas de Villa Nueva - La Embocada (municipio de Concepción) y San Josecito del Sarí (municipio de San Ignacio de Velasco). Estas pruebas piloto se realizaron con el objetivo principal de poner en práctica la tecnología seleccionada, desarrollar y validar la metodología y en base a las tecnologías adecuadas proyectar el estudio a otras regiones y municipios vecinos. A partir del 2019 con apoyo financiero de la compañía Alemana ANDREAS STIHL AG & Co. KG y Tropenbos Internacional se recolectaron sistemáticamente datos en la comunidad de Cristo Rey – Puquio, en el territorio indígena de Lomerío. Para esta segunda fase se ha complementado con el aserrío de más especies y el análisis de manipulación y transporte de madera aserrada *in situ* hacia áreas de acopio usando diferentes tecnologías de transporte de bajo impacto. En este sentido, este estudio presenta los análisis de la factibilidad técnica y aspectos financieros del aserrío y transporte de madera en el territorio indígena Lomerío. Este estudio se basa en un acuerdo interinstitucional de colaboración entre el Instituto Boliviano de Investigación Forestal (IBIF) con base en Santa Cruz de la Sierra - Bolivia y la Universidad de Friburgo (ALU-FR), Alemania.

1.2 Marco legal en el contexto del uso de la motosierra y aprovechamiento de volúmenes menores

El reglamento técnico de la Ley Forestal 1700 menciona en su artículo 75 "*en ningún caso está permitido el uso de motosierras para el escuadrado y tableado con fines comerciales, bajo sanción de decomiso y multa conforme al presente reglamento*" (MDS y MA; 1996, DS 24453). Esta prohibición que sigue creando mucha controversia, se basó en varios argumentos que no fueron demostrados en ningún estudio técnico sistemáticamente diseñado. 1) se argumentó que el aserrío con motosierra generaba muchos desperdicios, y con esto se ponía en peligro la sostenibilidad de las especies, 2) que solamente se enfocaba al uso selectivo de pocas especies altamente valiosas como Mara (*Swietenia macrophylla* King) y Cedro (*Cedrela* spp.) orientadas a un mercado nacional y de exportación, dejando un bosque pobre y finalmente 3) era muy complicado e inviable realizar el control de su uso por los diferentes actores. Antes de la promulgación de la Ley Forestal en el 1996, la motosierra fue el principal instrumento para aserrar madera por usuarios forestales indígenas y campesinos. Hoy, 24 años después de la promulgación de la Ley, la motosierra sigue siendo la principal herramienta para estos actores, que son principalmente informales y por lo tanto considerados ilegales. Sin embargo, durante los últimos 10 años se han promulgado una serie de instrumentos legales para el

2 Traducción al español del título original del proyecto: "Making forests work for local people: Developing locally-adapted, moto-manual forest management schemes for communities in the Eastern Lowlands of Bolivia".

aprovechamiento de volúmenes menores por productores indígenas y campesinos donde se legaliza el uso de motosierra bajo ciertas condiciones. Estos son los más destacados:

- La Directriz ABT Nº 006/2012 permite el aprovechamiento de hasta 2000 pies tablares (4,7 m^3) dos veces al año por unidad familiar para uso propio. En el caso de solicitudes de volúmenes menores el aprovechamiento de hasta 2000 pies tablares hasta tres veces al año por unidad familiar de comunidades indígenas campesinas para fines comerciales (ABT, 2012). El uso doméstico no tiene límites. Para Pando existe una directriz específica (Directriz ABT Nº 002/2014) dada la presión social a la ABT para obtener la autorización de poder aprovechar más volumen. En este departamento está permitido aprovechar 3000 pies tablares (7,08 m^3) dos veces al año por familia para uso propio y 3000 pies tablares seis veces al año por unidad familiar solicitando volúmenes menores que pueden tener fines comerciales (ABT, 2014).
- En 2017, la ABT promulgó el instructivo Nº 005/2017 "Aprovechamiento integral de subproductos provenientes de bosques bajo manejo forestal". Específicamente, este instructivo hace referencia la "recuperación" a todo material vegetal sobrante del aprovechamiento del aprovechamiento de un árbol, que se pueda recuperar y transformarlo en subproductos como leña, palcas, rodajas, mini horcones y otros. Según la instructiva, esta nueva norma de aprovechamiento se basa en el enfoque de Manejo Integral de Recursos Naturales que el gobierno central promueve en el país (ABT, 2017a). En esta forma de manejo de residuos, la motosierra es el principal instrumento de transformación a ser utilizado por los actores involucrados.
- Para el departamento de Pando en el 2017 se aprobó la Resolución Administrativa 166/2017 "Directriz para la autorización de volúmenes en cantidades menores para los usuarios del bosque del departamento de Pando". Esta es una normativa específica para el uso propio, doméstico y aprovechamiento de volúmenes menores igual o menor a 3000 pt con fines comerciales por pequeños usuarios forestales. Esto surgió por presión de usuarios forestales debido a la crisis ocurrida en el 2015-2016 por la baja producción de castaña, el principal producto del bosque con valor comercial. Esta Resolución Administrativa amplía el ámbito de usuarios que la directriz 002/2014 otorgaba a usuarios indígenas y campesinos y la hace más amplia hacia usuarios forestales en general (ABT, 2017b).

Recientemente se promulgó el Decreto Supremo DS 4359/2020[3] (ver anexos) que bajo artículo único modifica el Artículo 75 del Decreto Supremo Nº 24453, de 21 de diciembre de 1996, Reglamento General de la Ley Forestal (MMAyA,2020), con el siguiente texto:

"*Artículo 75º.-*

I. En ningún caso está permitido el uso de motosierras para el escuadrado y tableado con fines comerciales, bajo sanción de decomiso y multa conforme al presente reglamento.

II. Excepcionalmente en comunidades indígenas, campesinas, interculturales, afro bolivianas y la pequeña propiedad en todo el territorio nacional, se permite el uso de tecnologías de bajo costo y de bajo impacto, en procesos de transformación primaria, según reglamento específico y cuenten con Planes Generales de Manejo Forestal – PGMF, Planes de Gestión Integral de Bosques y Tierra –

3 Publicado el 12 de octubre del presente año en la Gaceta Oficial del Estado (http://www.gacetaoficialdebolivia.gob.bo/normas/buscar/4359).

PGIBT y Planes de Manejo Integral de Bosques – PMIB, previamente aprobados y autorizados por la autoridad competente, de acuerdo a normativa vigente."

Este decreto básicamente abre las opciones para acceder a la transformación primaria de los bosques por comunidades indígenas, campesinas y pequeños propietarios. Esto flexibiliza y formaliza el uso de la motosierra en combinación con tecnologías adicionales como acoples portables que son de bajo costo, insumos y muy bajo impacto al bosque. Esto es el resultado de una extensa colaboración y cooperación interinstitucional entre IBIF, la DGGDF y ABT. La reglamentación técnica para este decreto hasta la fecha de publicación de esta obra estaba en un proceso de planificación y sistematización de argumentos técnicos.

1.3 Alcance del estudio y justificación

El modelo de aprovechamiento forestal en Bolivia se basa principalmente en una figura empresarial. Este modelo es normado por un marco legal que esencialmente sigue pautas administrativas y técnicas complicadas sugiriendo el uso de tecnologías caras que en su mayoría son incompatibles con los contextos, capacidades e intereses de usuarios forestales locales. Este enfoque de gestión forestal puede funcionar para medianas y grandes empresas madereras con tecnología mecanizada, alto capital de inversión y conocimientos especializados. Sin embargo, impide que pequeños usuarios forestales, tales como las comunidades indígenas y campesinas, utilicen de manera legal y sostenible sus recursos forestales. Estos actores son propietarios de aproximadamente el 25% del área forestal de Bolivia y desde 2016 comunidades indígenas han superado a las concesiones forestales (ATE) en términos de área bajo manejo forestal (ABT,2017c). Actualmente, estos actores forestales son los usuarios con mayor superficie de bosque bajo manejo forestal con el 57% (6 millones ha) de la superficie total autorizada (Quiroga, *en revisión*). Este contexto, es por lo tanto, una oportunidad excepcional para pensar en nuevas formas de gestionar y manejar el bosque. Existe una necesidad urgente de hacer reformas al actual marco normativo forestal y diseñar instrumentos legales – técnicos - administrativos apropiados que permitan a los pequeños usuarios forestales con poco capital acceder y aprovechar sus recursos forestales usando tecnología no mecanizada de bajos costos e insumos y bajo impacto al bosque como la motosierra y acoples portables para el aserrío móvil y transporte de madera aserrada.

Algunos estudios ya han observado la incompatibilidad entre enfoque forestal convencional en Bolivia y la realidad del manejo forestal a pequeña escala por comunidades indígenas y campesinas. Por ejemplo, Benneker (2010) observó que si bien, la Ley Forestal 1700 ofrece opciones para acceder y obtener permisos para el aprovechamiento forestal a pequeña escala, esta Ley no proporciona un régimen realista para el uso, manejo, monitoreo y control de bosques de pequeña producción. Mancilla y Guzmán (2010) mencionan que, aunque existe una prohibición legal, la importancia del uso de la motosierra para generar ingresos económicos a corto plazo usando poca inversión es muy destacable. Sin embargo, también, advierten que su uso requiere un sistema de control efectivo, el cual debe estar también en alto compromiso con las comunidades productoras (Mancilla y Guzmán, 2010). Otros estudios destacan la prohibición del uso legal de la motosierra para el "cuartoneo" en Bolivia, siendo este instrumento, la principal tecnología accesible por los pequeños usuarios forestales (Pacheco *et al.* 2008; De Jong *et al.* 2014). Estos autores observan que esta prohibición es una medida unilateral que no considera que, en general, el aprovechamiento de madera es bajo, pero que eso no se debe necesariamente al uso de la motosierra. Finalmente, los autores concluyen que esta medida "desincentiva la extracción forestal en pequeña escala, donde la motosierra es una

herramienta imprescindible debido, por un lado, a la falta de capital de los pequeños productores para desarrollar infraestructura caminera e introducir tecnologías de transporte y aserrío más eficientes y, por otro lado, a las condiciones físicas de las áreas de aprovechamiento que hacen más difícil la extracción forestal"(Pacheco *et al.* 2008; De Jong *et al*. 2014).

En este sentido, Quiroga, E (*en revisión*) destaca que la norma técnica 136/97[4] fue importante para lograr el acceso al recurso forestal por parte de las TCO y sus organizaciones productivas (OFC). Sin embargo, esta norma aún mantiene una fuerte esencia y figura empresarial marginando a los productores forestales indígenas –dueños de los recursos- a roles marginales en altísima dependencia hacia externos. Además, no contiene lineamientos que hagan que el negocio de la madera sea inclusivo para las OFC, que entienda la gobernanza local, y que empodere a las comunidades en la ejecución de sus planes generales de manejo forestal, logrando ingresos económicos significativos para los beneficiarios directos. A 23 años de la promulgación de la norma técnica 136/97 y analizando las experiencias en la ejecución de los PGMF comunales se evidencia la necesidad de hacer ajustes a esta norma (Quiroga, E *en revisión*). Es necesario que la nueva normativa no solamente permita el acceso al recurso, si no que se incorporen requerimientos y condiciones que permitan a pequeños productores forestales como comunidades indígenas y sus organizaciones forestales hacer realmente que el bosque beneficie a los usuarios mediante una gestión forestal comunitaria y de producción familiar basada en un enfoque endógeno (Pokorny *et al*, 2011). Este enfoque de manejo forestal tiene el potencial para gestionar esquemas de manejo forestal que contribuyan a estabilizar el paisaje forestal y al mismo tiempo contribuir a mejorar el bienestar local y calidad de vida (Pokorny *et al* 2013). Estos autores concluyen también que nuevos ajustes normativos deben girar en torno a las capacidades de los productores forestales locales y sus organizaciones productivas. En este escenario, por ejemplo, el uso de tecnologías de bajo costo e impacto al bosque para el aprovechamiento forestal puede consolidarse como un esquema de manejo forestal localmente adaptado y viable.

La idea de promocionar el uso de tecnología móvil no mecanizada para el aprovechamiento de recursos forestales no es nueva. En Bolivia ya se han realizado algunas pruebas para analizar principalmente la factibilidad técnica del uso de la motosierra y el acople portable Marco Guía (AFIN *en revisión*) y su viabilidad financiera en base un modelo que evalúa la rentabilidad de este tipo de operaciones (Pinell, 2016). Estos estudios fueron realizados tanto en la Chiquitinía como en otras regiones como Guarayos y Pando. Fuera de Bolivia hay experiencias interesantes y diferentes avances en cuanto al uso legal de la motosierra. En la mayoría de los países caribeños, por ejemplo, el aserrío *in situ* es permitido, esto debido por la alta frecuencia e intensidad de Huracanes, que dejan muchos árboles caídos (Eckelmann *et al*. 2010). En Guayana el aserrío con motosierra es legal, pero solamente con una licencia otorgada por la Comisión Forestal de la Guayana. La licencia otorga dos tipos de derecho: para tumbar un número específico de árboles y para aserrar o cuartonear en pie de tocón. La Comisión Forestal otorga permisos para aprovechar hasta 2000 ha y por un periodo de 2 años siguiendo ciertas regulaciones como por ejemplo el registro del equipo y/o aserradero portátil si fuera el caso. (Marshall y Kerret, 2010; Méndez *et al.* 2015).

4 Norma técnica para la elaboración de instrumentos de manejo forestal comercial (inventarios, planes de manejo, planes operativos, mapas) en Tierras Comunitarias de Origen (TCO) aprobada mediante Resolución Ministerial 136/97 en fecha 9 de junio del 1997.

Ecuador cuenta con un programa nacional de aprovechamiento forestal simplificado (PAFSi) donde se permite el aprovechamiento forestal artesanal (Tandazo y Gatter, 2006). Se han realizado estudios comparativos de rendimientos y rentabilidad del aserrío mecanizado, artesanal y usando también el acople portable Marco Guía (Díaz y Gatter, 2004, Tandazo, F. *sin publicar*). En Perú el marco legal forestal permite el uso de la motosierra y "equipos adicionales" exclusivamente en áreas de difícil acceso en bosques productivos indígenas y en caso de limitaciones específicas descritas en el PGM (Brotto, 2010).

Los estudios en Bolivia, anteriormente mencionados, se basaron en entrevistas y muestreos con 1-2 especies y pocos representativos. Además, enfocaron el análisis de los rendimientos y factibilidad técnica del aserrío móvil usando solo motosierra o/y con el acople Marco Guía. El diseño de este estudio va más allá e incluye extensas pruebas de campo mediante un muestreo representativo de 5 especies. Además de análisis estándares de rendimientos y tiempos y movimientos, en este estudio se incluye el análisis del acople portable Big Mill Basic Logosol, que por primera vez es usado para este tipo de investigaciones. A todo este paquete de operaciones se realizó una aproximación para mostrar la factibilidad financiera. Esto se complementa con un análisis del transporte de madera aserrada *in situ* hasta áreas de acopio intermedios o final con tecnología motorizada de bajo impacto y tracción animal y humana. Este diseño operativo es apoyado por un arreglo institucional estratégico, formado por el sector privado, autoridades nacionales, municipales, indígenas y comunales, así como instituciones académicas (nacional e internacional) y la cooperación internacional. Este arreglo completamente estratégico y único apunta a facilitar el entendimiento, operación e incidencia de los resultados del proyecto[5]. Aquí, es relevante destacar que con este estudio las autoridades de control y gestión de recursos forestales a nivel nacional, la ABT y la DGGDF, han mostrado su total predisposición para discutir este tema tan importante y relevante que pueda contribuir a la reactivación del sector forestal de Bolivia.

En este contexto, el consorcio de investigación liderado por el IBIF y la Universidad de Friburgo ha conducido el estudio "Factibilidad técnica y financiera del aserrío móvil por productores forestales indígenas Chiquitanos: en búsqueda de nuevas alternativas para reactivar el sector forestal en Bolivia".

1.4 Potencial forestal del aprovechamiento de volúmenes mediante aserrío móvil

Según datos de la ABT, Bolivia cuenta con 28.190.625 millones de hectáreas sin restricción destinadas para la producción forestal sostenible (TPFP) distribuidas en 7 de sus 9 Departamentos[6]. Datos acumulativos hasta el año 2019 muestran que existen 10.565.105 millones de hectáreas que se encuentran en producción bajo manejo sostenible (Quiroga E *en revisión* en base a datos de la ABT, 2019, Tabla 1). En este escenario usuarios tradicionales como comunidades campesinas e indígenas disponen de casi 6 millones de ha bajo manejo (57%), donde destacan las TCO y sus OFC con 3.5 millones de ha (33 %) del total de PGMF autorizados y vigentes en el país (Tabla 1).

5 En el siguiente capítulo se describe detalladamente estos arreglos institucionales.
6 Según el DS 26075 del 16 de febrero del 2001 se declaran Tierras de Producción Forestal Permanente (TPFP) 41.235.487 hectáreas sin restricción; 10.680.192 hectáreas en Áreas Protegidas, sujetas al Art.2 inciso 3 del presente Decreto Supremo; 2.364.670 hectáreas con restricción en los departamentos de Chuquisaca y Tarija.

Tabla 1. Superficie de bosques bajo manejo forestal por tipo de usuario (Datos: ABT, 2019).

Tipo de actor	Sup. PGMF	%
Comunidad Indígena o Pueblo Indígena	3.504.814	33.0
Autorizaciones Transitorias Especiales	2.819.136	27.0
Comunidad Campesina	2.490.590	23.5
Propietario (s) Privado	1.111.117	10.5
Agrupación Social del Lugar	477.363	4.6
Contrato de Aprovechamiento Forestal en Tierras Fiscales	112.000	1.0
Universidad	50.085	0.4
TOTAL	**10.565.105**	**100**

En la gestión 2019, el área de manejo forestal en comunidades campesinas, indígenas y propiedad privada se ha incrementado en 238.738 hectáreas. El usuario forestal que más superficie contribuyó fueron las comunidades indígenas con un 56 %, y las comunidades campesinas con un 39 % del total de la superficie autorizada (Figura 1). Así mismo se han autorizado para el aprovechamiento forestal mediante Área de Aprovechamiento Anual (AAA) una superficie de 198.840 ha, de ellas 105.043 ha (53%) están en comunidades indígenas, y 43.549 ha (22 %) en comunidades campesinas.

Es fundamental una lectura reflexiva de los datos presentados arriba y su potencial para lograr una contribución a la reactivación económica del sector forestal. Según Quiroga, E, es necesario considerar las OFC, debido a que existen actualmente 272 OFC con PGMF aprobados los que los convierte en los usuarios con mayor cantidad de bosque bajo manejo forestal (33 % del total). Adicionalmente, las OFC son muy importante puesto que dinamizan la economía local, toda vez que cada OFC tienen como promedio 30 familias asociadas, dando una cantidad total de 8160 familias como beneficiarios directos (Quiroga E *en revisión*).

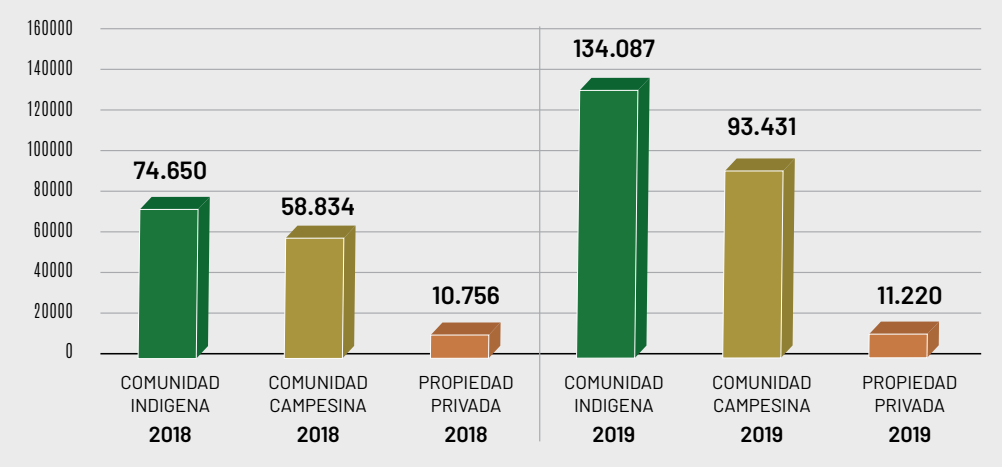


Figura 1. Área Anual de Aprovechamiento total en comunidades indígenas, campesinas y propiedades privadas en las gestiones 2018 y 2019 (Quiroga, E, *en revisión*; Fuente: Informe de Gestión 2019).

En cuanto a volumen autorizado por ABT, las TCO y sus OFC actualmente son los actores con el mayor volumen bajo POAF, con un total de 980.805 m³ en la gestión 2019, convirtiendo a estos actores como los principales proveedores de materia prima para la industria forestal (Figura 2).

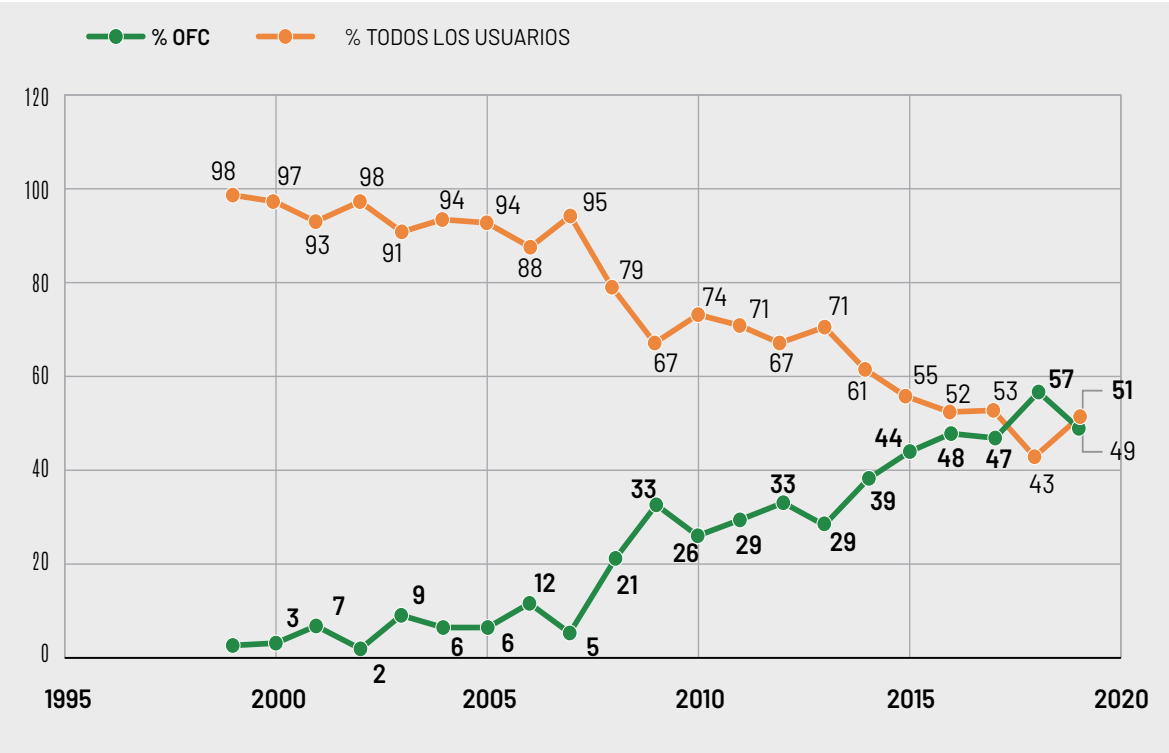


Figura 2. Comparación del volumen autorizado mediante POAF (%) a las OFC de comunidades indígenas en relación al resto de los usuarios forestales durante 20 años (Quiroga E, en revisión, Datos: ABT, 2019).

Según la ABT, en la gestión 2017 a nivel nacional se han aprobado 7035 solicitudes de volumen menor, las cuales fueron otorgadas en el periodo 2017. Esta cantidad de instrumentos aprobados corresponde a un volumen solicitado de 1.063.530 pie tablares (106 trailadas). Para diferente tipo de productos, el volumen total extraído para este periodo fue de 10.523.467 pt. o 1052 trailadas (ABT, 2017c, Tabla2).

Tabla 2. Volumen autorizado mediante solicitudes de volumen menor (pt) (Datos ABT, 2017).

DD	Oficina	Leña	Madera*	Madera aserrada	Madera de construcción	Muebles en general	Postes	Tableros Multilaminados	Total General
DDBE	RIB	12.284		20.994					33.278
Total DDBE		**12.284**		**20.994**					**33.278**
DDCB	DDCB			14.838					14.838
	IVR		222	38.411	2.639				41.272
	VTN		14.416	11.034	2.171				27.621
Total DDCB			**14.639**	**64.283**	**4.810**				**83.731**
DDLP	IXA		122.105	86.209	6.646				214.960
	PBL				1.664				1.664
Total DDLP			**122.105**	**86.209**	**8.310**				**216.624**
DDSC	CMI			1.994					1.994
	CON		4.922	8.494	236				13.652
	DDSC		37.731	103.547	22.263	2.189	652	649	167.031
	GRY		2.973	1.155	18.613				22.740
	PSZ		8.946	33.838	5.072		306		48.162
	ROB			143.115			8.070		151.185
	SIV		702	481	2.872				4.055
	SJC		203.231	47.872	24.687				275.790
	SMT			14.375	700				15.075
	SRS		466		350				816
	YAP			26.340					26.340
Total DDSC			**258.971**	**381.210**	**74.794**	**2.189**	**9.028**	**649**	**726.841**
DDTA	ERS			2.860			197		3.057
Total DDTA				**2.860**			**197**		**3.057**
Total General		**12.284**	**395.714**	**555.556**	**87.913**	**2.189**	**9.225**	**649**	**1.063.530**
Total número de tráilers									**106**

* Madera = tablas, tablones, en troza, planchones, cuartones y orcones

La tabla 2 muestra que los productos tablas, tablones, horcones, cuartones y planchones representan un volumen autorizado de 395.714 pie tablares (39 trailadas) que corresponde al 37% del total autorizado (ABT, 2017c, Tabla2). Estas cifras muestran una tendencia de la demanda de estos productos e ilustra el gran potencial para usar tecnología de aserrío móvil de bajo impacto para procesar estos productos en su lugar de origen. Asimismo, los productos mencionados son los principales comercializados a pequeña escala por pequeños usuarios forestales en la Chiquitanía.[7]

El potencial radica en que, mediante el uso de la tecnología propuesta en este estudio, los volúmenes solicitados en troza pueden resultar en mayores volúmenes en madera aserrada, ya que los rendimientos serían mayores. Además, las ganancias podrían aumentar ya que la calidad de la

7 Es necesario la realización de un estudio de mercado regional, local y nacional enfocado a los productos que pueden ser procesados mediante el uso de tecnología para aserrío móvil de bajo impacto.

madera obtenida mediante el aserrío móvil con el uso de acoples es mayor al uso tradicional de la motosierra sin acoples, por lo tanto, aumentaría el precio de la madera aserrada *in situ.*

Adicionalmente, la tecnología de aserrío móvil facilitaría operativamente y técnicamente el aprovechamiento más intensivo de las áreas solicitadas, el uso de más especies forestales e incluso aserrío de residuos (ramas, palcas etc) del aprovechamiento forestal. Esto nos llevaría a asumir, que bajo este esquema del uso de tecnologías de aserrío de bajo impacto podría mejorar la productividad y calidad de los productos obtenidos. Por lo tanto, se podría mejorar los ingresos de los pequeños usuarios forestales y mantener la estabilidad de los bosques, esto último debido al bajo impacto que significa la tecnología del aserrío móvil.

Medidas para aumentar áreas bajo manejo forestal y reactivar el sector forestal a nivel nacional

El Plan de Desarrollo Económico y Social del país (PDES 2016-2020) busca alcanzar 13 millones de ha bajo manejo forestal y una producción de 5 millones de m^3/r, mientras que la Agenda Patriótica 2025 proyecta lograr 17 millones de ha bajo manejo forestal y producir 7 millones de m^3/r.[8] Recientemente, a inicios del 2020 la Cámara Nacional Forestal (CNF) presentó el plan de reactivación económica del sector forestal. El plan tiene como metas hasta el año 2025 aumentar la producción de madera de 1,3 a 5 millones de metros cúbicos, aumentar la exportación de productos forestales equivalente a 1.200 millones de dólares en cinco años y 450 millones en el mercado interno.[9]

Estas medidas buscan reactivar el sector forestal que se encuentra en crisis. La situación actual de la producción forestal nacional muestra una figura desalentadora en términos de volúmenes aprovechados, sugiriendo que son necesarios cambios urgentes en aspectos legales, tecnológicos, administrativos e institucionales. Para encarar esta reactivación es fundamental prestar atención y sumar esfuerzos en el primer eslabón de la cadena productiva, es decir a los administradores de los bosques productivos o proveedores de madera en pie (Quiroga, *en revisión*). En el 2019, el volumen de extracción de madera en tronca autorizado mediante las AAA fue de 2.003.577 m^3/r, y el volumen de extracción realizado fue de aproximadamente 1,3 millones de metros cúbicos lo que equivale al 66 % del volumen autorizado (ABT, 2019). El restante 34% de volumen autorizado se queda en el bosque sin aprovechamiento por muchos factores tales como falta de capital para el aprovechamiento, necesidad de tecnología mecanizada, especulación de los compradores y compra selectiva de especies entre otros. De todo el volumen de extracción autorizado, el 73 % está en manos de comunidades indígenas (980.805 m^3r) y comunidades campesinas (489.374 m^3r), usuarios que serían de gran aporte para incrementar la producción anual de madera (Quiroga, *en revisión*).

Las cifras presentadas arriba nos llevan a interpretar que un volumen de 681.216 m^3/r (34%) que ya están bajo instrumentos de gestión forestal autorizados por la ABT podrían ser aprovechados. En este escenario, por ejemplo, comunidades indígenas y campesinas, podrían optar por el aserrío móvil con acoples portables para aprovechar este volumen remanente para contribuir a cumplir con el volumen total proyectado en el plan de reactivación del sector forestal. Adicionalmente, estos usuarios mediante el aserrío móvil podrían de manera integral aprovechar o recuperar residuos del aprovechamiento tales como ramas, gajos y palcas.

8 Plan de Desarrollo Económico y Social en el marco del Desarrollo Integral para Vivir Bien (PDES) 2016 – 2020. Ministerio de Planificación para el Desarrollo (MDP). Estado Plurinacional de Bolivia. Este se elabora sobre la base de la Agenda Patriótica 2025 y el Programa de Gobierno 2015 - 2020.
9 https://eldeber.com.bo/166794_plan-forestal-proyecta-exportar-us-1200-millones-en-cinco-anos.

Tabla 3. Proyección de la producción de m^3r con PGM iguales o menores a 500 ha (Datos: ABT, 2017).

Rangos de áreas con PGM (ha)	N°	Superficie total (ha)	Superficie productiva (ha)	AAA (ha)
490-250	97	54.499	48.014	2.397
<= 200	5.825	416.784	405.805	20.284
Total general	**5.922**	**471.283**	**453.819**	**22.681**
Producción en m^3 troncas			***11,49 m^3/ha***	***260.602 m^3r***
Suponiendo que el 20 % se acoge a producir con motosierra				**52.120 m^3r**
Consumo m^3r/día en ocho horas de trabajo *				**1,80**
Número de motosierras trabajando año				**28.956**
Volumen de madera producir con rendimiento promedio 46,5% en pt **				**5.708.912 pt**

*Aserrío tradicional con motosierra "a pulso"
** Depende del espesor 53,75 % más de 4 pulgadas, 40% en madera de menor espesor

En la tabla 3 se presenta áreas productivas bajo PGMF en áreas iguales o menores a 500 ha en la gestión del 2017. Sobresale notablemente una mayor cantidad de áreas menores a 200 hectáreas, con un total de triple AAA de 20.284 ha y una producción de 232.649 m^3 de madera en tronca. Asumiendo que de la producción total (260.602 m^3 tronca) un 20 % (52.120 m^3 tronca) es designado para aserrar con motosierra sin acoples y un consumo promedio diario por motosierra de 1,8 m^3/día se obtiene un volumen total de 5.708.912 pie tablares, considerando un rendimiento promedio del 46,5 % (ABT, 2017, Tabla 3). Este volumen es obtenido asumiendo el uso tradicional de la motosierra sin accesorios, acoples portables o entrenamiento específico que aumenten el rendimiento y mejore la calidad del producto aserrado. Con estas cifras se puede estimar, por un lado, la cantidad de motosierras necesarias que deberían ser utilizadas y por lo tanto monitoreadas; por otro lado, se observa también el potencial que tienen las superficies menores a 200 ha para entrar en este esquema de aserrío móvil con tecnología de bajo impacto.

En términos de producción forestal, el aserrío móvil con tecnología de bajo impacto estaría en función de: 1) el objetivo de la producción, 2) el tamaño del área productiva (AAA), 3) las especies a ser aserradas, 4) cantidad de volumen de madera aserrada, 5) tipo de usuarios forestales y 6) el mercado existente para productos aserrados con aserrío móvil.

1.5. Objetivo del estudio

El objetivo del estudio es evaluar la factibilidad técnica y aspectos financieros del aserrío por pequeños productores forestales Chiquitanos usando tecnología móvil de bajo costo, insumo e impacto al bosque. Es decir, aserrío tradicional con motosierra y aserrío mejorado con motosierra y accesorios como acoples portables. Asimismo, se evaluó el transporte de madera aserrada *in situ* hasta patio de acopio usando unidad motorizada, tracción animal y humana. De esta forma se busca contribuir a mejorar las condiciones técnicas como base de un instrumento normativo específico que permita el uso legal de tecnología móvil de bajo impacto adaptada localmente para explotar los recursos forestales. Con esto, se espera contribuir a la reactivación del sector forestal en Bolivia.

Arreglos Institucionales y Acuerdos

2. Arreglos Institucionales y Acuerdos

Con el fin de garantizar la formalidad del estudio a diferentes niveles, institucionalizar su esencia conceptual y facilitar la operación y logística se realizó un conjunto de arreglos institucionales estratégicos y acuerdos formales con socios colaboradores, autoridades y actores claves en el área de estudio.

A nivel nacional, se ha firmado un acuerdo de colaboración con la autoridad reguladora forestal (ABT). Este acuerdo incluye la realización de las pruebas de campo en áreas de producción forestal en las comunidades seleccionadas, acompañamiento técnico y la facilitación y aprobación del Certificado Forestal de Origen (CFO). Este último, es un permiso especial que la ABT otorga al IBIF a través de las comunidades para realizar el estudio y también para evitar conflictos futuros con los volúmenes extraídos del lugar de aserrío legalmente. En este sentido, para el estudio en Lomerío la ABT emitió el instructivo "IND.DGMBT.019-2019" que confiere la aprobación del estudio de aprovechamiento forestal con tecnología de bajo impacto e insumos en la TCO Lomerío. Es decir, con este instructivo nuestro estudio es legalmente reconocido por la ABT y transfiere todas las facultades legales y técnicas al IBIF y al Comité Forestal de la comunidad Cristo Rey - Puquio. El permiso incluye el aprovechamiento de 3 fajas en la triple AAA-2015 con un total de 148 ha. Para las pruebas piloto en San Ignacio de Velasco y en la TCO Monteverde, la ABT no otorgó permisos, sin embargo, fueron informados, visitaron la experiencia y estuvieron haciendo seguimiento de todo el proceso.

El rol de la ABT ha sido fundamental para la revisión y discusión del borrador del Decreto Supremo, pero sobre todo para apoyar nuestra propuesta de este nuevo modelo de aprovechamiento forestal y empujar administrativamente y legalmente todo el proceso. Hay un acuerdo con la Dirección Nacional de Gestión y Desarrollo Forestal (DGGDF), quien ha apoyado la conducción del proyecto desde el inicio de las pruebas piloto. Así como la ABT, también ha proporcionado el marco legal para la implementación del trabajo. Además, la DGGDF contribuirá a la difusión de los resultados del estudio y productos derivados. La DGGDF ha apoyado también técnicamente con sugerencias específicas al diseño del estudio y la redacción del borrador de Decreto Supremo. La DGGDF ha sido un actor clave, dada la voluntad política y minucioso seguimiento a todo el proceso desde la entrega de documentos técnicos al Ministerio de Medio Ambiente y Agua (MMAyA) hasta la defensa ante la Unidad de Análisis de Políticas Sociales y Económicas del país (UDAPE), entidad definitiva para la aceptación del Decreto Supremo.

A nivel comunitario (área de investigación) se han firmado tres acuerdos. Con la organización indígena CICOL y con la comunidad de Cristo Rey - Puquio. La primera es la organización representativa indígena de Lomerío en la región de la Chiquitania y brindó apoyo institucional y la internalización de la experiencia en la región. Con la comunidad de Cristo Rey - Puquio se tiene un acuerdo firmado con el Comité Forestal Comunal (CFM=OFC) que está específicamente a cargo del Plan de Manejo Forestal en la comunidad.

Los compromisos del CFM fueron proporcionar al proyecto el área forestal, los volúmenes y los árboles que se utilizarán en la fase de prueba y, en colaboración con los técnicos del proyecto, seleccionar operadores y asistentes forestales locales (por ejemplo, operadores de motosierras y ayudantes) que eventualmente formaron parte del equipo de investigación.

Con el sector privado se ha realizado un acuerdo con la empresa Hiller S.A., representante de la compañía STIHL en Bolivia. Este acuerdo de colaboración específico se centra en el desarrollo de capacidades y el entrenamiento de los operadores forestales locales para el manejo adecuado, la seguridad y el mantenimiento de los equipos usados (es decir, motosierra, acoples y accesorios). Basado en el asesoramiento técnico de Hiller, el IBIF ha elaborado una estrategia y un protocolo de capacitación, tanto en teoría como en práctica[10]. Adicionalmente, la empresa Hiller, ha entregado en forma de donación 2 motosierras STIHL MS 661 y un acople portable Big Mill Basic Logosol, los cuales deben ser usados exclusivamente para uso de investigación. También se cuenta con un acuerdo formal firmado entre la Universidad de Friburgo (ALU-FR) de Alemania y la compañía STIHL de Alemania, quien es el principal financiador para esta fase del trabajo en Lomerío.

Aunque no hay un documento firmado, existe un acuerdo verbal con el municipio de Lomerío, especialmente con la Dirección Productiva de Desarrollo Rural. Existen intenciones comerciales y acuerdos verbales entre compradores externos de madera (carpinteros) y el CFM de la comunidad Cristo Rey - Puquio. Este proceso ha sido facilitado por el equipo técnico del proyecto y el objetivo es buscar el destino final de la madera utilizada en las pruebas de campo. Una proyección de un acercamiento a estos actores es tener en el futuro un estudio de mercado para los productos obtenidos del aserrío móvil con tecnologías de bajo impacto.

Finalmente, como resultados de las pruebas piloto realizadas en el 2018 en los municipios de San Ignacio de Velasco y Concepción, se han realizado acuerdos formales con autoridades y Organizaciones Forestales Comunales (OFM) en las comunidades indígenas de Villa Nueva y La Embocada (TCO Monteverde - Concepción) y la comunidad campesina San Josecito del Sarí (San Ignacio de Velasco). En este mismo municipio se tiene también un acuerdo de colaboración con el Comité Intercomunal Forestal de la Provincia Velasco (COINFO), que es la organización que representa comunidades forestales productoras en la provincia Velasco. Se tiene un convenio de colaboración con APCOB (Apoyo para el Campesino-Indígena del Oriente Boliviano) quién apoyó al proyecto específicamente en trabajos en comunidades de la TCO Monteverde (Municipio de Concepción). Asimismo, se hicieron cartas de entendimientos con los Municipios de Concepción y San Ignacio de Velasco, donde sus técnicos fueron informados y participaron en las socializaciones y capacitaciones del proyecto.

10 El IBIF en coautoría con Hiller S.A y STIHL están redactando un manual técnico de uso y mantenimiento de motosierra y acoples portables para el aserrío móvil en la Chiquitanía.

Marco Metodológico

3. Marco Metodológico

3.1. Área de estudio

El área de estudio es la Chiquitanía central, que según la clasificación de la Fundación para la Conservación de los Bosques Chiquitanos (FCBC) corresponden a Bosques Subhúmedo Semideciduo de la Chiquitanía. Las pruebas piloto en el 2018 se realizaron en la comunidad campesina de San Josecito del Sarí (municipio de San Ignacio de Velasco) y en la comunidad indígena Villa Nueva, que tiene un área productiva forestal mancomunada con la comunidad La Embocada, ambas comunidades dentro del territorio indígena Monteverde, municipio de Concepción. En el 2019 se han recolectados datos para este estudio en el área productiva forestal de la comunidad Cristo Rey - Puquio, ubicada dentro del territorio indígena de Lomerío, municipio de Lomerío (Figura 3). Las tres comunidades tienen sus organizaciones matrices, las cuales rigen mayormente normas de uso local para el aprovechamiento de los bosques. San Josecito del Sarí es miembro de COINFO (ubicada en San Ignacio de Velasco), Villa Nueva – La Embocada forma parte del gobierno territorial de Monteverde (ubicada en Palmarito de la Frontera) y Cristo Rey – Puquio es una comunidad de la CICOL con base en la misma comunidad de Cristo Rey – Puquio.

Figura 3. Área de estudio mostrando los tres municipios (delimitados en blanco), los dos territorios indígenas (Monteverde: negro, Lomerío: verde) y los tres PGMF donde se realizaron las pruebas piloto y se recolectaron datos para este estudio.

Las comunidades seleccionadas han aceptado formalmente apoyar y colaborar con los estudios y el nivel de interés y motivación es muy alto. Adicionalmente, el acceso a las áreas de aprovechamiento es bueno lo que facilita la recolección de datos. Los sitios de las pruebas piloto y para la recolección de datos son áreas de aprovechamiento forestal que cada comunidad tiene. Todas las comunidades tienen sus instrumentos de gestión forestal (PGMF) debidamente aprobados por la ABT (Figura 4).

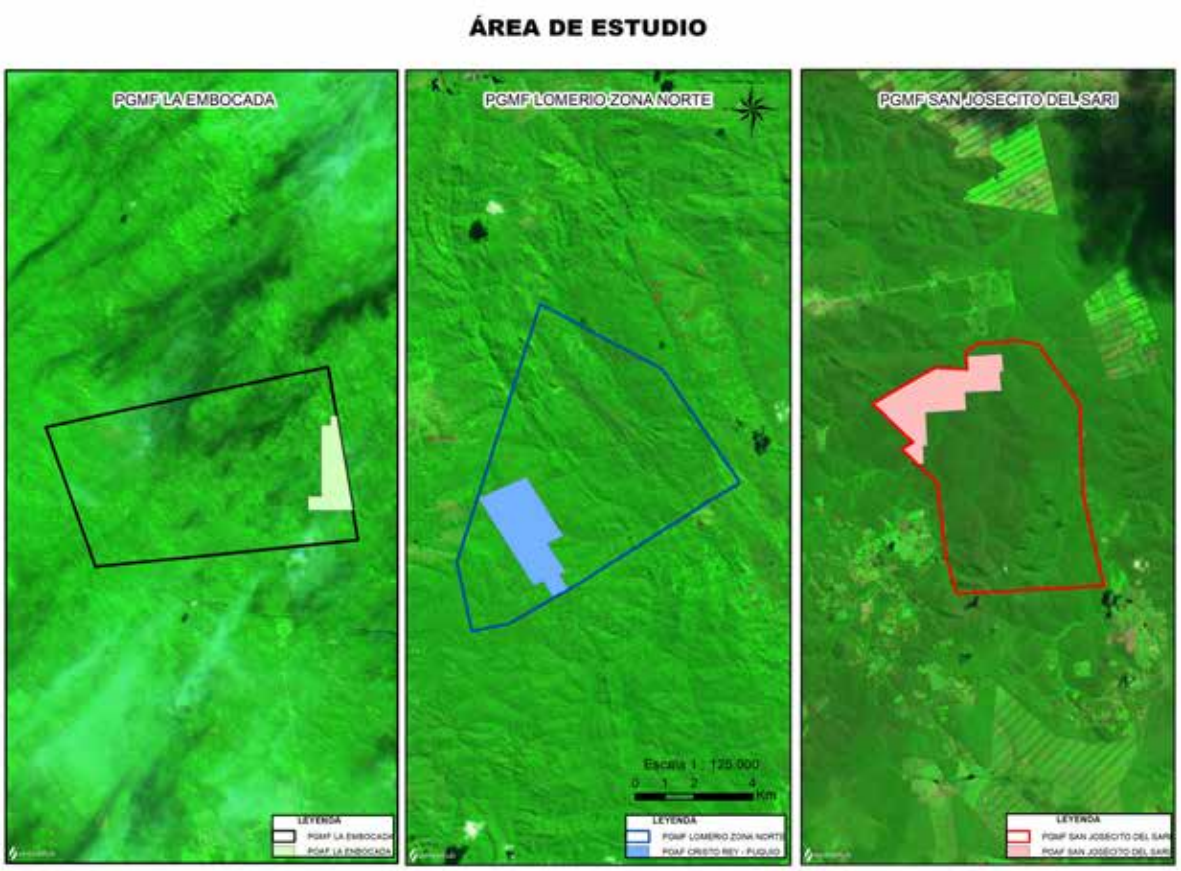


Figura 4. Sitios de las pruebas piloto y recolección de datos: Áreas productivas (PGMF) de las comunidades Villa Nueva – La Embocada (izquierda), Cristo Rey – Puquio (centro) y San Josecito del Sarí (derecha).

3.2. Diseño del estudio

3.2.1 Sitio de estudio

Las pruebas piloto se han realizado en el Plan Operativo Anual Forestal 2018 (POAF 2018) para el manejo mancomunado de la Villa Nueva – La Embocada y el POAF 2012, 2013 y 2014 en el caso de San Josecito del Sarí. El área de intervención directa es 52 ha de un total de 259 ha que corresponde al Área de Aprovechamiento Anual (AAA) para el caso de Villa Nueva – La Embocada y 35 ha de intervención directa de un total de 145 ha del AAA en la comunidad San Josecito del Sarí. En la TCO Lomerío la recolección de datos ha sido realizada en el Plan de Manejo Forestal General (PGMF) Lomerío Zona Norte, en la triple AAA 2016 que corresponde a la comunidad Cristo Rey – Puquio,

con una superficie total de 419 ha. De esta superficie la ABT ha aprobado para el estudio 164 ha (faja 1: 74 ha, faja 6: 45 ha, faja 7: 45 ha)(Figura 5).

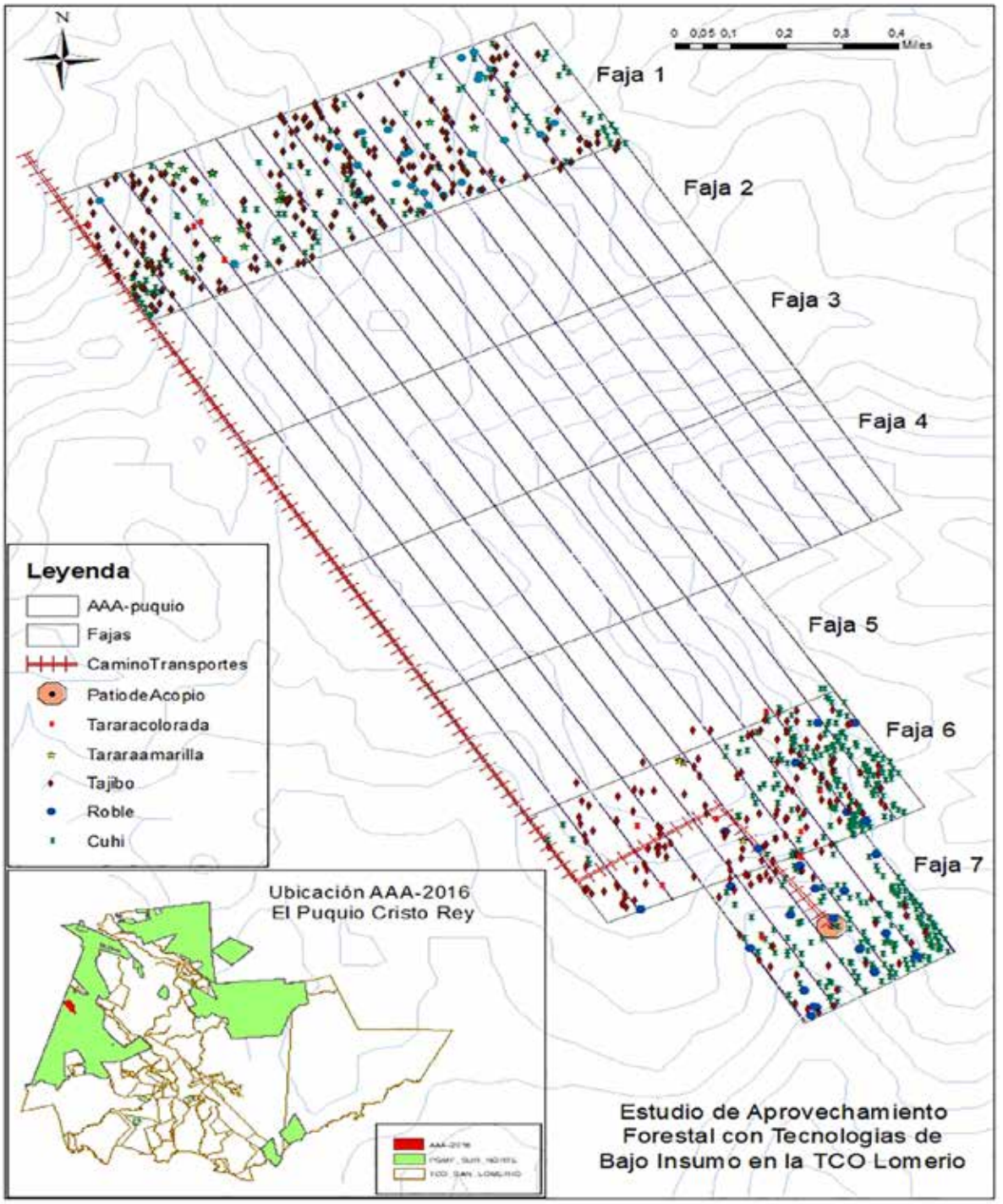


Figura 5. Sitio de estudio en el área productiva de la comunidad Cristo Rey – Puquio (AAA-2016) mostrando la distribución de árboles en las fajas 1, 6 y 7 para la recolección de datos que fueron aprobadas por la ABT.

3.2.2. Selección y tipificación de especies e intensidad de muestreo

El primer paso es la definición de las especies a ser evaluadas. La definición de especies está en función directa a la disponibilidad de volumen en pie en el área productiva. Un requisito para un muestreo significativo es que exista como mínimo 10 m^3 por cada evaluación de una especie vs una tecnología específica. La decisión de la especie se basa también en la demanda del mercado local que existe de esa especie (dimensiones) o la presencia de un cliente (acuerdo) específico que quiera comprar la madera aserrada. Un paso final con propósito analítico es la tipificación de las especies por su densidad para el aserrado: 1) madera dura y 2) madera semidura. La Chiquitanía se caracteriza principalmente por tener especies forestales de madera dura y semidura. En base a estos criterios para las pruebas del presente estudio se seleccionaron las siguientes especies: 1) madera dura: Tajibo Amarillo (*Handroanthis serratifolius* (Vahl) S.O. Grose) y Cuchi (*Astronium* urundeuva (Allemao) Engl.); 2) madera semidura: Tarara Colorada (*Platymiscium fragans* Rusby), Tarara Amarilla (*Centrolobium microchaete* (Mart. ex Benth.) H.C. Lima) y Roble (*Amburana cearensis* (Allemão) A. C. Sm.)

En relación al número de muestras por tecnología y especies idealmente se requieren entre 20 y 30 repeticiones, que corresponde a un total aproximado de 10 m^3 troza. Este volumen incluye un 30% de madera no aserrada por defectos (huecos, enfermos o torcidos) o daños durante la tumba del árbol. En promedio 1 m^3 troza da como resultado 2-3 muestras. Una muestra se define a una sección de la troza cuyas dimensiones varía en función al producto final aserrado (madera larga, madera corta, postes etc.). Para las pruebas piloto y para la recolección de datos de este estudio los volúmenes aprobados por la ABT en los sitios estudiados y dotados por las 3 comunidades superaban los 200 m^3, asegurando de esta manera el análisis con las 5 especies y las tecnologías evaluadas.

3.2.3. Definición de variables y parámetros a ser evaluados: Aserrío

Para el análisis de factibilidad técnica se evaluaron tres variables (tecnologías) que son las siguientes: 1) Aserrío sin acoples "a pulso"[11] con motosierra STIHL MS661, 2) Aserrío "mejorado"[12] con motosierra STIHL MS661 con acople portable Marco Guía y 3) Aserrío "mejorado" con motosierra STIHL MS661 con acople portable Big Mill Basic Logosol[13]. Estas tecnologías fueron evaluadas en función a 3 parámetros principales que son 1) Rendimientos (%), 2) Tiempos y Movimientos (T&M) y 3) Insumos. Las 3 tecnologías seleccionadas fueron evaluadas aserrando las 5 especies seleccionadas que fueron agrupadas en maderas dura y semidura en función de los 3 parámetros definidos en los tres sitios de estudio seleccionados.

• Rendimientos

El rendimiento de aserrío es la relación del volumen de madera aserrada que se obtiene de cada troza o sección procesada. Es decir, es la relación entre el volumen producido de madera aserrada y el volumen en troza (Chávez y Guillen, 1997). También se lo denomina Coeficiente de Aserrío (CA).

11 Es el aserrío tradicional realizado por pequeños productores forestales en la Chiquitanía y en otras regiones boscosas del país. No requiere de equipos o accesorios adicionales, solamente la motosierra y tareas muy básicas de afilado y lubricación del equipo.

12 Aserrío mejorado se define para el propósito de este estudio al aserrío móvil realizado con motosierra y accesorios o acoples portables adicionales (Marco Guía y Logosol). Incluye también entrenamiento para el manejo correcto, afilado y lubricación óptima para un buen desempeño de los equipos.

13 En la sección 3.4 de esta metodología se detalla la tecnología seleccionada para el estudio.

El cálculo de este parámetro permite conocer el comportamiento de las especies identificadas, pudiendo determinar los rendimientos por clase diamétrica, por variable de longitud de madera aserrada (corta o larga) y los rendimientos por variable en estudio. Sus resultados están en función directa de las especies (dura, semidura y blanda), diámetros y las dimensiones de aserrío previamente definidas y que a su vez están en función al mercado. En rendimiento está también en función de habilidad del operador para aserrar y la tecnología usada (motosierra convencional, con acople Logosol, aserradero portátil etc).

Para obtener el rendimiento en porcentajes se aplicó la siguiente relación (Chávez y Guillen, 1997):

$$R = \frac{\text{Volumen en tablas } (m^3\text{s})}{\text{Volumen en troza } (m^3\text{r})} x100$$

• Tiempos y Movimientos (T&M)

Refiere a la descripción y documentación cualitativa y cuantitativa del flujo de operaciones. Es decir, describir el protocolo de la operación considerando los tiempos (horas/minutos/segundos/días) por movimientos operativos realizados (descripción cualitativa) por ejemplo afilado, descanso, pausas, limpieza de equipo, aserrío, cargado de combustible, armado de equipo etc (Chávez y Guillen, 1997). El T&M es protocolizado para cada tecnología usada. El diseño propuesto para el aprovechamiento forestal con tecnología móvil, permite evaluar cuantitativamente el tiempo total, tiempo programado, tiempo productivo, tiempo no productivo y el porcentaje de eficiencia para cada tecnología evaluada.

La cuantificación de Tiempos y Movimientos, para cada uno de las repeticiones se realizó mediante el uso de cronómetros y planillas para la toma de datos disgregando movimientos para las actividades productivas (localización, aserrío, desorillado y romaneo) y actividades no productivas planificadas (refrigerio, afilado, mantenimiento de la motosierra, mantenimiento del equipo móvil) e imprevistos (fallas mecánicas en la motosierra, falles estructurales del equipo móvil para el aserrío, lluvia y otros) (Chávez y Guillen, 1997)

• Insumos

Se refiere a todos los insumos necesarios para las operaciones con cada tecnología usada. Por ejemplo, consiste de gasolina, aceite, repuestos, mantenimiento y el costo total equipo. También incluye gastos logísticos como alimentación y pago de trabajadores, y transporte. Todos estos insumos en función a los volúmenes procesados o productos finales (tablas de diferentes dimensiones).

3.3. Registro de datos y análisis de la factibilidad técnica: Aserrío

Esta sección describe el protocolo para la recolección de datos para evaluar la factibilidad técnica del aserrío móvil con acoples portables. La tabla 4 y 5 muestra los diferentes movimientos (operaciones) que se registraron para analizar la factibilidad de las tres tecnologías seleccionadas.

En cada movimiento se registró el tiempo (T&M) requerido para realizarlo, el cual fue registrado en minutos, horas y días. De los volúmenes de madera aserrada en troza y obtenidos en tabla se calculó los rendimientos. Finalmente, para cada movimiento o/y operación general se registraron

los insumos necesarios cuya unidad varía en función a cada movimiento (p.ej: litros, jornal, costos de equipos etc). Para la recolección, sistematización y análisis de datos se diseñaron matrices parametrizadas en formato Excel para uniformizar los datos registrados en campo y facilitar los respectivos cálculos. Estas matrices parametrizadas están de acuerdo a requerimientos que se presenta en la Resolución Administrativa ABT Nº 253/2012[14] (ver Anexos).

Tabla 4. Movimientos para el aserrío con acoples Logosol y Marco Guía.

Movimiento Productivo	Aserrío con acople LOGOSOL	Aserrío con acople MARCO GUÍA
Ubicar	Localización	Localización
	Tumbado	Tumbado
Aserrar	Saneo y dimensionado	Saneo y dimensionado
	Acomodo	Acomodo
	Armado equipo móvil	Armado equipo móvil
	Primer destape	Primer destape
	Acomodo	Acomodo y armado de equipo móvil
	Segundo destape	Segundo destape
	Acomodo	Acomodo y armado de equipo móvil
	Tercer destape	Tercer destape
	Acomodo	Acomodo y armado de equipo móvil
	Cuarto destape	Cuarto destape
	Medición	Medición
	Primer corte	Primer corte
	Segundo corte	Segundo corte
	Tercer corte	Tercer corte
	Cuarto corte	Cuarto corte
Desorillar	Acomodo y medición	Acomodo y medición
	desorillado	desorillado
Romanear	Preparación patio intermedio	Preparación patio intermedio
	Apilado (paquetes)	Apilado (paquetes)
	Romaneo	Romaneo

14 Directriz ABT N°004/2012. Metodología para la elaboración de estudios de rendimientos para la transformación primaria de productos maderables y procedimiento para su aprobación (ABT, 2012).

Tabla 5. Movimientos para el aserrío sin acople o "a pulso".

Movimiento Productivo	Aserrío sin acople
Ubicar	Localización
	Tumbado
Aserrar	Saneo y dimensionado
	Primer Acomodo, medición y piteado
	Primer destape
	Segundo acomodo, medición y piteado
	Segundo destape
	Tercer acomodo, medición y piteado
	Tercer destape
	Cuarto acomodo, medición y piteado
	Cuarto destape
	Medición y piteado
	Primer corte
	Segundo corte
	Tercer corte
	Cuarto corte
Desorillar	Acomodo, medición y piteado
	Desorillado
	Preparación patio intermedio
Romanear	Apilado (paquetes)
	Romaneo

3.3.1. Ubicación y tumbado de árboles

Los árboles seleccionados por especies en cada sitio de estudio fueron definidos en función al censo forestal del POAF. El POAF cuenta con un mapa de distribución de los árboles, los cuales están respectivamente marcados con plaquetas en su tocón. Esta información es posteriormente colocada en la planilla de recolección de datos.

Con base a los mapas de aprovechamiento, la primera operación que se realizó y registró datos fue la ubicación de los árboles que fueron seleccionados para el aserrío. Se registró el tiempo requerido para ubicar cada árbol (hr/min/seg/árbol) desde el campamento principal hasta el árbol seleccionado. Posteriormente, se procedió al tumbado del árbol considerando técnicas de corta dirigida como por ejemplo, orientación de caída, liberación de lianas y limpieza.[15] (Figura 6).

15 El IBIF en colaboración con Hiller S.A. está elaborando un manual técnico de uso de la motosierra y aserrío móvil con acoples portables donde también se describe detalladamente las principales técnicas de corta dirigida.

Figura 6. Ubicación y tumbado mostrando liberación de lianas y corta dirigida de los árboles.

Figura 7. Saneo, dimensionado y acomodo donde se observa las mediciones de longitud y diámetros de las troncas (arriba y centro) y las secciones debidamente acomodadas para aserrar (abajo).

3.3.2. Preparación del lugar, de las trozas y secciones para el aserrío

- ***Muestreo y selección de las trozas***

Para determinar el número de muestras se consideró el número mínimo para que el muestreo sea estadísticamente representativo. De esta forma se seleccionó como mínimo entre 20 a 30 secciones de trozas (repeticiones) por tipología de especies (dura/semidura) para cada variable (tecnología).

Primero se sanearon y dimensionaron por separado los varejones (trozas desculatadas), los gajos con diámetros mayor o igual a 30 cm y bifurcaciones (palcas) con los mismos criterios dimétricos. El volumen de los gajos o bifurcaciones fueron diferenciadas en las planillas de rendimiento con códigos únicos que permitan en desarrollo de protocolos para determinar la trazabilidad de los productos de origen forestal derivados del aprovechamiento de residuos. Posteriormente, se procedió al troceado y preparación del lugar de aserrío que consta de la limpieza del lugar y preparación de cama de las trozas (Figura 7).

- ***Marcado de las trozas***

El marcado de trozas se realizó marcando ambos extremos con tiza de cera de diferentes colores, esto con la finalidad de evitar confusiones e identificar mediante código único las tablas de cada una de las repeticiones.

- ***Medición de las trozas***

Una vez que hayan sido marcadas o codificadas las secciones (repeticiones), se procedió a determinar su longitud (metros); así como, sus diámetros incluyendo la corteza en el extremo mayor y menor (en centímetros). En cada extremo se realizaron dos mediciones y en los casos que la conicidad de la sección sea irregular se midió más de dos veces, para posteriormente sacar un promedio de diámetro por extremo (ver Figura 7).

Para determinar el volumen forestal fueron consideradas las siguientes variables dasométricas: diámetro mayor, diámetro menor y largura, la Figura 8 grafica el proceso para cuantificar los diámetros en trozas con grados de conicidad variable.

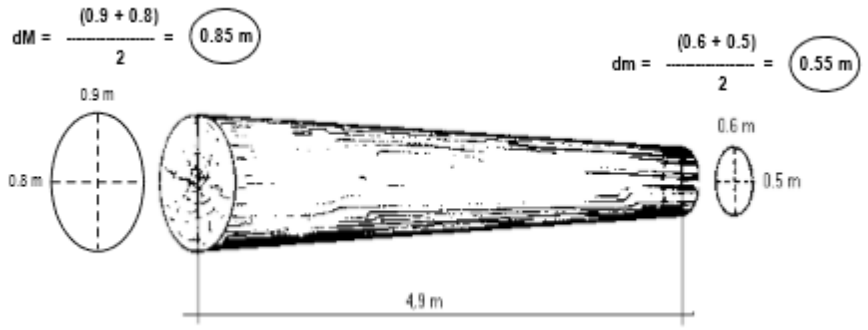


Figura 8. Medición de variables dasométricas en trozas con grado variable de conicidad.

Para calcular el volumen de la sección o residuo se utilizó la siguiente ecuación:

$$Volumen(m^3r) = 0{,}7854 * \frac{dM^2 + dm^2}{2} * L$$

Dónde:

DM = Diámetro mayor promedio (en metros)

dm = Diámetro menor promedio (en metros)

L = Longitud (en metros).

Para determinar el volumen de las trozas se aplicó la fórmula de Smalian, citado por BOLFOR. A partir de los datos que se obtuvo de la troza se remplazó en la siguiente expresión: El volumen de tablas se obtuvo en pies tablares (pt); por ello, se realizó la transformación del volumen de madera aserrada en pies tablares a metros cúbicos. Para esto se consideró la siguiente equivalencia: 1 m^3 = 423,84(pt) ≈ 424(pt).

• Clasificación de las trozas por su calidad

La clasificación de calidades de las secciones en estudio, consideró las siguientes variables:

Forma

- Cilíndrica: Cuando la forma general se aproxima a la de un cilindro.
- Semicilíndrica: Cuando la forma general no se aproxima a la de un cilindro.
- Irregular: Si el prisma formado tiene irregularidades.

Rectitud

- Derecha: Si la troza es recta en toda su longitud.
- Sinuosa: Cuando en algún sector de la troza existe un alejamiento excesivo del eje longitudinal de la misma.
- Semisinuosa: Cuando el alejamiento del eje longitudinal de la troza no es demasiado.
- Torcida: Cuando presenta gran desviación longitudinal formando ángulos.

Estado sanitario

El estado sanitario se estimó según el porcentaje de sanidad de las trozas y dependiendo de la magnitud del ataque de hongos, insectos o daños mecánicos como pudriciones o acebolladuras. La calidad está en función de los factores antes mencionados y fueron clasificadas en los siguientes rangos de calidad: primera, segunda y tercera calidad.

Esta clasificación se desarrolló según los siguientes parámetros:

- Primera calidad: Cilíndrica, derecha, sin ataques de ninguna naturaleza o daños mecánicos y si los hubiese estos deben ser mínimos.
- Segunda calidad: Semicilíndrica, semisinuosa, presenta leves rajaduras con ataques mínimos hasta un 30% de su tamaño longitudinal.
- Tercera calidad: De forma irregular, sinuosa, torcida con pudriciones, con ataque de insectos y otros de consideración.

Para efectos del presente estudio no fueron consideradas trozas de tercera calidad, debido a la dificultad para armar los acoples portables para el aserrío.

Figura 9. Acomodo y armado del equipo móvil Marco Guía (arriba) y Big Mill Basic Logosol (abajo).

3.3.3. Armado de equipo de aserrío móvil (motosierra más acoples Logosol y Marco Guía)

El armado del equipo es un movimiento operativo que fue nuevo para los operadores de campo, especialmente el acople portable Big Mill Basic Logosol ya que este equipo se está usando por primera vez en este tipo de estudios (Figura 9). Los tiempos para el armado tanto del acople Logosol como del Marco Guía fueron registrados desde el inicio del armado en pie de tocón hasta colocar la motosierra en el acople, antes de empezar con los primeros cortes o destapes.

En la fase de capacitación y entrenamiento del uso de estos equipos, se observó la necesidad de poner énfasis en el conocimiento de estos nuevos equipos, puesto que el conocimiento de sus partes, su armado y su uso es una tarea que requiere práctica, antes de registrar los datos que servirían para el análisis final.

3.3.4. Proceso de aserrío y manejo de productos aserrados

El proceso de aserrío consta de una serie de movimientos y pasos diferenciados para cada una de las tecnologías evaluadas. El caso de los movimientos realizados para el aserrío con acoples Marco Guía y Logosol fueron mucho más complejos respecto al aserrío sin acoples o a pulso, específicamente en cuanto a los movimientos de armado y acomodo de la sección para su posterior aserrío.

En las Tabla 4 y 5 se detallan los movimientos productivos para el aserrío sin acople, aserrío con acople portable Logosol y aserrío con acople portable Marco Guía (Figura 11). Existe una pequeña diferencia de movimientos en cuanto a los dos acoples portables y el aserrío a "a pulso" y es que este último se realiza directamente los destapes luego de hacer las mediciones y piteado. Sin embargo, para las tres tecnologías el protocolo es muy similar primeramente realizando 4 destapes y luego cortes en función a las dimensiones requeridas.

a) Marcado de tablas

Las tablas resultantes del aserrío, fueron marcados en su superficie o en las puntas de las tablas con marcador semipermanente (crayones de cera). Los paquetes de tablas debidamente codificadas fueron acopiados en áreas preparadas para su efecto (patios intermedios). (Figura 10).

Figura 10: Patio intermedio para el acopio de tablas de roble.

Figura 11. Aserrío con acople portable Big Mill Basic Logosol en una sección de Roble (arriba), aserrío con acople portable Marco Guía (centro) y aserrío sin acople "a pulso" en una sección de Tarara Amarilla, (abajo).

b) Medición y clasificación de tablas

Una vez desorillada y despuntada las tablas derivadas de cada uno de las secciones, se procedió a tomar las medidas correspondientes (romaneo) de cada pieza producto del aserrío. Se considera las siguientes variables: i) ancho y espesor medidas en pulgadas y, ii) largo medido en pies. El resultado de las mediciones de ancho y espesor deberán ser registrados en valores enteros (sin decimales), los mismos que podrán ser obtenidos según el siguiente criterio de medición:

Valor obtenido de la medición	Valor considerado en la toma de datos
6¼	6
6½	6
6¾	7

La clasificación de las tablas por calidad, fue bajo los criterios de las normas NHLA [16]; asimismo, la clasificación considera su largo en: i) madera corta (menor a 7 pies) y, ii) madera larga (mayor o igual a 7 pies).

c) Cubicación de la madera aserrada

Para determinar el volumen en tabla se aplicó la siguiente fórmula:

$$Volumen = \frac{\mathrm{L \times A \times E}}{12}$$

Dónde:

L= Longitud de la tabla en pies
A= Ancho de la tabla en pulgadas
E= Espesor de la tabla en pulgadas

d) Determinación del rendimiento del aserrío

Para obtener el rendimiento en porcentajes se aplicó la siguiente relación:

$$R = \frac{\text{Volumen en tablas } (m^3\text{s})}{\text{Volumen en troza } (m^3\text{r})} x100$$

Dónde:
Volumen en tablas (m^3s): volumen total aserrado
Volumen en troza (m^3r): volumen total en troza

16 Las Reglas de Clasificación NHLA clasifican sobre la base de la dimensión y número de cortes (piezas) que pueden obtenerse de una tabla cuando esta es cortada y utilizada para la manufactura de algún producto de maderas duras como muebles, pisos, o molduras residenciales (trabajos arquitectónicos). En términos generales, entre más alto es el grado de la madera, mayor será el área de material limpio contenido en la misma. Cuando se hagan cortes para re-trabajarse, las maderas de clases altas darán un mayor rendimiento en proporción a la tabla, en pocos cortes de dimensiones largas. Por el contrario, cuando la clase sea baja, el rendimiento será menor en proporción a la tabla, y en un mayor número de cortes de dimensiones pequeñas.
Las Clases Estándar de Maderas Duras Son:
Primeras; Segundas; Selectas; Nº 1 Común; Nº 2A Común y Nº 2B Común; Nº 3A Común y Nº 3B Común.

3.4. Transporte de madera aserrada: definición de variables y parámetros

El transporte es un procedimiento más simple que el aserrío en cuanto a sus diferentes fases operativas. El análisis de la factibilidad técnica del transporte de madera aserrada con tecnología móvil se realizó desde pie de tocón donde se realizó el aserrío hasta patio de acopio intermedio o final donde había un acceso o camino principal para que sea recogido por un vehículo mayor. Se evaluaron tres variables (tecnologías) que son las siguientes: 1) transporte motorizado "motochata", 2) transporte vía tracción animal "caballos" y 3) transporte a pulso (Figura 12). Estas tecnologías fueron evaluaron en función a tres parámetros principales: 1) tiempos y movimientos de transporte (tareas productivas en hh/mm/ss), 2) capacidad de carga (volumen transportado/peso/dimensiones) y 3) insumos necesarios tales como gasolina, comida de animales, agua, repuestos etc. Adicionalmente, fueron considerados las especies que se transportaron y las distancias recorridas por las diferentes tecnologías. Cada viaje realizado es considerado una repetición. Para estimar los costos de transporte, también se recolectó información sobre la apertura de vías de acceso para el transporte con la unidad motorizada y tracción animal. Aquí se registró información sobre tiempos, personal usado, herramientas y áreas de apertura (ancho y distancias).

- **Tiempos y Movimientos (T&M)**

Al igual que para el aserrío se refiere a la descripción cualitativa y cuantitativa del flujo de operaciones. Es decir, describir el protocolo de la operación considerando los tiempos (horas/minutos/segundos/días) por movimientos operativos realizados (descripción cualitativa).

Los principales movimientos o pasos son: carguío y despacho de madera, transporte, descarguío y apilado y cubicación. El T&M es protocolizado para cada tecnología usada. El registro de los El T&M se realizó mediante el uso de cronómetros y planillas parametrizadas considerando actividades productivas (movimientos operativos) y actividades no productivas planificadas (refrigerio, descanso y mantenimiento del equipo) e imprevistos (fallas mecánicas en la motochata, pinchada de neumáticos, lluvia etc.)

- **Capacidad de carga**

La capacidad de carga corresponde principalmente al volumen transportado (m^3) por las diferentes tecnologías evaluadas. Este volumen resulta del cálculo volumétrico de las dimensiones registradas de las tablas, postes y cuartones aserrados que son transportados en cada viaje o repetición. El peso de la madera es estimado mediante la multiplicación del volumen transportado (m^3) en cada viaje por la densidad de la especie transportada.

- **Insumos**

Los insumos necesarios para el transporte de madera aserrada para cada tecnología evaluada fueron registrados. Para una estandarización de los datos y comparación entre las diferentes tecnologías los insumos fueron relacionados en función al volumen transportado (m^3). Los insumos registrados son los siguientes: gasolina, lubricantes, accesorios (llantas, repuestos, herramientas), comida para animales y agua. Incluye también el registro de costo total de los equipos y gastos operativos como alimentación y pago a trabajadores.

Figura 12. Formas de transporte de madera aserrada en el POAF de la comunidad Cristo Rey – Puquio (TCO Lomerío): 1) con tracción animal (arriba) y con motochata y al hombro (abajo).

3.4.1. Transporte de madera aserrada: Registro de datos de campo y análisis de la factibilidad técnica

Esta sección describe el protocolo para la recolección de datos para evaluar la factibilidad técnica del transporte con tecnologías de bajo insumo y de bajo impacto al bosque. La Tabla 6 muestra los diferentes movimientos (operaciones) que se registraron para analizar la factibilidad de las tres tecnologías seleccionadas. En cada movimiento se registró el tiempo requerido para la operación, el cual fue registrado en horas, minutos y segundos. Finalmente, se registraron los insumos necesarios de acuerdo el tipo de tecnología utilizada (Figura 13). Para la recolección, sistematización y análisis de datos se diseñaron matrices parametrizadas en formato Excel para uniformizar los datos registrados en campo y facilitar los cálculos (ver anexos)

Tabla 6. Parámetros y movimientos registrados para analizar la factibilidad técnica del transporte de madera aserrada usando las tres tecnologías seleccionadas.

Tracción motor (motochata) Tracción animal (caballos) Pulso	Unidad de registro
Parámetros y movimientos	
Volumen transportado	pt
Distancia recorrida	mt
Carguío y despacho de madera	Hh/mm/ss
Transporte	Hh/mm/ss
Descarguío y apilado	Hh/mm/ss
Cubicación	Hh/mm/ss

Las operaciones realizadas para la evaluación de factibilidad son las siguientes:

1. Apertura de sendas: Se realizaron tomando en cuenta la ubicación de los árboles y la apertura necesaria para el ingreso del transporte motorizado, el ancho promedio es de 1,80 metros. Se utilizaron principalmente herramientas manuales (machetes) con el objetivo de causar el menor daño posible al bosque (Figura 13).
2. Preparación de tecnologías de transporte: Cada medio de transporte fue preparado de acuerdo a sus requerimientos, considerando el día de trabajo completo (accesorios, combustible, comida, agua etc.).
3. Registro de datos y transporte: De acuerdo a los movimientos realizados se registraron los datos de todas las operaciones realizadas (Figura 14).
4. Cubicaje de madera: Una vez realizado el transporte, las piezas de madera transportada fueron medidas en espesor, ancho y largo. Esto se realizó con el objetivo de determinar la capacidad de carga y su relación con el tiempo de transporte.
5. Insumos requeridos: Se registraron todos los insumos necesarios para cada tecnología, por ejemplo, combustible, lubricantes, comida, agua etc.

Figura 13. Planificación, apertura y limpieza de sendas para el transporte de madera aserrada por tecnología de bajo impacto en el POAF de la comunidad Cristo Rey – Puquio (TCO Lomerío).

Figura 14. Pasos operativos para el transporte con unidad motorizada "motochata" en el POAF de la comunidad Cristo Rey – Puquio (TCO Lomerío), de arriba hacia abajo: carguío y acomode, transporte y descarguío y apilado en patio de acopio principal.

3.5. Análisis de la Factibilidad Financiera

Para evaluar la factibilidad financiera se ha realizado una aproximación financiera del uso de las tres tecnologías de procesamiento. No se realizó un análisis de factibilidad financiera para el uso de las tres tecnologías de transporte, limitándose esta solo a un análisis de factibilidad técnica. Este enfoque se basa principalmente en un análisis para cada tecnología de los costos operativos e inversión requerida para implementar la iniciativa, en sus diferentes etapas de aprovechamiento (Tabla 7); y los ingresos percibidos por la venta del producto final (madera aserrada). Los costos de capacitación técnica por parte de Hiller, entrenamiento a los operadores de campo y acompañamiento técnico de los técnicos y coordinador del proyecto del IBIF no fueron incluidos en el análisis. Tampoco fueron incluidos costos de aperturas de caminos principales hacía el área productiva, puesto que este ya estaba realizado por aprovechamiento en tiempos anteriores.

Se realizó un análisis de flujo de caja de efectivo neto, donde los métodos indicadores de evaluación financiera son el valor actual neto (VAN) y la tasa interna de retorno (TIR). También se realizó el análisis de la relación Costo/Beneficio para cada tecnología (C/B). Finalmente, se realizó un análisis comparativo de los ingresos netos de aserrío móvil (nuestro estudio) vs venta de árbol en pie, precios de estos últimos fueron obtenidos de acuerdos y arreglos de negocios entre comunidades e intermediarios en la misma área de estudio. No se comparó con ingresos netos del aserrío realizado en esquemas de aprovechamiento formales, por ejemplo, por empresas privadas forestales o concesiones forestales (ATE).

El enfoque financiero realizado en este estudio no es un análisis del manejo forestal local, sino que analiza aspectos financieros del proceso de transformación (aserrío) y transporte con las tecnologías seleccionadas. Además, no se realizó un análisis de sensibilidad que determine cómo diferentes valores de una variable independiente impactan en una variable dependiente bajo un conjunto de supuestos. Por ejemplo, algunos aspectos importantes que pueden impactar en variables dependientes del estudio son flexibilidad, dependencia, compatibilidad, etc. El análisis de sensibilidad, se constituye -dado un cierto rango de variables- en una forma de predecir el resultado de una decisión.

Esta aproximación financiera, sin embargo, permite determinar el potencial del aserrío móvil y respaldar procesos de toma de decisiones ante las autoridades forestales en Bolivia.

Tabla 7. Costos requeridos en las diferentes etapas del aprovechamiento forestal.

CENSO	CORTE	ASERRIO	ACOPIO	COMERCIALIZACIÓN
✓ Elaboración del POAF y IAPOAF, de acuerdo a superficie aprovechada (u/ha.). ✓ Seguimiento al Censo de acuerdo al volumen aprovechado (u/m³).	✓ Motosierras ✓ Operadores ✓ Ayudantes ✓ Insumos ✓ Alimentación ✓ Herramientas menores ✓ Mantenimiento de equipos.	✓ Motosierras ✓ Acoples portables ✓ Operadores ✓ Ayudantes ✓ Insumos ✓ Alimentación ✓ Herramientas menores ✓ Mantenimiento de equipos.	✓ Motochata ✓ Operadores ✓ Ayudantes ✓ Apertura de sendas y caminos secundarios. ✓ Insumos ✓ Mantenimiento de equipos. ✓ Mantenimiento de camino principal.	✓ Carguío ✓ Tramite de CFO
COSTOS TRANSVERSALES: ✓ Coordinación y logística: Responsable y transporte				

Para el análisis y proyecciones se tomaron en cuenta los siguientes parámetros:

- Producción de madera aserrada a pie de tocón, almacenada en patio intermedio.
- Análisis proyectado a 5 años.
- Precio estándar ponderado para todas las especies de la canasta.
- Capacidad de producción y rendimiento de acuerdo a la tecnología implementada.
- Superficie de aprovechamiento de acuerdo a la capacidad de producción.
- Cantidad de equipos (personal) de trabajo

3.6. Capacitaciones, tecnología usada y equipo de campo

3.6.1. Capacitaciones y entrenamiento para el aserrío móvil con acoples portables

Estrategia de capacitación

El principal objetivo de las capacitaciones fue desarrollar nuevas competencias en el grupo meta seleccionado, es decir, operadores forestales locales, gestores forestales comunales, comunarios, autoridades comunales y municipales y técnicos locales de apoyo. Estratégicamente el desarrollo de competencias se dividió en dos niveles principales de acuerdo a la tipología del grupo meta y objetivos específicos de la capacitación[17]:

a) Capacitación que apunta a generar conocimientos (saber) sobre objetivos del proyecto, su metodología, arreglos institucionales y principalmente características de la tecnología móvil que se usó para aserrío y transporte (motosierra STIHL MS661, acoples Marco Guía, Big Mill Basic Logosol y Motochata). Estos conocimientos fueron transferidos y facilitados a operadores forestales, gestores forestales comunales, comunarios, autoridades comunales y municipales y técnicos locales de apoyo.

b) Capacitación que apunta generar habilidades (saber hacer) sobre el manejo, uso (aserrío) adecuado y mantenimiento de las tecnologías usadas. Estas habilidades fueron transferidas solamente a los operadores forestales (motosierristas y asistentes) seleccionados para las pruebas piloto y la recolección de los datos para el estudio en las comunidades contrapartes.

Una estrategia importante para el diseño y desarrollo de las capacitaciones para el aserrío móvil en la Chiquitanía es la alianza con el sector privado que promociona y comercializa las motosierras STIHL en Bolivia. Es así que la empresa Hiller S.A., representante para STIHL en Bolivia acompañó intensamente al proceso de capacitación con sus técnicos tanto en la generación de conocimientos (saber) como en la generación de habilidades (saber hacer).

17 GIZ GmbH Ed (2015). Gestión de la Cooperación en la Práctica. Diseñar Cambios Sociales con Capacity Works. Springer Gabler. Eschborn.

Metodología y contenido de las capacitaciones

Desde el 2018 se realizaron 6 capacitaciones al grupo meta para desarrollar conocimientos (saber) sobre objetivos del proyecto, su metodología, arreglo institucional y principales características de la tecnología móvil para el aserrío que se usaron en las pruebas piloto y en la fase de recolección de datos. Las capacitaciones fueron realizadas en las comunidades de San Josecito del Sarí (Municipio San Ignacio de Velasco), Villa Nueva, en territorio indígena Monteverde, municipio de Concepción y en la comunidad de Cristo Rey – Puquio, territorio indígena de Lomerío. En total participaron aproximadamente 100 personas en todas las capacitaciones.

Para generar habilidades, en un segundo nivel de las capacitaciones, se identificaron y seleccionaron operadores forestales (motosierristas y ayudantes) para que formen parte de las capacitaciones específicas técnicas (saber hacer) y ponerlos en práctica en las pruebas piloto y recolección final de datos para este estudio. De esta forma, 16 operadores en las tres áreas de estudio fueron capacitados, siguiendo el protocolo de levantamiento de datos.[18] Con los operadores locales seleccionados y los equipos técnicos formados se realizaron validaciones de campo en cada área de estudio para ajustar la metodología. Con esta metodología y los operadores entrenados se realizaron pruebas piloto en San Josecito del Sarí y en Villa Nueva y se registraron sistemáticamente datos finales para este estudio en el POAF de la comunidad Cristo Rey – Puquio, en el territorio indígena de Lomerío.

En las capacitaciones se dió particular énfasis a formar habilidades técnicas en los tres municipios involucrados, tanto a técnicos propios de las comunidades como a técnicos de los municipios. Por lo tanto, se han contratado técnicos locales como parte del equipo operativo del IBIF. Funcionarios técnicos municipales han sido invitados para participar en las capacitaciones, la socialización del estudio, demostración de la tecnología y validación *in situ* de la metodología. Se espera que esta estrategia resulte en una descentralización del conocimiento adquirido. Es decir, por un lado, operadores y técnicos forestales de las comunidades con habilidades ganadas sean futuros instructores en otros estudios de casos o en otras comunidades forestales. Por otro lado, técnicos forestales y técnicos de los municipios adquieran las habilidades para además de ser instructores para el uso de las tecnologías diseminen la esencia del estudio y las experiencias obtenidas.

Contenido de las capacitaciones

Las capacitaciones fueron realizadas en base a los siguientes componentes principales:

- Concepto y esencia del proyecto, arreglos institucionales y metodología (teoría).
- Manejo y uso adecuado de la motosierra (teoría y práctica). Por ejemplo, manipulación, mantenimiento, afilado de cadena, lubricación y seguridad (Figura 15).
- Técnicas de tumba dirigida (práctica).
- Descripción y funcionalidad de los acoples portables para aserrío Big Mill Basic y Marco Guía (teoría).
- Uso de motosierra y acoples para aserrío en áreas de aprovechamiento forestal (práctica) (Figura 15).
- Uso de caballos y motorizados pequeños (motochata) para el transporte de madera aserrada.

18 Este protocolo se encuentra descrito en la sección 3.3 de este informe "Registro de datos de campo".

Figura 15. Capacitaciones técnicas por expertos de Hiller sobre seguridad, uso correcto, mantenimiento, lubricación y afilado de la de la cadena de la motosierra, asi como el armado y manejo de acoples portables.

3.6.2. Tecnologías usadas en las pruebas de campo y recolección de datos

Para la realización de las capacitaciones, pruebas piloto y la recolección de datos se han usado las siguientes tecnologías: Motosierra de última generación STIHL – MS 661 y los acoples portables Marco Guía Bristol y el Big Mill Basic Logosol. Para analizar el transporte de madera aserrada se evaluaron el 1) transporte motorizado "motochata", 2) transporte vía tracción animal "caballos" y 3) transporte a pulso.

✓ **Motosierra STIHL – MS661**

Características generales del motor relacionadas al rendimiento del equipo

Motosierra de alto rendimiento con la más moderna tecnología 2-MIX y el sistema STIHL M-Tronic, de gestión electrónica del motor. El combustible se dosifica electrónicamente y de forma automática valora las condiciones externas para lograr un rendimiento óptimo. Buena relación peso-potencia y vibraciones reducidas. Con filtro de aire HD2.[19]

- Potencia (cv): 7.3
- Cilindrada (cm^3): 91.1
- Peso (kg): 7.4
- Revolución por Minuto (RPM): 13000

Espada

Se usaron el modelo Duromatic que es la aconsejada para operaciones forestales exigentes. La espada STIHL Duromatic E de 75 cm es maciza y extremadamente robusta. Especialmente apropiada para trabajos con motosierras de gran potencia. El cuerpo de la espada es de acero macizo muy resistente. La punta de la espada, sometida a exigencias especialmente duras, está blindada con una aleación especial de metal duro.

Cadena

Modelo Rapid Micro RMX de 3/8 para aserrío de máxima precisión (aserrar) y Rapid Super 3/8 (cortar) La elección de la cadena adecuada es fundamental para trabajar de forma eficiente con la motosierra. Este modelo combina robustez, su alta calidad y "su precisión suiza" (se fabrican en la fábrica de STIHL de Wil, Suiza).

Figura 16. Descripción general de la motosierra STIHLMS661

19 https://www.stihl.de/

Figura 17. Uso del Marco Guía en las pruebas piloto en la comunidad de San Josecito del Sarí (Municipio de San Ignacio de Velasco).

La motosierra STIHL MS 661 es un modelo de última generación y que fue la sugerencia principal realizada por el equipo de técnico de Hiller S.A. como el modelo más adecuado para el aserrío de maderas duras y semiduras. El modelo MS 661 se distingue por un rendimiento más alto, peso y valores de vibraciones más bajos. Además, este modelo tiene como principal característica su sistema de gestión completamente eléctrico que remplaza al carburador clásico de modelos pasados. Esto resulta en una mayor revolución y por lo tanto mayor potencia y rendimiento por horas de trabajo[20].

- ✓ **Acople portable Marco Guía Bristol**

El Marco Guía es un acople para el aserrío portátil sencillo. Consiste de un marco o escuadra, como también se lo llama localmente, que es ajustado por un sistema de pernos en todas sus secciones y que sirven para ensamblar en la espada de la motosierra. El Marco Guía también cuenta con un sistema de regulación de las dimensiones que se requiere aserrar. Existen marco guía para un solo operador, con rodillos para dos operadores y también existen adaptaciones artesanales que son diseñados de acuerdo al objetivo o dimensiones deseadas (Figura 17).

La unidad que se usó para las capacitaciones y obtención de datos en las pruebas pilotos es marca Bristol de fabricación brasilera. Pesa 7 kilogramos y es para el uso de una sola persona[21].

- ✓ **Acople portable Big Mill Basic Logosol**

El Big Mill Basic es un acople para el aserrío muy sencillo, de fácil manejo, ultra portable y con muchas ventajas promisorias para su uso. Este acople está compuesto por tres partes principales: el Timberjig, dos apoyos de acero del carril guía y el carril guía de aluminio de 2.75 metros. El Timberjig acoplado a la motosierra sin el carril se puede usar como una escuadra (ver Figura 18). Los apoyos se pueden definir en ángulos de 90 grados en cuatro posiciones exactas, lo que permite aserrar superficies a escuadra. Puede ajustar la altura de forma rápida y precisa con la ayuda de escalas con niveles fijos que facilitaran los ajustes. Si bien el carril tiene 2.75 metros de largo, este puede adaptarse para dimensiones más largas, de acuerdo a lo que se quiere aserrar. Puede usarse con espadas de hasta 90 cm de longitud y aserrar troncos de hasta 80 cm de diámetro. Pesa 15 kilogramos todo el equipo, excluyendo los carriles solo pesa 5 kilos y actualmente cuesta aproximadamente 3000 $us[22] puesto en Bolivia, a través de la empresa Hiller S.A. Es de fabricación Sueca y esta unidad que ha sido usada para la capacitación y recolección de datos es la única que se ha usado en Bolivia hasta el momento para fines de investigación.

20 Ver descripciones técnicas más específicas de este modelo y otros en el siguiente link http://www.hiller.com.bo/motosierras.html.
21 El Marco Guía del proyecto es para el uso de un solo operador, sin embargo, durante la capacitación y recolección de datos se usó con dos operadores como muestra la Figura 17. Esto facilita el trabajo sobre todo cuando se asierra madera dura.
22 https://www.logosol.com/store/

Figura 18. Acople portable Big Mill Basic Logosol armado completamente (arriba). El Timberjig (centro) usado a escuadra y el equipo completo haciendo el primer destape a un Roble en la comunidad de San Josecito del Sarí.

✓ **Transporte motorizado**

El medio de transporte motorizado fue una motocicleta de 250 cc de cilindrada, marca Dayand-PUMA, de fabricación china (Figura 19). Esta motocicleta puede transportar hasta 300 Kg. Este es una unidad motorizada de tres ruedas que tiene un remolque fijo "motochata" y ha sido adaptada a las condiciones del lugar y a las dimensiones que se requieren de transporte. Por ejemplo, se ha removido sus planchas y soportes laterales y traseros del remolque para disminuir peso de transporte y facilitar el acomodo de la madera, se ha regulado el motor a condiciones duras de trabajo en topografía ondulada, se ha reforzado la amortiguación y cambiado ruedas más resistentes a espinas y piedras punteagudas muy común en el lugar.

Este equipo motorizado al ser de mecánica simple tiene ventajas adicionales como facilidad en su manejo y mantenimiento. También en épocas de no aprovechamiento de madera puede ser usado por comunarios para transportar otros productos del campo y del bosque como yuca, hojas de palmeras, frutos silvestres con valor (p.ej, cusi, almendra chiquitana) y leña entre otros etc.

Figura 19. Transporte motorizado con remolque fijo, "motochata" Puma (250cc) usada para el transporte de madera aserrada en el POAF de la comunidad Cristo Rey – Puquio.

✓ **Transporte con tracción animal**

Dos caballos con sus respectivos arneses y accesorios para jalar madera aserrada fueron utilizados en la recolección de datos (Figura 20). Estos caballos pertenecen a comunarios locales y ya han sido usados para transportar productos del bosque, por lo que tienen experiencia en este tipo de actividades. Se preparó un protocolo diario para trabajar con los caballos considerando las distancias, áreas de acopio, su alimentación y provisión de agua necesaria durante el día. Se realizó rotación de animales y distancias para no sobrecargar a ninguno de ellos. Dos miembros del equipo de trabajo operaron los caballos. Los arneses y accesorios de estos para jalar las tablas y cuartones fueron diseñados por los mismos operadores forestales locales.

Figura 20. Tracción animal para el transporte de madera aserrada en área forestal productiva de la comunidad Cristo Rey – Puquio. Transporte de tablas de Roble.

✓ **Transporte con tracción humana o "a pulso"**

El transporte a pulso o al hombro fue realizado por 9 operadores forestales locales miembros del equipo base de recolección de datos e investigación *in situ* (Figura 21). Se seleccionó a estas personas considerando edades cercanas o similares, así como consistencia física parecidas. Es decir, que los operadores puedan realizar las distancias del área de aserrío al área de acopio con el peso de la carga, sin sobrecargar físicamente a ninguno. Las edades de los operadores a pulso oscilaron entre 30 y 50 años. Para el caso del transporte de cuartones y tablas fueron necesarios dos operadores por cada unidad y para el caso de los postes de cuchi solamente un operador por poste.

Figura 21. Transporte a pulso de tablas de tarara (arriba) y postes de cuchi (abajo) en el área forestal productiva de la comunidad Cristo Rey – Puquio.

3.6.3. Equipo de campo

Para el aserrío cada brigada o equipo de campo para la recolección de datos estuvo compuesta por 4 personas: dos motosierristas, 1 ayudante y 1 técnico de apoyo y registro de datos. En cada área de estudio se trabajó con 2 brigadas de campo totalizando 6 equipos (12 operadores y 8 técnicos). Estos equipos fueron apoyados por 5 asistentes en total que realizaban tareas de apertura de caminos, operadores de los caballos, búsqueda de árboles, sendeo, limpieza y provisión de agua. Asimismo, se contó con 2 cocineras en cada área de estudio (6 en total) que se encargaba de la alimentación del equipo de trabajo. En total se trabajó con 31 personas para la recolección de datos en las tres áreas de muestreo, quienes estuvieron bajo supervisión general de una coordinadora técnica del IBIF.

Figura 22. Equipo de campo de las áreas de estudio Cristo Rey –Puquio (arriba) y de las comunidades de San Josecito del Sarí y Villa Nueva – La Embocada (abajo).

Resultados

4. Resultados

4.1. Análisis de Factibilidad Técnica

Se han registrado datos en 3 áreas forestales comunales, dos en territorios indígenas (Lomerío y Monteverde) y en una comunidad tradicional (San Ignacio de Velasco). Se aserraron 255 muestras o secciones (trozas) de 5 especies comúnmente aprovechadas en la Chiquitanía, las cuales para propósito analítico fueron agrupadas en madera dura (Tajibo Amarillo y Cuchi) y madera semidura (Tarara colorada, Tarara Amarilla y Roble) en un área promedio de 54 hectáreas de áreas forestales productivas por sitio. Tanto en las pruebas piloto como en la recolección de datos se aserraron un total de 81 m^3 de madera en troza (Tabla 8).

En total se trabajaron con 31 personas en las tres áreas de estudio, con 2 brigadas compuesta por 4 personas cada una por sitio de estudio y asistentes auxiliares. En el caso de Lomerío hubo más personas de apoyo a las brigadas principales. Los análisis y resultados de la factibilidad técnica y la aproximación financiera de aserrío móvil y transporte de madera aserrada que se presentan en este informe, se basan en los datos recolectados en el POAF de la comunidad Cristo Rey – Puquio, en la TCO Lomerío.

Tabla 8. Resumen general de datos estudiados en los tres lugares estudiados.

Datos generales	TCO Lomerío	TCO Monte Verde	San Ignacio de V.
Área de estudio	Comunidad El Puquio Cristo Rey	Comunidad Villa Nueva – La Embocada	Comunidad San Josecito del Sarí
Superficie muestreada	74 ha	52	35
Número de muestras	135	79	41
Especies estudiadas	Tajibo amarillo Cuchi Roble Tarara Colorada Tarara Amarilla	Tarara Colorada Tarara Amarilla	Roble Tajibo
Volumen en Trozas (m^3 tronca)	47,68	22,1	11,23
Volumen Aserrado (tablas)	20,75	8,35	4,95

4.2. Aserrío con motosierra y acoples portables

4.2.1. Aserrío con motosierra y acople portable Big Mill Basic Logosol

Rendimientos

Para la aplicación de la tecnología de aserrío con acople Logosol, se utilizó un volumen de 19,63 m^3 de madera en troza. Los resultados obtenidos se clasifican por el tipo de madera aserrada (dura y semidura). Para madera dura (cuchi y tajibo) se empleó un volumen de 8,19 m^3 de madera en troza y para madera semi dura (roble, tarara amarilla y tarara colorada) el volumen requerido fue de 11,44 m^3 de madera en troza. En relación al rendimiento, los resultados promedios indican mayor rendimiento en el aserrío de madera semi dura (46,94%), en comparación a la madera dura (42,77%). El valor total de rendimiento de aserrío mediante el uso de acople Logosol es de 45,20%, de los cuales 12,60% corresponde a madera corta y 32,59% es madera larga (Tabla 9).

Tabla 9. Rendimiento por tipo de madera y tamaño de tabla (corta y larga).

Tipo de Madera	Repeti-ciones (*n*)	Vol. Troza (m^3)	Vol. Mad. Aserrada Corta (m^3)	Vol. Mad. Aserrada Larga (m^3)	Vol. Mad. Aserrada Total (m^3)	Rendi-miento Corta %	Rendi-miento Larga %	Rendi-miento Total %
DURA	30	8,19	1,32	2,18	3,50	16,14	26,63	42,77
SEMI DURA	23	11,44	1,15	4,22	5,37	10,07	36,87	46,94
Total General	**53**	**19,63**	**2,47**	**6,40**	**8,87**	**12,60**	**32,59**	**45,20**

El rendimiento por clase diamétrica indica un mayor rendimiento en los rangos de >50-59,9 (52,63%) y >70-79,9 (53,57 %). Entre ambos destaca el rango de >50-59,9 debido al porcentaje de madera corta obtenida (0,55 m^3 Tabla 9), con un rendimiento de 29,37% corta y 23,25% de larga, estos porcentajes indican un menor desperdicio en esta clase diamétrica (Tabla 10, Figura 23).

Tabla 10. Rendimiento por clase diamétrica y tamaño de tabla (corta larga).

Clase Diamétrica (cm)	Repeti-ciones (*n*)	Vol. Troza (m^3)	Vol. Mad. Aserrada Corta (m^3)	Vol. Mad. Aserrada Larga (m^3)	Vol. Mad. Aserrada Total (m^3)	Rendi-miento Corta %	Rendi-miento Larga %	Rendi-miento Total %
>20-29,9	2	0,18	0,04	0,04	0,09	23,50	24,35	47,86
>30-39,9	18	3,99	0,07	1,59	1,66	1,77	39,92	41,70
>40-49,9	15	4,60	0,91	1,02	1,93	19,71	22,23	41,94
>50-59,9	6	2,36	0,69	0,55	1,24	29,37	23,25	52,63
>60-69,9	9	5,59	0,70	1,69	2,39	12,55	30,26	42,81
>70-79,9	3	2,91	0,06	1,50	1,56	2,07	51,50	53,57
Total general	**53**	**19,63**	**2,47**	**6,40**	**8,87**	**12,60**	**32,59**	**45,20**

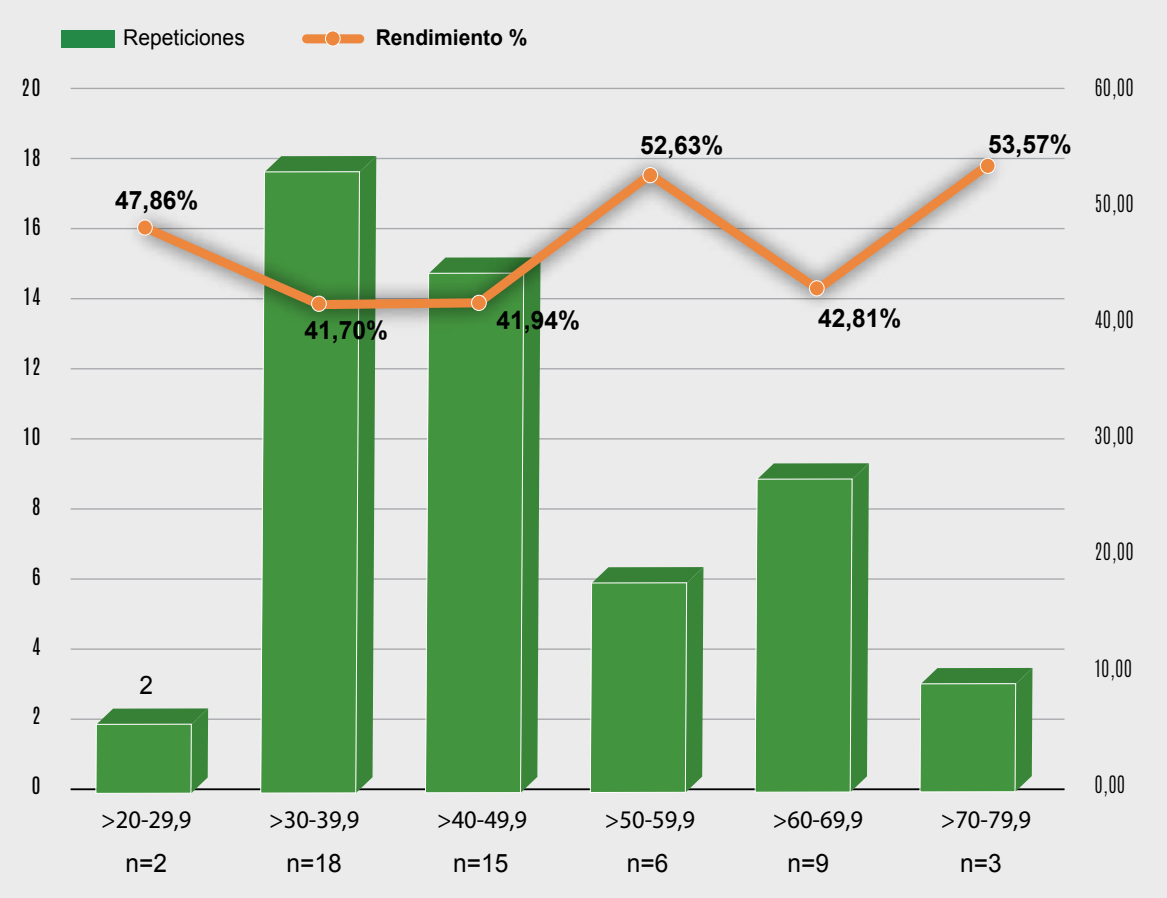


Figura 23. Rendimiento por clase diamétrica y frecuencia de repeticiones (trozas, n). El eje x representa clases diamétricas (cm) y el eje y porcentajes de rendimientos.

Tiempos y Movimientos en el proceso de aserrío con acople portable Logosol

El proceso productivo (movimientos) para el aserrío con motosierra y acople portable Logosol, comprende las siguientes actividades:

- ✓ Ubicación: Incluye las actividades de localización del árbol y tumbado
- ✓ Aserrío: Incluyen las actividades de saneo, dimensionado, armado del equipo móvil y aserrío.
- ✓ Desorillado: Acomodo y desorillado de tablones.
- ✓ Romaneo: Preparación de patio de acopio intermedio, apilado de madera y romaneo (cubicación).

Para el análisis de tiempos, estos se clasifican en productivos y no productivos, donde las actividades del proceso productivo son consideradas como tiempos productivos. Las acciones en tiempos no productivos son clasificadas en programadas (mantenimiento de equipos, afilado, descanso) y no programadas (fallas imprevistas y otros).

Los resultados obtenidos en las pruebas de aserrío con acople Logosol, indican un tiempo de 91 horas aproximadamente (90:59:33 horas), en tiempos productivos para el aserrío de 19,43 m^3 troza. De acuerdo al tipo de madera aserrada, la madera dura (7,99 m^3 troza), necesita más tiempo para el aserrío (57 horas) en comparación de la madera semi dura (34 horas) (Tabla 11).

Tabla 11. Cuantificación de tiempos productivos para el aserrío con acople Logosol.

Tipo de Madera	Repeti-ciones (*n*)	Vol. Troza (m^3)	Ubicación (hh:mm:ss)	Aserrío (hh:mm:ss)	Desorillado (hh:mm:ss)	Romaneo (hh:mm:ss)	Tiempos Productivos
DURA	30	7,99	4:17:59	44:39:33	6:15:12	1:53:03	57:05:47
SEMI DURA	23	11,44	2:27:01	27:47:10	1:41:59	1:57:36	33:53:46
Total General	**53**	**19,43**	**6:45:00**	**72:26:43**	**7:57:11**	**3:50:39**	**90:59:33**

Los tiempos no productivos indican un total de 32 horas y media (32:35:42 horas) (Tabla 12), donde las horas programadas representan el 81% del tiempo total empleado y las horas no programadas el 19% del total (Tabla 12).

Tabla 12. Cuantificación de tiempos no productivos en relación al tipo de madera.

Tipo de Madera	Repeticiones (*n*)	Programadas (hh:mm:ss)	No programadas (hh:mm:ss)	Tiempos No Productivos
DURA	30	14:35:43	4:26:15	19:01:58
SEMI DURA	23	11:11:45	2:21:59	13:33:44
Total General	**53**	**25:47:28**	**6:48:14**	**32:35:42**

El tiempo total empleado (productivo y no productivo) para el aserrío de 19,43 m^3 de madera en troza, es de 124 horas en 53 repeticiones (trozas), donde el 73% corresponde a tiempos productivos y el 27% a tiempos no productivos (Tabla 13). La capacidad de aserrío por hora es de 0,16 m^3 de madera en tronca, con una capacidad de producción por hora de 0,07 m^3 de madera aserrada equivalente a 30,32 pie tablar (pt) (Tabla 14).

Tabla 13. Distribución de tiempos expresado en porcentaje (%).

Detalle	Horas de trabajo	%
Tiempos Productivo	91	73
Tiempos No Productivos	33	27
Total Tiempo	**124**	**100**

Tabla 14. Tiempos empleados y capacidad de aserrío con acople portable Logosol.

Detalle	Unidad	Total
Tiempo de Trabajo	Horas	124
Jornadas de trabajo	Días	25
Grupo de trabajo	Operarios	3
Cantidad de trozas aserradas	Trozas	53
Volumen aserrado	m^3 tronca	19,43
Volumen de producción	m^3 aserrado	8,87
Capacidad de aserrío por hora	m^3 tronca/hora	0,16
Capacidad de aserrío al día	m^3 tronca/día	1,41
Capacidad de producción por hora	m^3 aserrado/hora	0,07
Capacidad de producción por día	m^3 aserrado/día	0,64

Los tiempos productivos necesarios para el aserrío de un metro cúbico de madera en troza son los siguiente: ubicación: 0,36 horas/m^3, aserrío: 3,71 horas/m^3, desorillado 0,41 horas/m^3, y romaneo 0,21 horas/m^3. Esto representa un total de 4,68 horas para el aserrío de 1 metro cúbico de madera en troza (Tabla 15).

Tabla 15. Resumen de tiempos productivos en el uso de acople Logosol (horas/m^3).

Proceso Productivo	Tiempos Productivos	%	Horas/m^3
Ubicación	7	8	0,36
Aserrío	72	79	3,71
Desorillado	8	9	0,41
Romaneo	4	4	0,21
Total	**91**	**100**	**4,68**

4.2.2. Aserrío con motosierra y acople portable Marco Guía

Rendimiento

El aserrío con motosierra y acople Marco Guía se realizó empleando un volumen de 12,72 m^3 de madera en troza. Para madera dura (cuchi y tajibo) se empleó un volumen de 4,86 m^3 de madera en troza y para madera semi dura (roble, tarara amarilla y colorada) el volumen fue de 7,86 m^3 de madera en troza. Los resultados indican mayor rendimiento en el aserrío de madera semi dura (45,70%), en comparación a la madera dura (40,94%). El valor total de rendimiento de aserrío mediante el uso de marco guía es de 43,88%, de los cuales 29,07% corresponde a madera corta y 14,44% es madera larga (Tabla 16).

Tabla 16. Rendimiento por tipo de madera y tamaño de tabla (corta y larga).

Tipo de Madera	Repeti-ciones (*n*)	Vol. Troza (m^3)	Vol. Mad. Aserrada Corta (m^3)	Vol. Mad. Aserrada Larga (m^3)	Vol. Mad. Aserrada Total (m^3)	Rendi-miento Corta %	Rendi-miento Larga %	Rendi-miento Total %
DURA	19	4,86	0,84	1,10	1,99	17,33	22,65	40,94
SEMI DURA	17	7,86	2,86	0,73	3,59	36,34	9,35	45,70
Total General	**36**	**12,72**	**3,70**	**1,84**	**5,58**	**29,07**	**14,44**	**43,88**

El rendimiento por clase diamétrica indica un mayor rendimiento en los rangos de >60-69,9 (46,79%) y >70-79,9 (47,43 %), en ambos rangos solo se obtuvo madera corta debido a las características de la troza en el momento del saneo (Tabla 17, Figura 24).

Tabla 17. Rendimiento por clase diamétrica y tamaño de tabla (corta larga).

Clase Diamétrica	Repeti-ciones (*n*)	Vol. Troza (m^3)	Vol. Mad. Aserrada Corta (m^3)	Vol. Mad. Aserrada Larga (m^3)	Vol. Mad. Aserrada Total (m^3)	Rendi-miento Corta %	Rendi-miento Larga %	Rendi-miento Total %
>30-39,9	14	2,94	0,34	0,92	1,26	11,55	31,26	42,81
>40-49,9	11	3,03	0,62	0,52	1,18	20,43	17,06	39,04
>50-59,9	3	1,49	0,27	0,40	0,66	17,81	26,78	44,59
>60-69,9	5	2,90	1,36		1,36	46,79		46,79
>70-79,9	3	2,35	1,11		1,11	47,43		47,43
Total General	**36**	**12,72**	**3,70**	**1,84**	**5,58**	**29,07**	**14,44**	**43,88**

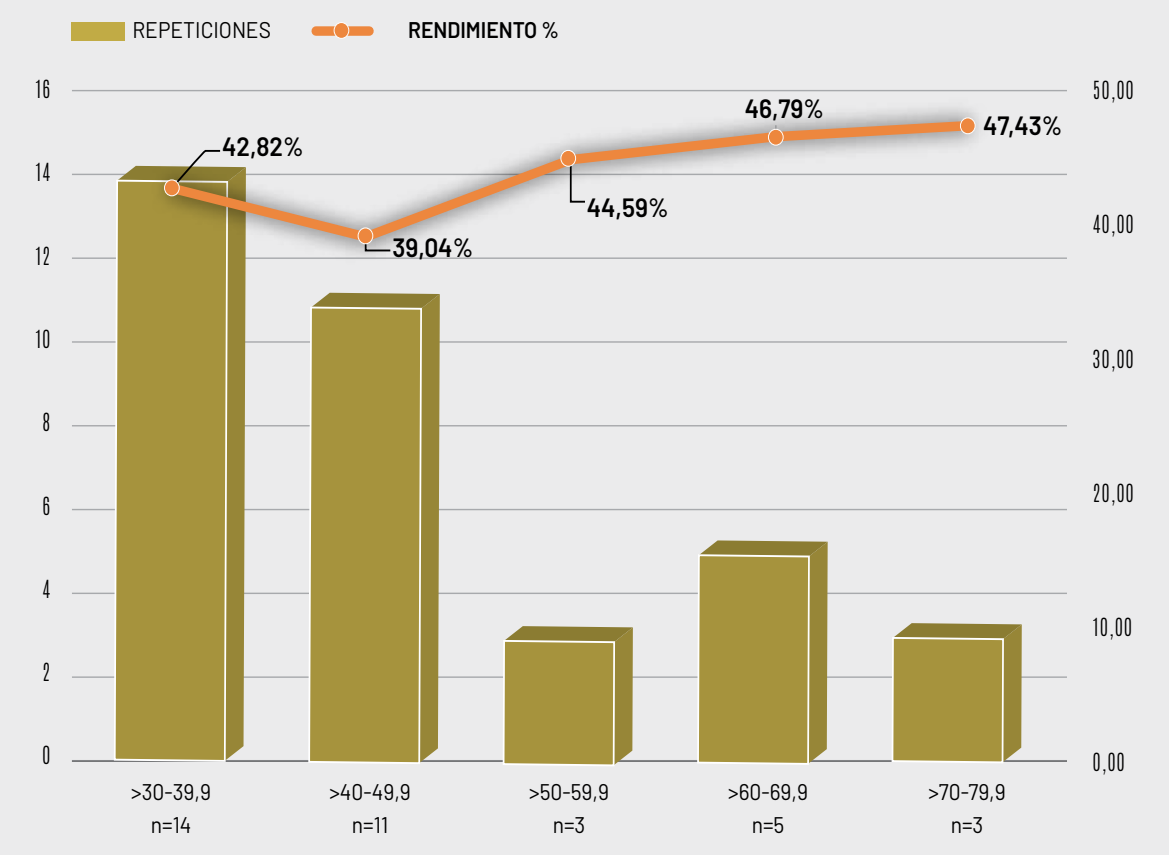


Figura 24. Rendimiento por clase diamétrica y frecuencia de repeticiones (trozas, n). El eje x representa clases diamétricas (cm) y el eje y porcentajes de rendimientos.

Tiempos y Movimientos en el proceso de aserrío con acople Marco Guía

El proceso productivo (movimientos) para el aserrío con motosierra y acople portable Marco guía, comprende las siguientes actividades:

- ✓ Ubicación: incluye las actividades de localización del árbol y tumbado
- ✓ Aserrío: incluyen las actividades de saneo, dimensionado, armado del equipo móvil y aserrío.
- ✓ Desorillado: acomodo y desorillado de tablones.
- ✓ Romaneo: Preparación de patio de acopio intermedio, apilado de madera y romaneo (cubicación).

Al igual que en el uso del acople Logosol, para el análisis de tiempos, estos se clasifican en productivos y no productivos, donde las actividades del proceso productivo son consideradas como tiempos productivos. Las acciones en tiempos no productivos son clasificadas en programadas (por ejemplo, mantenimiento de equipos, afilado de cadena, descanso) y no programadas (fallas imprevistas y otros).

Los resultados obtenidos en las pruebas de aserrío con acople Marco Guía, indican un tiempo de 59 horas y media (59:33:54 horas) en tiempos productivos para el aserrío de 12,72 m^3 troza. De acuerdo al tipo de madera aserrada, la madera dura (4,86 m^3 troza), necesita más tiempo para el aserrío (33:27:38 horas) en comparación de la madera semi dura (26:06:16 horas) (Tabla 18) .

Tabla 18. Cuantificación de tiempos productivos para el aserrío con acople Marco Guía.

Tipo de Madera	Repeti-ciones (*n*)	Vol. Troza (m^3)	Ubicación (hh:mm:ss)	Aserrío (hh:mm:ss)	Desorillado (hh:mm:ss)	Romaneo (hh:mm:ss)	Tiempos Productivos
DURA	19	4,86	3:40:14	24:21:08	4:33:41	0:52:35	33:27:38
SEMI DURA	17	7,86	1:55:49	17:53:11	5:35:39	0:41:37	26:06:16
Total General	**36**	**12,72**	**5:36:03**	**42:14:19**	**10:09:20**	**1:34:12**	**59:33:54**

Los tiempos no productivos indican un total de 16:49 horas y media (Tabla 19), donde las horas programadas representan el 88% (15:21) del tiempo total empleado y las horas no programadas el 12% (1:27) del total.

Tabla 19. Cuantificación de tiempos no productivos en relación al tipo de madera.

Tipo de Madera	Repeticiones (*n*)	Programadas (hh:mm:ss)	No programadas (hh:mm:ss)	Tiempos No Productivos
DURA	19	7:46:36	0:48:36	8:35:12
SEMI DURA	17	7:35:01	0:39:07	8:14:08
Total General	**36**	**15:21:37**	**1:27:43**	**16:49:20**

El tiempo total empleado (productivo y no productivo) para el aserrío de 12,72 m^3 de madera en troza, es de 100 horas en 36 repeticiones (trozas), donde el 78% corresponde a tiempos productivos y el 22% a tiempos no productivos (Tabla 20). La capacidad de aserrío por hora es de 0,17 m^3 de madera en tronca, y la capacidad de producción es de 0,07 m^3 de madera aserrada equivalente a 30,72 pie tablar (pt) (Tabla 21).

Tabla 20. Distribución de tiempos expresado en porcentaje (%).

Detalle	Horas de trabajo	%
Tiempos Productivo	60	78
Tiempos No Productivos	17	22
Total Tiempo	**77**	100

Tabla 21. Tiempos empleados y capacidad de aserrío con acople portable Marco guía .

Detalle	Unidad	Total
Tiempo de Trabajo	Horas	77
Jornadas de trabajo	Días	25
Grupo de trabajo	Operarios	3
Cantidad de trozas aserradas	Trozas	36
Volumen aserrado	m^3 tronca	12,72
Volumen de producción	m^3 aserrado	5,58
Capacidad de aserrío por hora	m^3 tronca/hora	0,17
Capacidad de aserrío al día	m^3 tronca/día	1,49
Capacidad de producción por hora	m^3 aserrado/hora	0,07
Capacidad de producción por día	m^3 aserrado/día	0,65

Los tiempos necesarios para el aserrío de un metro cúbico de madera en troza son los siguiente: ubicación: 0,47 horas/m^3, aserrío: 3,38 horas/m^3, desorillado 0,79 horas/m^3, y romaneo 0,08 horas/m^3. Esto representa un total de 4,72 horas para el aserrío de 1 metro cúbico de madera en troza (Tabla 22).

Tabla 22. Resumen de tiempos productivos en el uso de acople Marco Guía horas/m^3

Proceso Productivo	Horas de trabajo	%	Horas/m^3
Ubicación	6	10	0,47
Aserrío	43	72	3,38
Desorillado	10	17	0,79
Romaneo	1	2	0,08
Total	**60**	**100**	**4,72**

4.2.3. Aserrío con motosierra sin acoples o "a pulso"

Rendimiento

El aserrío usando solamente motosierra sin acoples o localmente llamado "a pulso" se realizó empleando un volumen de 15,33 m^3 de madera en troza. Para madera dura (cuchi y tajibo) se empleó un volumen de 6,88 m^3 de madera en troza y para madera semi dura (roble, tarara amarilla y colorada) el volumen fue de 8,45 m^3 de madera en troza. Los resultados indican mayor rendimiento en el aserrío de madera dura (43,85%), en comparación a la madera semi dura (38,88%). El valor total de rendimiento de aserrío sin acople es de 41,11%, de los cuales 9,49% corresponde a madera corta y 31,62% es madera larga (Tabla 23).

Tabla 23. Rendimiento por tipo de madera y tamaño de tabla (corta y larga).

Tipo de Madera	Repeti-ciones (*n*)	Vol. Troza (m^3)	Vol. Mad. Aserrada Corta (m^3)	Vol. Mad. Aserrada Larga (m^3)	Vol. Mad. Aserrada Total (m^3)	Rendi-miento Corta %	Rendi-miento Larga %	Rendi-miento Total %
DURA	24	6,88	0,45	2,57	3,02	6,53	37,33	43,85
SEMI DURA	22	8,45	1,01	2,28	3,28	11,91	26,98	38,88
Total, General	**46**	**15,33**	**1,45**	**4,85**	**6,30**	**9,49**	**31,62**	**41,11**

El rendimiento por clase diamétrica indica un mayor rendimiento en los rangos de >80-89,9 (45,39%) y >90-99,9 (43,81 %), sin embargo, en ambos rangos el número de repeticiones no es significativo. El rango donde se tuvo mayor repetición fue el de >30-39,9 con un rendimiento de 37,13% (Tabla 24, Figura 25).

Tabla 24. Cuantificación de tiempos productivos para el aserrío con motosierra sin acople

Clase Diamétrica	Repeti-ciones (*n*)	Vol. Troza (m^3)	Vol. Mad. Aserrada Corta (m^3)	Vol. Mad. Aserrada Larga (m^3)	Vol. Mad. Aserrada Total (m^3)	Rendi-miento Corta %	Rendi-miento Larga %	Rendi-miento Total %
>20-29,9	2	0,17	0,08		0,08	45,65		45,65
>30-39,9	20	3,87	0,52	0,92	1,44	13,31	23,82	37,13
>40-49,9	11	3,16	0,33	0,95	1,28	10,51	29,93	40,43
>50-59,9	7	2,96	0,46	0,60	1,07	15,65	20,35	36,00
>60-69,9	4	2,61	0,07	1,24	1,30	2,56	47,46	50,02
>80-89,9	1	1,15		0,52	0,52		45,39	45,39
>90-99,9	1	1,41		0,62	0,62		43,81	43,81
Total, General	**46**	**15,33**	**1,45**	**4,85**	**6,30**	**9,49**	**31,62**	**41,11**

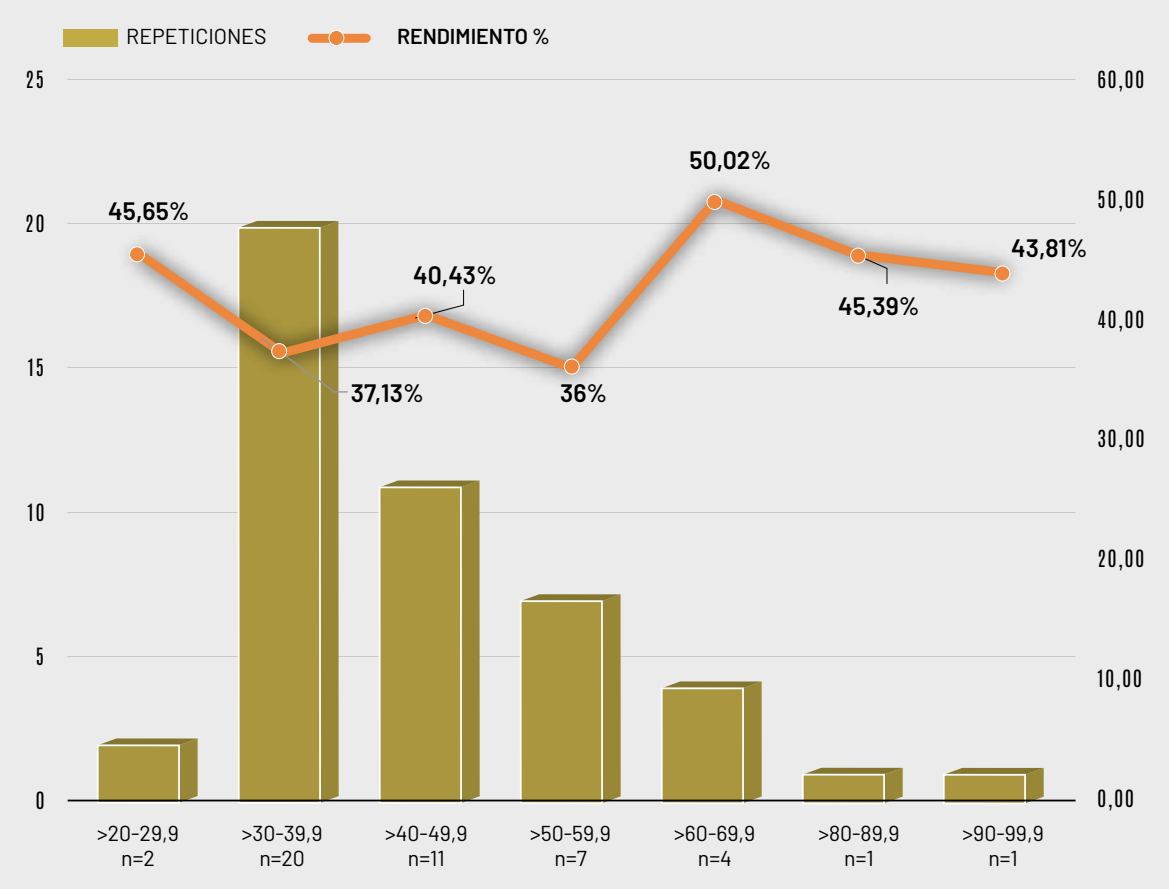


Figura 25. Rendimiento por clase diamétrica y frecuencia de repeticiones (trozas, n). El eje x representa clases diamétricas (cm) y el eje y porcentajes de rendimientos.

Tiempos y Movimientos en el proceso de aserrío sin acoples

El proceso productivo (movimientos) para el aserrío sin acople comprende las siguientes actividades:

- ✓ Ubicación: incluye las actividades de localización del árbol y tumbado
- ✓ Aserrío: incluyen las actividades de saneo, dimensionado y aserrío.
- ✓ Desorillado: acomodo y desorillado de tablones.
- ✓ Romaneo: preparación de patio de acopio intermedio, apilado de madera y romaneo (cubicación).

Los resultados obtenidos en las pruebas de aserrío con motosierra sin acople, indican un tiempo de 57 horas y media (57:33:28 horas) en tiempos productivos para el aserrío de 15,33 m^3 troza. De acuerdo al tipo de madera aserrada, la madera dura (6,88 m^3 troza), necesita más tiempo para el aserrío (36:32:19 horas) en comparación de la madera semi dura (21:00:09 horas) (Tabla 25).

Tabla 25. Cuantificación de tiempos productivos para el aserrío sin acople.

Tipo de Madera	Repeticiones (*n*)	Vol. Troza (m^3)	Ubicación (hh:mm. ss)	Aserrío (hh:mm. ss)	Desorillado (hh:mm.ss)	Romaneo (hh:mm. ss)	Tiempos Productivos
DURA	24	6,88	2:30:30	32:11:10	0:20:25	1:30:14	36:32:19
SEMI DURA	22	8,45	1:05:58	17:39:07	0:35:24	1:39:40	21:00:09
Total, General	**46**	**15,33**	**3:36:28**	**49:50:17**	**0:55:49**	**3:09:54**	**57:32:28**

Los tiempos no productivos indican un total de 12:29 horas (Tabla 26), donde las horas programadas representan el 12% (1:28:04) del tiempo total empleado y las horas no programadas el 88% (11:01:15) del total.

Tabla 26. Cuantificación de tiempos no productivos en relación al tipo de madera.

Tipo de Madera	Repeticiones (n)	Programadas (hh:mm.ss)	No programadas (hh:mm.ss)	Tiempos No Productivos
DURA	24	1:09:45	6:40:01	7:49:46
SEMI DURA	22	0:18:19	4:21:14	4:39:33
Total, General	**46**	**1:28:04**	**11:01:15**	**12:29:19**

El tiempo total empleado (productivo y no productivo) para el aserrío de 15,33 m^3 de madera en troza, es de 71 horas en 46 repeticiones (trozas), donde el 82% corresponde a tiempos productivos y el 18% a tiempos no productivos (Tabla 27). La capacidad de aserrío por hora es de 0,22 m^3 de madera en tronca y la capacidad de producción de 0,09 m^3 de madera aserrada, equivalente a 38 pie tablar (pt) (Tabla 28).

Tabla 27. Distribución de tiempos expresado en porcentaje (%).

Detalle	Horas de trabajo	%
Tiempos Productivo	58	82
Tiempos No Productivos	13	18
Total, Tiempo	**71**	**100**

Tabla 28. Tiempos empleados y capacidad de aserrío sin acople,

Detalle	Unidad	Total
Tiempo productivo	Horas	71
Jornadas de trabajo	Días	25
Grupo de trabajo	Operarios	3
Cantidad de trozas aserradas	Trozas	46
Volumen aserrado	m^3 tronca	15,33
Volumen de producción	m^3 aserrado	6,30
Capacidad de aserrío por hora	m^3 tronca/hora	0,22
Capacidad de aserrío por día	m^3 tronca/día	1,94
Capacidad de producción por hora	m^3 aserrado/hora	0,09
Capacidad de producción por día	m^3 aserrado/día	0,80

Los tiempos necesarios para el aserrío de un metro cúbico de madera en troza son los siguientes: ubicación: 0,26 horas/m^3, aserrío: 3,26 horas/m^3, desorillado 0,07 horas/m^3, y romaneo 0,20 horas/m^3. Esto representa un total de 4,72 horas para el aserrío de 1 metro cúbico de madera en troza (Tabla 29).

Tabla 29. Resumen de tiempos productivos en el uso de motosierra sin acople horas/m^3.

Proceso Productivo	Horas de trabajo	%	Horas/m^3
Ubicación	4	7	0,26
Aserrío	50	86	3,26
Desorillado	1	2	0,07
Romaneo	3	5	0,20
Total	**58**	**100**	**3,78**

4.3. Análisis comparativo de las tres tecnologías implementadas en este estudio

Rendimientos

Las pruebas de aserrío de las tecnologías implementadas demandaron un volumen de 47,68 m^3 de madera en troza, de los cuales se obtuvo 7,63 m^3 de madera corta (37%) y 13,08 m^3 corresponde a madera larga (63%). El rendimiento total general del aserrío móvil es de 43,53%, equivalente a 192,97 pie tablares.

Haciendo un análisis comparativo de las tres tecnologías implementadas, se observó que mediante el aserrío con motosierra usando acople Logosol se obtiene el mayor rendimiento (45,20 %), seguido por motosierra con acople Marco Guía (43,88%) y finalmente el uso de motosierra sin acoples con un rendimiento de 41,11%. En los tres casos los rendimientos superan el 40%, que es el rendimiento dispuesto en el Instructivo técnico ABT 006/2009 donde se define utilizar de forma transitoria el rendimiento industrial del 40% por parte de los aserraderos hasta que los administradores forestales presenten sus respectivos estudios de rendimiento (ABT, 2009).

Tabla 30. Rendimiento comparativo de las tecnologías por tamaño de tabla (corta y larga).

Tecnología	Repeti-ciones (*n*)	Vol. Troza (m^3)	Vol. Mad. Aserrada Corta (m^3)	Vol. Mad. Aserrada Larga (m^3)	Vol. Mad. Aserrada Total (m^3)	Rendi-miento Corta %	Rendi-miento Larga %	Rendi-miento Total %
LOGOSOL	53	19,63	2,47	6,40	8,87	12,60	32,59	45,20
MARCO GUÍA	36	12,72	3,70	1,84	5,58	29,07	14,44	43,88
SIN ACOPLES	46	15,33	1,45	4,85	6,30	9,49	31,62	41,11
Total, General	**135**	**47,68**	**7,63**	**13,08**	**20,75**	**16,00**	**27,44**	**43,53**

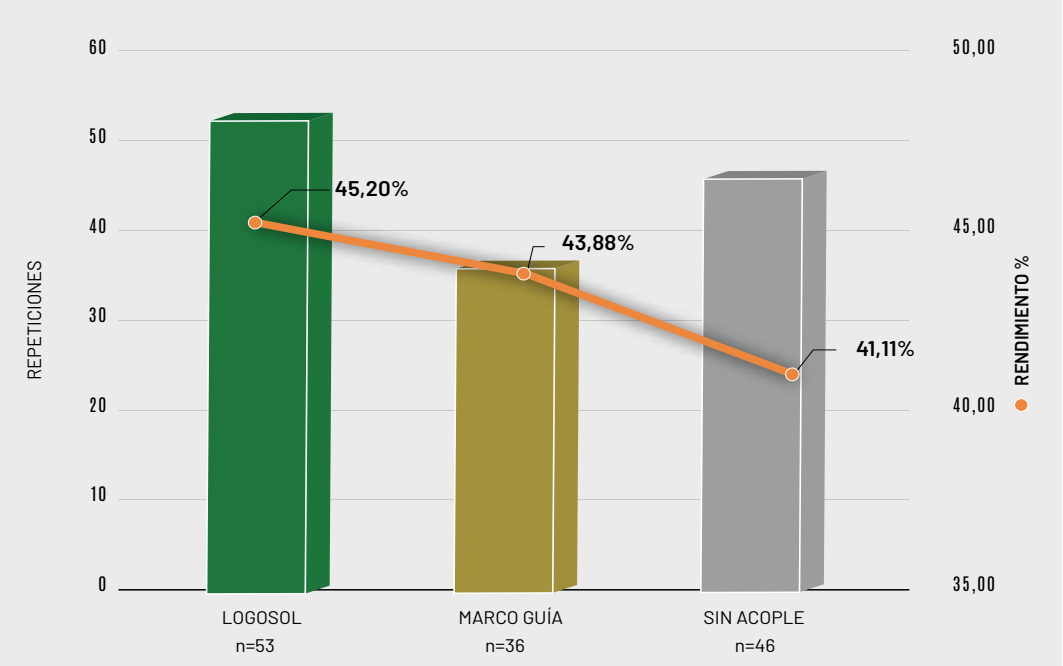


Figura 26. Rendimiento por tecnología implementada y frecuencia por repeticiones (trozas).

De acuerdo al tipo de madera (dura y semi dura), la tecnología con mayor rendimiento para madera dura es la motosierra sin acoples (43,9%), seguido por Logosol (42,77%) y finalmente Marco Guía (40,94%). Los resultados para semi dura muestran a Logosol con mayor porcentaje de rendimiento (46,94%), y con el menor rendimiento al aserrío sin acoples (38,8%) (Tabla 31).

Tabla 31. Rendimiento (%) por tecnología implementada y tipo de madera.

Tecnología	Tipo de Madera	Repeti-ciones	Vol. Troza (m^3)	Vol. Mad. Aserrada Corta (m^3)	Vol. Mad. Aserrada Larga (m^3)	Vol. Mad. Aserrada Total (m^3)	Rendi-miento Corta %	Rendi-miento Larga %	Rendi-miento Total %
LOGOSOL	DURA	30	8,19	1,32	2,18	3,50	16,14	26,63	42,77
	SEMIDURA	23	11,44	1,15	4,22	5,37	10,07	36,87	46,94
MARCO GUIA	DURA	19	4,86	0,84	1,10	1,99	17,33	22,65	40,94
	SEMIDURA	17	7,86	2,86	0,73	3,59	36,34	9,35	45,70
SIN ACOPLE	DURA	24	6,88	0,45	2,57	3,02	6,5	37,4	43,9
	SEMIDURA	22	8,45	1,01	2,28	3,28	12,0	27,0	38,8
Total General		**135**	**47,68**	**7,63**	**13,08**	**20,75**	**16,01**	**27,44**	**43,53**

Tiempos y movimientos de las tecnologías implementadas

En relación a los tiempos productivos, el análisis comparativo muestra que el aserrío con acoples Logosol y Marco Guía necesitan de aproximadamente 5 horas para procesar un metro cúbico de madera en tronca, en comparación con el aserrío sin acoples que necesita de aproximadamente 4 horas.

El aserrío es la etapa del proceso productivo que consume más del 70% del tiempo requerido, seguido por la ubicación (8%-10%), el desorillado (2%-17%) y finalmente romaneo (2%-5%). En promedio, mediante el uso de motosierra para el aserrío con o sin acople, se necesitan 4,40 de horas productivas para procesar un metro cúbico de madera en troza (Tabla 32).

Tabla 32. Tiempos por tecnología implementada y etapa productiva (horas/m^3 troza).

Detalle	Logosol			Marco Guía			Sin Acople			Total General		
	Tiempos Prod.	%	Horas/ m^3	Tiempos Prod.	%	Horas/ m^3	Tiempos Prod.	%	Horas/ m^3	Tiempos Prod.	%	Horas/ m^3
Ubicación	7	8	0,36	6	10	0,47	4	7	0,26	17	8	0,36
Aserrio	72	79	3,71	43	72	3,38	50	86	3,26	165	79	3,48
Desorillado	8	9	0,41	10	17	0,79	1	2	0,07	19	9	0,40
Romaneo	4	4	0,21	1	2	0,08	3	5	0,20	8	4	0,17
Total Tiempo	**91**	**100**	**4,68**	**60**	**100**	**4,72**	**58**	**100**	**3,78**	**209**	**100**	**4,40**

Los tiempos no productivos muestran que el uso de los acoples Logosol y Marco Guía consumen mayor cantidad de tiempo no productivo a comparación del aserrío solo con motosierra sin acople (Tabla 33). Esto se debe principalmente a la necesidad de revisión del carril de empuje, ajuste del Timberjig y ajuste de escuadra, lo cual permite un adecuado dimensionado de la tronca y mejora la calidad del corte.

Tabla 33. Tiempos no productivos requeridos por metro cúbico de madera en troza.

Tecnología	Repeticiones (*n*)	Programadas (Horas/m³)	No programadas (Horas/m³)	Tiempos No Productivos (Horas/m³)
Logosol	53	1,34	0,36	1,70
Marco Guía	36	1,18	0,12	1,30
Sin acople	46	0,72	0,10	0,82
Total, General	**135**	**1,10**	**0,21**	**1,31**

El tiempo total de trabajo requerido (tiempos productivos + no productivos) para el procesamiento de un metro cúbico de madera en troza es: Logosol (6:38 horas), Marco Guía (6:05 horas) y sin acoples (4:63 horas) (Tabla 34).

Tabla 34. Tiempo total de trabajo por tecnología implementada, expresado en Horas/m³ troza.

Detalle	Logosol			Marco Guía			Sin Acople			Total General		
	Hrs. de Trabajo	%	Horas/ m³	Hrs. de Trabajo	%	Horas/ m³	Hrs. de Trabajo	%	Horas/ m³	Hrs. de Trabajo	%	Horas/ m³
Tiempos Productivos	91	73	4,68	60	78	4,72	58	82	3,78	208	77	4,38
Tiempos no Productivos	33	27	1,70	17	22	1,34	13	18	0,85	62	23	1,31
Total Tiempo	**124**	**100**	**6,38**	**77**	**100**	**6,05**	**71**	**100**	**4,63**	**270**	**100**	**5,69**

En relación a la capacidad de aserrío por hora, los resultados obtenidos muestran: Acople Logosol 0,16 m³ tronca/hora de trabajo, para acople Marco Guía 0,17 m³ tronca/hora de trabajo y finalmente motosierra sin acople resulta en 0,22 m³ de madera en troza por hora (Tabla 35). La capacidad de producción es 0,07 m³/hora (30,72 pt/hora) para Logosol y Marco Guía y 0,09 m³ (38,50 pt/hora).

Tabla 35. Capacidad de Aserrío por hora y tecnología implementada.

Detalle	Unidad	Logosol	Marco Guía	Sin Acople
Tiempo de Trabajo	Horas	124	77	71
Grupo de trabajo	Operarios	3	3	3
Cantidad de trozas aserradas	Trozas	53	36	46
Volumen aserrado	m³ tronca	19,43	12,72	15,33
Volumen de producción	m³ aserrado	8,87	5,58	6,30
Capacidad de aserrío por hora	m³ tronca/hora	0,16	0,17	0,22
Capacidad de producción por hora	m³ aserrado/hora	0,07	0,07	0,09

4.4. Análisis comparativo con otras tecnologías de aserrío

Con el objetivo de posicionar y comparar los resultados del aserrío móvil con motosierra y acoples portables presentados en este documento, se ha sistematizado estudios de diferentes regiones de Bolivia sobre aserrío con otras tecnologías convencionales y portables de transformación primaria de madera (Tabla 36). Debido a que la mayoría de estos estudios no tienen información sobre tiempos y movimientos y análisis financiero no se ha podido estandarizar estos parámetros, por lo tanto, solamente se ha comparado los rendimientos de aserrío.

Previa comparación de rendimientos, para una mejor interpretación de los resultados, en la tabla 36 se describe los diferentes esquemas de transformación primaria y se tipifica las tecnologías de aserrío de acuerdo al tipo de instalaciones y tipo de sierra utilizada. Según las instalaciones hay tres tipos: 1) fijas o estacionarias que tienen una ubicación e infraestructura permanente, mano de obra especializada, tecnología compleja, alta inversión y alta capacidad de aserrío y producción; 2) semi estacionario a portable, que están montadas sobre chasis y se desplazan hasta las mismas fuentes de abastecimiento de madera, tiene tecnología menos compleja y 3) portable a ultraportable, de tecnología más simple, barata y de bajos insumos, es fácilmente desplazable hasta pie de tocón.

Según el tipo de sierra utilizada las principales tecnologías usadas para aserrío se clasifican en sierra de banda (también llamadas sierras sin fin y de cinta), sierra circular y sierra de cadena (Tabla 36).

Tabla 36. Esquemas de transformación primaria.

Esquema de transformación primaria	Tipo de instalaciones	Tipo de sierras	Tipo de aserrío	Ejemplos
Industrial	Fijas y estacionarias, tecnología compleja y requiere alta inversión	Circular	Aserrío convencional - empresarial	Schiffer Langer
Industrial - tradicional	Semiestacionario – portable, tecnología menos compleja y requiere regular inversión	Banda o de Cinta	Aserrío portátil	Lucas Mill Wood-Mizer series LT
Tradicional	Portable a ultraportable, tecnología de bajo insumo y sencilla, requiere baja inversión	Cadena	Aserrío con motosierra "Cuartoneo"	STIHL
Tradicional mejorado	Portable a ultraportable, tecnología de bajo insumo y sencilla, con acoples portables para mejorar el rendimiento y calidad de la madera	Cadena	Aserrío móvil con motosierra	STIHL series MS con acoples portables Logosol Big Mill Basic o F2 y Marco Guía

Existen muy pocos estudios sobre rendimientos de aserrío en Bolivia que hayan sido publicados en revistas científicas o siguiendo un rigor o proceso científico. La mayoría de los trabajos sistematizados en la tabla 37 para comparar los resultados de este estudio corresponden a tesis de grado de la carrera de ingeniería forestal en Santa Cruz, San Simón (Cbba) y Juan Misael Saracho (Tarija).

Tabla 37. Comparación de rendimiento de aserrío de las especies estudiadas con distintos tipos de tecnología

Datos descriptivos	**Tecnologías de Aserrío**						
	Estacionario Industrial	Semiestacionario Portable "Lucas Mill" 10-30	Semiestacionario Portable "Wood-Mizer" LT40	Portable mejorado Motosierra con Logosol	Portable mejorado Motosierra con Marco Guía	Portable Motosierra sin acople (a pulso)	Portable Motosierra sin acople (a pulso)
Área de estudio	*Varias regiones boscosas de Bolivia	Pedro Lorenzo, Santa Cruz (área experimental)	Comunidad Puesto Nuevo TCO Lomerío	POAF Cristo Rey –Puquio TCO Lomerío			***Municipio Palos Blancos, Beni
Especies	**16 especies de bosques de tierras bajas	Cuchi Curupaú Jichituriqui	Tajibo amarillo Tarara amarilla Tarara Colorada Roble	Tajibo amarillo Cuchi Tarara amarilla Tarara Colorada Roble			Huasicucho (Tarara amarilla)
Trozas (*n*) muestras	$5 < n < 113$ $\tilde{X} = 24$	*n*= 361	*n*= 149	*n*= 53	*n*= 36	*n*= 46	*n*= 259
Volumen en trozas (m^3)	No hay información	83,46 m^3	92 m^3	19,63 m^3	12,72 m^3	15,33 m^3	35,33 m^3
Volumen de producción (m^3)	No hay información	39,8 m^3	31,98 m^3	8,87 m^3	5,58 m^3	6,30 m^3	16,23 m^3
Rendimiento (%)	**$\tilde{X}$ = 46,5**	**$\tilde{X}$ = 48,5**	**$\tilde{X}$ = 37,9**	**$\tilde{X}$ = 45,20**	**$\tilde{X}$ = 43,88**	**$\tilde{X}$ = 41,11**	**$\tilde{X}$ = 47,07**
Referencia	Compilado en Sandoval, 2012	Tambaré, 2019	Chuvirú, 2010	Este estudio	Este estudio	Este estudio	Quispe, 2019

*Varios estudios compilados en diferentes regiones boscosas de Bolivia (Chiquitanía, Guarayos y Bajo Paraguá en Santa Cruz; trópico de Cochabamba; Ixiamas en el norte de La Paz; Villamontes en Tarija y Ballivián en el Beni)

**El estudio de Sandoval (2012) compila 17 estudios de rendimiento con análisis de 29 especies, sin embargo, para propósitos comparativos de este estudio se han seleccionado solamente estudios con especies duras y semiduras, donde la mayoría son de las Chiquitanía

***Este estudio analizó el rendimiento en la producción de Flitchs, por lo tanto, se observa un número de muestras (trozas) diferenciados en relación de los otros estudios que produjeron tablas largas y tablas cortas. El estudio fue realizado en dos especies, pero para propósitos comparativos se seleccionó solamente el Huasicucho o Tarara Amarilla

En la tabla 37 se muestra una comparación de estudios de rendimientos, los cuales han sido seleccionados tomando en cuenta área geográfica y especies similares al presente estudio. Al igual que en la comparación entre las tres tecnologías analizadas en este estudio, toda la diversidad de tecnologías de aserrío comparadas (con la excepción del portable Wood-Mizer) superan el 40% de rendimiento. Este porcentaje como ya fue explicado, es el rendimiento dispuesto en el instructivo técnico ABT 006/2009 donde se define utilizar de forma transitoria el rendimiento industrial de 40% por parte de los aserraderos hasta que los administradores forestales presenten sus respectivos estudios de rendimiento (ABT, 2009). Sin embargo, como fue observado por Sandoval (2012), la definición de valores arbitrarios de rendimiento, sin estudios técnicos, como por ejemplo el fijado por el Ministerio de Desarrollo Sostenible en 1997 (55%) y posteriormente por la ABT en 2009 (40%) parecen no siempre responder a las realidades locales de nuestros bosques, sus especies y la tecnología existente de transformación apropiada. Esto crea un escenario de incompatibilidad e injusticia entre aquellos productores forestales que muestren rendimientos superiores al 40% y el hecho que se da opciones a legalizar madera no autorizada a aquellos que tienen rendimientos menores a los mencionados (Sandoval, 2012).

En cuanto a las diferentes tecnologías comparadas, se destaca los altos rendimientos mediante el aserrío móvil con motosierra (mejorado y convencional o a "pulso") que en promedio resultan en un rendimiento de 43,3 %. Este valor es levemente superado por los rendimientos obtenidos en aserraderos estacionarios industriales (46,5%) y supera al rendimiento obtenido mediante el uso del aserradero portable Wood-Mizer LT40 (37,9%). Esto se puede interpretar como una oportunidad para pensar y formular nuevas formas de aprovechamiento forestal usando legalmente la motosierra como principal tecnología de aserrío y acompañada de acoples portables que puedan mejorar el rendimiento y la calidad de los productos obtenidos. Este esquema de aprovechamiento podría ser especialmente factible para pequeños usuarios forestales como comunidades indígenas y campesinas con poco capital de inversión y limitados conocimientos tecnológicos. Con 48, 5 % el aserradero portable Lucas Mill 10-30 presenta el mayor rendimiento de todas las tecnologías comparadas, por lo que se puede considerar a esta tecnología como la más apropiada para productores forestales con mayor capital de inversión y que se encuentren en transición hacia el aprovechamiento forestal bajo esquemas y figuras empresariales (tabla 37).

4.5. Transporte de madera aserrada con tecnología de bajo impacto

4.5.1. Tiempos y Movimientos transporte motorizado

Los tiempos y movimientos para las pruebas de transporte con motorizado comprenden las siguientes actividades:

- ✓ Carguío y despacho: Se refiere al proceso de cargar la madera aserrada al medio de transporte, incluye actividades de acomodo del producto.
- ✓ Transporte: Se registra desde el momento que avanza el motorizado y llega a su destino.
- ✓ Descarguío y apilado: Retirar el producto del motorizado y apilar de acuerdo a la especie y largo.
- ✓ Cubicación: Se refiere a la medición de las piezas de madera aserrada y cálculo del volumen transportado en pie tablares. Los datos que se registraron son espesor, ancho y largo.

Para el análisis de tiempos, estos se clasifican en productivos y no productivos, donde las actividades mencionadas líneas arriba, son consideradas como tiempos productivos. Las acciones en tiempos no productivos son clasificadas en programadas (mantenimiento de equipos, descanso) y no programadas (fallas imprevistas y otros).

Los resultados obtenidos en las pruebas de transporte motorizado, indican un tiempo de 11 horas y media aproximadamente (11:31:59 horas) en tiempos productivos, para el transporte de 10,28 m^3 de madera aserrada (Tabla 38). Las repeticiones o viajes entre madera dura y semi dura hacen un total de 66, el volumen promedio por repetición es de 0,16 m^3 (184 Kg) para madera dura y 0,12 m^3 (138Kg) para madera semi dura.

Tabla 38. Cuantificación de tiempos productivos para el transporte con motorizado.

MADERA	Repeti-ciones (*n*)	Vol. Total Transpor-tado (m^3)	Vol. Prome-dio por repetición	Carguío y despacho (hh:mm:ss)	Transporte (hh:mm:ss)	Descarguío y apilado (hh:mm:ss)	Cubicación (hh:mm:ss)	Tiempos Produc-tivos
DURA	31	4,6	0,16	01:17:41	02:51:54	01:01:28	00:46:55	5:57:58
SEMI DURA	35	5,68	0,12	01:30:52	01:49:11	01:22:18	00:51:40	5:34:01
Total General	**66**	**10,28**		**02:48:33**	**04:41:05**	**02:23:46**	**01:38:35**	**11:31:59**

Los tiempos no productivos indican un total de 5 horas y media (05:32:37 horas) (Tabla 39), donde las horas programadas representan el 88% del tiempo total empleado y las horas no programadas el 12%.

Tabla 39. Cuantificación de tiempos no productivos en transporte con motorizado.

Tecnología	Repeticiones (*n*)	Programadas (hh:mm:ss)	No programadas (hh:mm:ss)	Tiempos No Productivos (hh:mm:ss)
Tracción Motor	66	04:47:37	00:45:00	05:32:37
Total General	**66**			

El tiempo total empleado (productivo y no productivo) para el transporte de 10,28 m^3 de madera aserrada, es de 17 horas en 66 repeticiones (viajes), el 68% corresponde a tiempos productivos y el 32% a tiempos no productivos (Tabla 40). La capacidad de transporte por hora es de 0,90 m^3 de madera aserrada (Tabla 41).

Tabla 40. Distribución de tiempos expresado en porcentaje (%).

Detalle	Horas de trabajo (hh:mm:ss)	%
Tiempos Productivo	11:31:59	68
Tiempos No Productivos	05:32:37	32
Total Tiempo	**17:04:36**	**100**

Tabla 41. Tiempos empleados y volumen transportado.

DETALLE	UNIDAD	VALOR
N° de repeticiones	Repetición	66
Vol. Total Transportado	m^3	10,3
Vol. Promedio Transportado	m^3	0,2
Distancia Total Recorrida	Mt	42440
Distancia promedio	Mt	640
Cap. de Carguío y despacho	m^3/hora	3,81
Cap de Transporte	m^3/hora	2,24
Cap. de Descarguío y Apilado	m^3/hora	4,2
Cap. de Cubicación	m^3/hora	6,65

Los tiempos necesarios para el transporte de un metro cúbico de madera aserrada son los siguiente: carguío y despacho 0,26 horas/m^3, transporte: 0,45 horas/m^3, descarguío y apilado 0,24 horas/m^3, y cubicación 0,15 horas/m^3. Esto representa un total de 1,10 horas para el transporte de 1 metro cúbico (424 pt) de madera aserrada (Tabla 42).

Tabla 42. Resumen de tiempos productivos en el transporte motorizado (horas/m^3).

Proceso Productivo	Tiempos Productivos	%	Horas/m^3
Carguío y despacho	2,7	24	0,26
Transporte	4,6	41	0,45
Descarguío y apilado	2,45	22	0,24
Cubicación	1,55	14	0,15
Total	**11,3**	**100**	**1,10**

4.5.2. Tiempos y movimientos transporte tracción animal

Los tiempos y movimientos para las pruebas de transporte mediante tracción animal comprenden las siguientes actividades:

- ✓ Carguío y despacho: Se refiere al proceso de cargar la madera aserrada al medio de transporte, incluye actividades de acomodo del producto.
- ✓ Transporte: Se registra desde el momento que el medio de transporte inicia el viaje y llega a su destino.
- ✓ Descarguío y apilado: Se refiere a retirar el producto del medio de transporte y apilar en el espacio de acopio.
- ✓ Cubicación: Se refiere a la medición de las piezas de madera aserrada y cálculo del volumen transportado en pie tablares. Los datos que se registraron son espesor, ancho y largo.

Para el análisis de tiempos, estos se clasifican en productivos y no productivos, donde las actividades del proceso productivo son consideradas como tiempos productivos. Las acciones en tiempos no productivos son clasificadas en programadas (mantenimiento de equipos, descanso) y no programadas (fallas imprevistas y otros).

Los resultados obtenidos en las pruebas de transporte tracción animal, indican un tiempo de 10 horas y media aproximadamente (10:31:31 horas), en tiempos productivos para el transporte de 4,98 m^3 de madera aserrada (Tabla 43).

Tabla 43. Cuantificación de tiempos productivos para el transporte tracción animal.

MADERA	Repeti-ciones (*n*)	Vol. Total Transpor-tado (m^3)	Vol. Promedio por repetición	Carguío y despacho (hh:mm:ss)	Transporte (hh:mm:ss)	Descarguío y apilado (hh:mm:ss)	Cubicación (hh:mm:ss)	Tiempos Produc-tivos
DURA	6	0,32	0,05	00:10:12	00:24:01	00:05:03	00:01:59	0:41:15
SEMI DURA	78	4,66	0,06	02:24:07	05:31:28	01:26:52	00:27:49	9:50:16
Total General	**84**	**4,98**		**02:34:19**	**05:55:29**	**01:31:55**	**00:29:48**	**10:31:31**

Los tiempos no productivos indican un total de 2 horas y 53 minutos (02:53:16 horas) (Tabla 44) donde las horas programadas representan el 83% del tiempo total empleado y las horas no programadas el 17 % del total.

Tabla 44. Cuantificación de tiempos no productivos en transporte con tracción animal.

Tecnología	Repeticiones (*n*)	Programadas (hh:mm:ss)	No programadas (hh:mm:ss)	Tiempos No Productivos (hh:mm:ss)
Tracción Animal	84	02:37:28	00:15:48	02:53:16
Total General	**84**			

El tiempo total empleado (productivo y no productivo) para el transporte de 4,98 m^3 de madera aserrada, es de 13 horas y 24 minutos en 84 repeticiones (viajes), donde el 79 % corresponde a tiempos productivos y el 21% a tiempos no productivos (Tabla 45). La capacidad de transporte por hora es de 0,84 m^3 de madera aserrada.

Tabla 45. Distribución de tiempos expresado en porcentaje (%).

Detalle	Horas de trabajo (hh:mm:ss)	%
Tiempos Productivo	10:31:31	79
Tiempos No Productivos	02:53:16	21
Total Tiempo	**13:24:47**	**100**

Tabla 46. Tiempos empleados y volumen transportado.

DETALLE	UNIDAD	Valor
N° de repeticiones	Repetición	84
Vol. Total Transportado	Pt	2113
Vol. Promedio Transportado	Pt	24,9
Vol. Total Transportado	m^3	4,98
Vol. Promedio Transportado	m^3	0,06
Distancia Total Recorrida	Mt	32186
Distancia promedio	Mt	379
Cap. de Carguío y despacho	m^3/hora	1,99
Cap. de Transporte	m^3/hora	0,84
Cap. de Descarguío y Apilado	m^3/hora	3,32
Cap. de Cubicación	m^3/hora	9,96

Los tiempos necesarios para el transporte de un metro cúbico de madera aserrada son los siguiente: carguío y despacho 0,50 horas/m^3, transporte: 1,18 horas/m^3, descarguío y apilado 0,30 horas/m^3, y cubicación 0,1 horas/m^3. Esto representa un total de 2,1 horas para el transporte de 1 metro cúbico de madera aserrada (Tabla 47).

Tabla 47. Resumen de tiempos productivos en el transporte motorizado (horas/m^3).

Proceso Productivo	Tiempos Productivos	%	Horas/m^3
Carguío y despacho	2,5	24	0,50
Transporte	5,9	57	1,18
Descarguío y apilado	1,5	14	0,3
Cubicación	0,5	5	0,1
Total	**10,4**	**100**	**2,1**

4.5.3 Tiempos y movimientos transporte tracción humana o a pulso

Los tiempos y movimientos para las pruebas de transporte con tracción humana o pulso comprenden las siguientes actividades:

- ✓ Carguío y despacho: Se refiere al proceso de cargar la madera aserrada.
- ✓ Transporte: Se registra desde que la persona moviliza el producto.
- ✓ Descarguío y apilado: Incluye el acomodo del producto en el lugar de acopio.
- ✓ Cubicación: Se refiere a la medición de las piezas de madera aserrada y cálculo del volumen transportado en pie tablares. Los datos que se registraron son espesor, ancho y largo.

Para el análisis de tiempos, estos se clasifican en productivos y no productivos, donde las actividades del proceso productivo son consideradas como tiempos productivos. Las acciones en tiempos no productivos son clasificadas en programadas (mantenimiento de equipos, descanso) y no programadas (fallas imprevistas y otros).

Los resultados obtenidos en las pruebas de transporte con tracción humana o pulso, indican un tiempo de 43 horas aproximadamente (43:02:28 horas), en tiempos productivos para el transporte de 4,87 m^3 de madera aserrada. Para esta prueba se contó con el apoyo de 9 personas (Tabla 48).

Tabla 48. Cuantificación de tiempos productivos para el transporte con motorizado.

MADERA	Repeti-ciones (n)	Vol. Total Transportado (m^3)	Vol. Promedio por repetición	Carguío y despacho (hh:mm:ss)	Transporte (hh:mm:ss)	Descarguío y apilado (hh:mm:ss)	Cubicación (hh:mm:ss)	Tiempos Productivos (hh:mm:ss)
DURA	151	2,67	0,02	00:25:10	39:02:52	00:58:05	00:41:51	41:07:58
SEMI DURA	42	2,20	0,05	00:07:00	01:23:28	0:14:49	0:09:13	1:54:30
Total General	**193**	**4,87**		**00:32:10**	**40:26:20**	**01:12:54**	**00:51:04**	**43:02:28**

Los tiempos no productivos indican un total de 6 horas y media (06:34:05 horas), donde las horas programadas representan el 74% del tiempo total empleado y las horas no programadas el 26% del total (Tabla 49).

Tabla 49. Cuantificación de tiempos no productivos en transporte con motorizado.

Tecnología	Repeticiones (n)	Programadas (hh:mm:ss)	No programadas (hh:mm:ss)	Tiempos No Productivos (hh:mm:ss)
Tracción humana o pulso	193	04:48:15	01:45:50	06:34:05
Total General	**193**			

El tiempo total empleado (productivo y no productivo) para el transporte de 4,87 m^3 de madera aserrada, es de 49 horas y media en 193 repeticiones (viajes), donde el 87 % corresponde a tiempos productivos y el 13% a tiempos no productivos (Tabla 50). La capacidad de transporte por hora es de 0,03 m^3 de madera aserrada.

Tabla 50. Distribución de tiempos expresado en porcentaje (%).

Detalle	Horas de trabajo (hh:mm:ss)	%
Tiempos Productivo	43:02:29	87
Tiempos No Productivos	06:34:05	13
Total Tiempo	**49:36:34**	**100**

Tabla 51. Tiempos empleados y volumen transportado.

DETALLE	UNIDAD	Valor
N° de repeticiones	Repetición	193
Vol. Total Transportado	Pt	2065,3
Vol. Promedio Transportado	Pt	10,7
Vol. Total Transportado	m^3	4,87
Vol. Promedio Transportado	m^3	0,03
Distancia Total Recorrida	Mt	133110
Distancia promedio	Mt	689
Cap. de Carguío y despacho	m^3/hora	9,74
Cap de Transporte	m^3/hora	0,003
Cap. de Descarguío y Apilado	m^3/hora	4,05
Cap. de Cubicación	m^3/hora	5,41

Los tiempos necesarios para el transporte de un metro cúbico de madera aserrada son los siguiente: carguío y despacho 0,10 horas/m^3, transporte: 8,32 horas/m^3, descarguío y apilado 0,25 horas/m^3, y cubicación 0,18 horas/m^3. Esto representa un total de 8,85 horas para el transporte de 1 metro cúbico de madera aserrada (Tabla 52).

Tabla 52. Resumen de tiempos productivos en el transporte motorizado (horas/m^3).

Proceso Productivo	Tiempos Productivos	%	Horas/m^3
Carguío y despacho	0,5	1	0,10
Transporte	40,5	94	8,32
Descarguío y apilado	1,2	3	0,25
Cubicación	0,9	2	0,18
Total	43,1	**100**	**8,85**

4.6. Análisis comparativos de las tres tecnologías de transporte implementadas

En relación a los tiempos productivos, el análisis comparativo muestra que la tecnología de motorizado necesita de aproximadamente 1,10 horas para transportar un metro cúbico de madera aserrada, en comparación con el transporte con tracción animal que necesita de aproximadamente 2 horas. Mucho mayor a ambos es el transporte tracción humana o pulso que necesita 8,85 horas para el transporte de 1 metro cúbico de madera aserrada (Tabla 53). Estos tiempos son realizados en distancias que oscilan entre 379 y 689 metros.

Tabla 53. Tiempos por tecnología implementada y etapa productiva (horas/m³ madera aserrada).

Tecnología	Motorizado			Tracción Animal			Tracción Humana o Pulso		
	Tiempos Prod.	%	Horas/ m³	Tiempos Prod.	%	Horas/ m³	Tiempos Prod.	%	Horas/ m³
Carguío y despacho	2,7	23	0,26	2,5	24	0,50	0,5	1	0,10
Transporte	4,6	41	0,45	5,9	57	1,18	40,5	94	8,32
Descarguío y apilado	2,45	22	0,24	1,5	14	0,3	1,2	3	0,25
Cubicación	1,55	14	0,15	0,5	5	0,1	0,9	2	0,18
Total General	**11,3**	**100**	**1,10**	**10,4**	**100**	**2,08**	**43,1**	**100**	**8,85**

Los tiempos no productivos muestran que el transporte con tracción humana o pulso consume mayor cantidad de tiempo no productivo (6,5 horas), seguido por el transporte motorizado (5,5 horas) y tracción animal (2,9 horas).

Tabla 54. Tiempos no productivos (horas) requeridos por metro cúbico de madera aserrada.

Tiempos	Motorizado	Tracción Animal	Pulso	Tiempos Totales
Productivos	11,5	10,5	43	65
No Productivos	5,5	2,9	6,5	15
Total General	**17**	**13**	**50**	**80**

El tiempo total de trabajo requerido (tiempos productivos + no productivos) para el transporte de un metro cúbico de madera aserrada: Motorizado (1:63 horas), Tracción animal (2:66 horas) y Tracción Humana o pulso (10:18 horas) (Tabla 55).

Tabla 55. Tiempo total de trabajo por tecnología implementada, expresado en horas/m³ madera aserrada

Detalle	Motorizado			Tracción Animal			Tracción Humana o Pulso		
	Horas de Trabajo	%	Horas/m³	Horas de Trabajo	%	Horas/m³	Horas de Trabajo	%	Horas/ m³
Tiempos Productivos	11,5	68	1,1	10,5	79	2,08	43	87	8,85
Tiempos No Productivos	5,5	32	0,53	2,9	21	0,58	6,5	13	1,33
Total General	**17**	**100**	**1,63**	**13**	**100**	**2,66**	**50**	**100**	**10,18**

En relación a la capacidad de transporte y carga, los resultados obtenidos muestran: Motorizado 3,41 m^3 aserrado/día de trabajo, para tracción animal 0,17 m^3 aserrada/día de trabajo y finalmente tracción humana o pulso resulta en 0,39 m^3 de madera aserrada por día (Tabla 56). La capacidad de transporte por mes (considerando 20 días de trabajo) es de 68,20 m^3/mes para motorizado, 3,4 m^3/mes para tracción animal y finalmente 7,8 m^3/mes con tracción humana o pulso.

Tabla 56. Capacidad de Aserrío por hora y tecnología implementada.

Tecnología	Unidad	Motorizado	Tracción Animal	Pulso
Repeticiones	n	66	84	193
Volumen Total Transportado	m^3	10,3	4,98	4,87
Volumen promedio por repetición	m^3	0,20	0,06	0,03
Peso Total Transportado	Kg	10907	5282,5	5575
Peso promedio	Kg	165,3	62,125	40
Capacidad/hora	m^3	0,62	0,039	0,098
Capacidad/hora	Kg	661,0	40,95	111
Capacidad/día	m^3	3,41	0,1737	0,39
Capacidad/día	Kg	3635,5	184,275	499,5
Capacidad/mes	m^3	68,2	3,474	7,8
Capacidad/mes	Kg	72710	3685,5	9990

4.7. Análisis de aproximación financiera

La aproximación financiera que se presenta en esta sección corresponden a los análisis del aserrío móvil con y sin acoples portables, donde se incluye también para las proyecciones el uso de una unidad motorizada para transporte de madera aserrada como la motochata.

4.7.1. Aserrío con motosierra y acople portable Logosol

El análisis para el uso de motosierra con acople Logosol, se realizó tomando en cuenta la capacidad de aserrío estimada en las pruebas (273 pt/día), rendimiento de madera aserrada, tiempo de zafra y cantidad de equipos de trabajo requeridos. Esto permitió determinar la capacidad de producción por zafra e identificar las inversiones y costos necesarios (Tabla 57).

Tabla 57. Condiciones supuestas para la evaluación general de factibilidad financiera.

Detalle	Unidad	Datos
Capacidad de aserrío por semana	M^3/semana	11,59
Capacidad de aserrío al mes	M^3/mes	46,38
Temporalidad de zafra	Meses	6
Rendimiento (%)	%	45,2
Superficie de producción	Ha	56
Capacidad de producción zafra	Pie tablar	113.816
Equipo de trabajo	Equipo	3

Inversiones en activos fijos

La inversión requerida para esta iniciativa es de 126.187 BOB, con un tiempo de depreciación estimado de 5 años, el ítem que requiere mayor inversión es el acople portable Big Mill Basic Logosol, que es de fabricación Sueca (Tabla 58).

Tabla 58. Detalle de inversión en activos fijos. Expresado en bolivianos.

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	MARCA	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL Bs.
1	Motosierra STIHL MS 661	pieza	4	STIHL	7082	28.328
4	Acople Big Mill Basic	pieza	3	LOGOSOL	21000	63.000
5	Moto chata	pieza	2	PUMA (China)	17425	34.850
					TOTAL Bs.	**126.178**

Inversiones en capital de trabajo

Las inversiones en capital de trabajo indican mayor requerimiento financiero en mano de obra directa (13 personas), seguido por material directo, en el cual se contemplan los gastos de alimentación, insumos, instalación de campamento. Los gastos administrativos (POAF, IAPOAF, CFO y otros) fueron estimados en relación al volumen y superficie a aprovechar (Tabla 59)

Tabla 59. Gastos operativos por zafra. Expresado en bolivianos.

CUENTAS	FLUJO DE CAJA PROYECTADO POR AÑO
MANO DE OBRA DIRECTA REQUERIDA	**146.880,00**
Mano de Obra Directa	**146.880,00**
MATERIAL DIRECTO	**136.184,35**
Instalación de campamento	**6.100,00**
Alimentación (víveres)	**38.000,00**
Herramientas menores	**30.210,13**
Insumos (gasolina, lubricantes)	**36.229,22**
Transporte apoyo logístico	**7.200,00**
Patente	**390,00**
Costo de Elaboración del POAF	**5.855,00**
Elaboración de IPOAF y seguimiento (Solicitud de CFO, informes, otros)	**12.200,00**
GASTOS INDIRECTOS	**12.250,00**
Mantenimiento y reparación de equipos	**7.250,00**
Mantenimiento de camino principal	**5.000,00**
TOTAL GENERAL	**295.314,35**

Inversiones en capital de operaciones de arranque

El capital de operaciones requerido para esta iniciativa asciende a 295.314,35 BOB por año, tomando en cuenta la dinámica en la comercialización del producto, se determina que la rotación del capital de operaciones sea de 6 veces, esto indica que se requiere un capital de operaciones inicial de 49.219,06 BOB (Tabla 60).

Tabla 60. Estimación de capital de operaciones. Expresado en bolivianos.

Total Capital de Operaciones Requerido al año	**295.314,35**
Rotación de Capital de Operaciones en el Año	6
Capital de Operaciones	**49.219,06**

Proyección de ingresos

Los ingresos proyectados están determinados por una capacidad de producción de 113.816 pies tablares de madera aserrada por zafra. La modalidad de venta es producto entregado en patio de acopio intermedio, cuyo precio ponderado para el respectivo análisis es de 3,84 Bs/pie tablar (Tabla 61).

Tabla 61. Ingresos proyectados por año. Expresado en bolivianos.

Concepto	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
Ingresos por Ventas	437.055	437.055	437.055	437.055	437.055
Total Ingresos Anuales	**437.055**	**437.055**	**437.055**	**437.055**	**437.055**

Proyección de Costos y Gastos

Los costos y gastos proyectados se enmarcan en 4 categorías: mano de obra directa, gastos indirectos, insumos y materiales, y depreciación (Tabla 62).

Tabla 62. Detalle de capital de trabajo anual. Expresado en bolivianos.

Concepto - Costos por cada Zafra	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
1. Mano de Obra Directa	146.880	146.880	146.880	146.880	146.880
2. Gastos indirectos	12.250	12.250	12.250	12.250	12.250
3. Insumos y Materiales	136.184	136.184	136.184	136.184	136.184
4. Depreciación	25.820	25.820	25.820	25.820	25.820
Total	**321.134**	**321.134**	**321.134**	**321.134**	**321.134**

Estado de pérdidas y ganancias proyectadas

La relación entre ingresos y costos indica una utilidad bruta de 115.921 BOB, la cual se mantiene constante en los 5 años proyectados en el respectivo análisis. El costo de depreciación asciende a 25.820 BOB (Tabla 63).

Tabla 63. Estado de resultados proyectado. Expresado en bolivianos.

Detalle (resultados por Año)	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Ingresos	437.055	437.055	437.055	437.055	437.055
Ingreso Neto	437.055	437.055	437.055	437.055	437.055
Costos	321.134	321.134	321.134	321.134	321.134
Utilidad Bruta	115.921	115.921	115.921	115.921	115.921
Utilidad Neta Gestión	**115.921**	**115.921**	**115.921**	**115.921**	**115.921**
Depreciación	25.820	25.820	25.820	25.820	25.820
Utilidad Neta Acumulada	**115.921**	**231.842**	**347.762**	**463.683**	**579.604**

Capital de Inversión y fuente de financiamiento

El capital de inversión asciende a 178.317,06 BOB, lo cual incluye el aporte comunal en la reformulación de su PGMF, maquinaria y equipos, y el capital de operaciones inicial, que es necesaria para implementar la actividad (Tabla 64).

Tabla 64. Capital de Inversión. Expresado en bolivianos.

Detalle	Inversión Total	Año 0		Inversión Proyecto
		Aporte Propio	Financiamiento	
Activo Fijo	**178.317,06**	**178.317,06**	**0,00**	**178.317,06**
1. Reformulación Plan de Manejo Forestal (PGMF)	2.920,00	2.920,00	0,00	
2. Maquinaria y Equipo	126.178,00	126.178,00	0,00	
3. Capital de Operaciones	49.219,06	49.219,06	0,00	
Total	**178.317,06**	**178.317,06**	**0,00**	**178.317,06**
Porcentaje de financiamiento		**100,00%**	**0,00%**	

Flujo de caja neto

En base a los ingresos proyectados y los costos operativos, el flujo de caja proyectado es positivo en cada año. Los ingresos y costos son constantes debido a que el análisis financiero se realiza tomando la capacidad productiva máxima de las maquinarias y equipos (Tabla 65).

Tabla 65. Proyección de flujo de caja. Expresado en bolivianos.

Detalle (resultados por Año)	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Ingresos	437.055	437.055	437.055	437.055	437.055
Ingreso Neto	437.055	437.055	437.055	437.055	437.055
Costos	321.134	321.134	321.134	321.134	321.134
Utilidad Bruta	115.921	115.921	115.921	115.921	115.921
Utilidad Neta Gestión	**115.921**	**115.921**	**115.921**	**115.921**	**115.921**
Depreciación	25.820	25.820	25.820	25.820	25.820
FLUJO DE CAJA OPERATIVO	**141.740**	**141.740**	**141.740**	**141.740**	**141.740**
Utilidad Neta Acumulada	**115.921**	**231.842**	**347.762**	**463.683**	**579.604**

Evaluación de rentabilidad

Para evaluar la rentabilidad se aplica al flujo de caja de efectivo neto, los métodos indicadores de evaluación financiera son el Valor Actual Neto (VAN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR). La tasa de descuento utilizada para el cálculo del VAN es del 12,83%. El VAN para un periodo de 5 años muestra un valor de 322.291 BOB, el mismo al ser mayor a cero demuestra que la iniciativa es rentable desde un punto de vista privado. En relación al TIR, tenemos un valor de 74,59% (mayor a la tasa de descuento 12,835%) que respalda los resultados del VAN. Los resultados del Análisis Costo Beneficio (C/B >1), indican que la iniciativa es rentable (Tabla 66).

Tabla 66. Evaluación de rentabilidad.

TIR	74,59%
VAN	322.291
B/C	2,81

4.7.2. Aserrío con motosierra y acople Marco Guía

El enfoque financiero para el uso de Marco Guía se realizó tomando en cuenta la capacidad de aserrío estimada en las pruebas pilotos (276 pt/día), rendimiento, el tiempo de zafra y la cantidad de equipos de trabajo requeridos. Esto permitió determinar la capacidad de producción por zafra e identificar las inversiones y costos necesarios (Tabla 67).

Tabla 67. Condiciones supuestas para la evaluación general de factibilidad económica.

Detalle	Unidad	Datos
Capacidad de aserrío por semana	M^3/semana	11,72
Capacidad de aserrío al mes	M^3/mes	46,89
Temporalidad de zafra	Meses	6
Rendimiento (%)	%	43,88
Superficie de producción	Ha	60
Capacidad de producción zafra	Pie tablar	117.859
Equipos de trabajo	Equipo	3

Inversiones en activos fijos

Los elementos requeridos como inversión en activos fijos son aquellos empleados en el tumbado, aserrío y acopio del producto. La inversión asciende a 70.078 BOB (Tabla 68).

Tabla 68. Detalle de inversión en activos fijos. Expresado en bolivianos.

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	MARCA	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL Bs.
1	Motosierra STIHL MS 661	pieza	4	STIHL	7082	28.328
4	Marco Guía	pieza	3	BRISTOL	2300	6.900
5	Moto chata	pieza	2	Puma (China)	17425	34.850
					TOTAL Bs.	**70.078**

Inversiones en capital de trabajo

Las inversiones en capital de trabajo necesario para la ejecución de las actividades, indican mayor costo en la contratación de mano de obra directa (13 personas), seguido por material directo, donde se contemplan los gastos de alimentación, insumos, instalación de campamento. Los gastos administrativos de trámites ante ABT (POAF, IAPOAF, CFO y otros), se calcularon en relación al volumen y superficie a aprovechar (Tabla 69).

Tabla 69. Gastos operativos por zafra. Expresado en bolivianos.

CUENTAS	FLUJO DE CAJA PROYECTADO POR AÑO
MANO DE OBRA DIRECTA REQUERIDA	**146.880,00**
Mano de Obra Directa	**146.880,00**

CUENTAS	FLUJO DE CAJA PROYECTADO POR AÑO
MATERIAL DIRECTO	**146.165,02**
Instalación de campamento	**6.100,00**
Alimentación (víveres)	**38.000,00**
Herramientas menores	**31.493,23**
Insumos (gasolina, lubricantes)	**44.062,79**
Transporte apoyo logístico	**7.200,00**
Patente	**418,00**
Costo de Elaboración del POAF	**6.273,00**
Elaboración de IPOAF y seguimiento (Solicitud de CFO, informes, otros)	**12.618,00**
GASTOS INDIRECTOS	**10.000,00**
Mantenimiento y reparación	**5.000,00**
Mantenimiento de camino principal	**5.000,00**
TOTAL GENERAL	**303.045,02**

Inversiones en capital de operaciones de arranque

El capital de operaciones requerido para esta iniciativa asciende a 303.045,02 BOB por año, tomando en cuenta la dinámica de comercialización del producto (madera aserrada), se determina que la rotación del capital de operaciones sea de 6 veces, esto indica que se requiere un capital de operaciones inicial de 50.507,50 BOB (Tabla 70).

Tabla 70. Estimación de capital de operaciones. Expresado en bolivianos.

Total Capital de Operaciones Requerido	**303.045,02**
Rotación de Capital de Operaciones en el Año	6
Capital de Operaciones por año	**50.507,50**

Proyección de ingresos

Los ingresos proyectados están determinados por una capacidad de producción de 117.859 pie tablares de madera aserrada por zafra, la modalidad de venta es el producto entregado en patio de acopio intermedio, cuyo precio ponderado para el respectivo análisis es de 3,84 bs/pie tablar.

Tabla 71. Ingresos proyectados por año. Expresado en bolivianos.

Concepto	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
Ingresos por Ventas	452.577	452.577	452.577	452.577	452.577
Total Ingresos Anuales	**452.577**	**452.577**	**452.577**	**452.577**	**452.577**

Proyección de Costos y Gastos

Los costos y gastos proyectados se enmarcan en 4 categorías: mano de obra directa (46,24%), insumos y materiales (46%), depreciación (4,59%) y gastos indirectos (3,14%) (Tabla 72).

Tabla 72. Detalle del capital de trabajo anual. Expresado en bolivianos.

Concepto - Costos por cada ZAFRA	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
1. Mano de Obra Directa	146.880	146.880	146.880	146.880	146.880
2. Gastos indirectos	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000
3. Insumos y Materiales	146.165	146.165	146.165	146.165	146.165
4. Depreciación	14.600	14.600	14.600	14.600	14.600
Total	**317.645**	**317.645**	**317.645**	**317.645**	**317.645**

Estado de pérdidas y ganancias proyectadas

El estado de resultados de la iniciativa muestra que a partir del primer año la actividad es rentable, con una utilidad bruta de 134.933 BOB, la cual se mantiene constante en los 5 años proyectados en el presente análisis. El costo de depreciación asciende a 14.600 BOB (Tabla 73).

Tabla 73. Estado de resultados proyectado. Expresado en bolivianos.

Detalle (resultados por Año)	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Ingresos	452.577	452.577	452.577	452.577	452.577
Ingreso Neto	452.577	452.577	452.577	452.577	452.577
Costos	317.645	317.645	317.645	317.645	317.645
Utilidad Bruta	134.933	134.933	134.933	134.933	134.933
Utilidad Neta Gestión	**134.933**	**134.933**	**134.933**	**134.933**	**134.933**
Depreciación	14.600	14.600	14.600	14.600	14.600
Utilidad Neta Acumulada	**134.933**	**269.865**	**404.798**	**539.731**	**674.663**

Capital de Inversión y fuente de financiamiento

La inversión total requerida para los 5 años proyectados, asciende a 123.505,50 BOB, lo cual incluye el aporte comunal en la reformulación de su PGMF, maquinaria y equipos, y el capital de operaciones de arranque, que es necesario para implementar la actividad.

La inversión en activos fijos en el año inicial es de Bs. 70.078.- de los cuales, para el presente análisis, se entiende que el 100% entra como aporte propio sin necesidad de financiamiento (Tabla 74).

Tabla 74. Capital de Inversión. Expresado en bolivianos.

Detalle	Inversión Total	Año 0		Inversión Proyecto
		Aporte Propio	Financiamiento	
Activo Fijo	**123.505,50**	**123.505,50**	**0,00**	**123.505,50**
1. Reformulación Plan de Manejo Forestal (PGMF)	2.920,00	2.920,00	0,00	
3. Maquinaria y Equipo	70.078,00	70.078,00	0,00	
5. Capital de Operaciones	50.507,50	50.507,50	0,00	
Total	**123.505,50**	**123.505,50**	**0,00**	**123.505,50**
Porcentaje de financiamiento		**100,00%**	**0,00%**	

Flujo de caja neto

En base a los ingresos proyectados y los costos operacionales de la iniciativa, el flujo de caja proyectado es positivo en cada año. Los ingresos y costos son constantes debido a que el análisis se realiza tomando como referencia la capacidad productiva de los equipos y maquinarias (90% de su capacidad) (Tabla 75).

Tabla 75. Proyección de flujo de caja. Expresado en bolivianos.

Detalle (resultados por Año)	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Ingresos	452.577	452.577	452.577	452.577	452.577
Ingreso Neto	452.577	452.577	452.577	452.577	452.577
Costos	317.645	317.645	317.645	317.645	317.645
Utilidad Bruta	134.933	134.933	134.933	134.933	134.933
Utilidad Neta Gestión	**134.933**	**134.933**	**134.933**	**134.933**	**134.933**
Depreciación	14.600	14.600	14.600	14.600	14.600
FLUJO DE CAJA OPERATIVO	**149.532**	**149.532**	**149.532**	**149.532**	**149.532**
Utilidad Neta Acumulada	**134.933**	**269.865**	**404.798**	**539.731**	**674.663**

Evaluación de rentabilidad

Para evaluar la factibilidad de la iniciativa se aplica al flujo de caja de efectivo neto, los métodos indicadores de evaluación financiera son el Valor Actual Neto (VAN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR). La tasa de descuento utilizada para el cálculo del VAN es del 12,83%. Los resultados indican que la iniciativa bajo las condiciones supuestas es rentable. El VAN para un periodo de 5 años muestra un valor de 404.623 BOB, el mismo al ser mayor a cero demuestra que la iniciativa es rentable desde un punto de vista privado. En relación al TIR, tenemos un valor de 118,623% (mayor a la tasa de descuento 12,835%) que respalda los resultados del VAN.

Los resultados del Análisis Costo Beneficio (C/B >1), indican que la iniciativa es rentable.

Tabla 76. Evaluación de rentabilidad.

TIR	**118,62%**
VAN	**404.623**
B/C	**4,28**

4.7.3. Aserrío con motosierra sin acople "a pulso"

El análisis para el uso de motosierra sin acople, se realizó tomando en cuenta la capacidad de aserrío calculada en las pruebas pilotos (339 pt/día), el rendimiento, tiempo de zafra, cantidad de equipos de trabajo requeridos y supuestos de producción. Esta información permite determinar la capacidad de producción por zafra para este tipo de iniciativa e identificar las inversiones y costos necesarios (Tabla 77).

Tabla 77. Condiciones supuestas para la evaluación general de factibilidad económica.

Detalle	Unidad	Datos
Capacidad de aserrío por semana	M^3/semana	14,42
Capacidad de aserrío al mes	M^3/mes	57,59
Temporalidad de zafra	Meses	6
Rendimiento (%)	%	41,11
Superficie de producción	Ha	75
Capacidad de producción zafra	Pie tablar	138.023
Equipos de trabajo	Equipo	3

Inversiones en activos fijos

Los elementos requeridos como inversión en activos fijos son aquellos empleados en el tumbado, aserrío y acopio del producto. La inversión asciende a 63.178 BOB (Tabla 78).

Tabla 78. Detalle de inversión en activos fijos. Expresado en bolivianos.

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	MARCA	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL Bs.
1	Motosierra STIHL MS 661	pieza	4	STIHL	7082	28.328
2	Moto chata	pieza	2	Puma (China)	17425	34.850
					TOTAL Bs.	**63.178**

Inversiones en capital de trabajo

Las inversiones en capital de trabajo necesario para operativizar las actividades, indican mayor gasto en el ítem de material directo, que contemplan los gastos de alimentación, insumos, instalación de campamento. Los gastos administrativos de trámites ante ABT (POAF, IAPOAF, CFO y otros) se calcularon en relación al volumen y superficie a aprovechar (Tabla 79).

Tabla 79. Gastos operativos por zafra.

CUENTAS	FLUJO DE CAJA PROYECTADO POR AÑO
MANO DE OBRA DIRECTA REQUERIDA	**146.880,00**
Mano de Obra Directa	**146.880,00**
MATERIAL DIRECTO	**151.838,45**
Instalación de campamento	**6.100,00**
Alimentación (víveres)	**38.000,00**
Herramientas menores	**31.493,23**
Insumos (gasolina, lubricantes)	**44.913,22**
Transporte apoyo logístico	**7.200,00**
Patente	**523,00**
Costo de Elaboración del POAF	**7.841,00**
Elaboración de IPOAF y seguimiento (Solicitud de CFO, informes, otros)	**15.768,00**
GASTOS INDIRECTOS	**9.100,00**
Mantenimiento y reparación	**4.100,00**
Mantenimiento de camino principal	**5.000,00**
TOTAL GENERAL	**307.818,45**

Inversiones en capital de operaciones de arranque

El capital de operaciones requerido para esta iniciativa asciende a 307.818,45 BOB por año, tomando en cuenta la dinámica de comercialización del producto (madera aserrada), se determina que la rotación del capital de operaciones sea de 6 veces, esto indica que se requiere un capital de operaciones inicial de 51.303,08 BOB (Tabla 80).

Tabla 80. Estimación de capital de operaciones, expresado en bolivianos.

Total Capital de Operaciones Requerido	**307.818,45**
Rotación de Capital de Operaciones en el Año	6
Capital de Operaciones por año	**51.303,08**

Proyección de ingresos

Los ingresos proyectados están determinados por una capacidad de producción de 138.023 pie tablares de madera aserrada por zafra, la modalidad de venta es el producto entregado en patio de acopio intermedio, cuyo precio de comercialización ponderado para este análisis es de 3,84 bs/ pie tablar (Tabla 81).

Tabla 81. Ingresos proyectados por año, expresado en BOB.

Concepto	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
Ingresos por Ventas	530.009	530.009	530.009	530.009	530.009
Total Ingresos Anuales	**530.009**	**530.009**	**530.009**	**530.009**	**530.009**

Proyección de Costos y Gastos

Los costos y gastos proyectados se enmarcan en 4 categorías: Mano de obra directa (45,75%), insumos y materiales (47,29%), depreciación (4,11%) y gastos indirectos (2,83%) (Tabla 82).

Tabla 82. Detalle de Capital de Trabajo anual. Expresado en bolivianos.

Concepto - Costos por cada ZAFRA	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
1. Mano de Obra Directa	146.880	146.880	146.880	146.880	146.880
2. Gastos indirectos	9.100	9.100	9.100	9.100	9.100
3. Insumos y Materiales	151.838	151.838	151.838	151.838	151.838
4. Depreciación	13.220	13.220	13.220	13.220	13.220
Total	321.038	321.038	321.038	321.038	321.038

Estado de pérdidas y ganancias proyectadas

El estado de resultados de la iniciativa muestra que a partir del primer año la actividad es rentable, con una utilidad bruta de 208.971 BOB, la cual se mantiene constante en los 5 años proyectados para el presente análisis. El costo de depreciación asciende a 13.220 BOB (Tabla 83).

Tabla 83. Estado de resultados proyectado. Expresado en bolivianos.

Detalle (resultados por año)	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Ingresos	530.009	530.009	530.009	530.009	530.009
Ingreso Neto	530.009	530.009	530.009	530.009	530.009
Costos	321.038	321.038	321.038	321.038	321.038
Utilidad Bruta	208.971	208.971	208.971	208.971	208.971
Utilidad Neta Gestión	**208.971**	**208.971**	**208.971**	**208.971**	**208.971**
Depreciación	13.220	13.220	13.220	13.220	13.220
Utilidad Neta Acumulada	**208.971**	**417.943**	**626.914**	**835.885**	**1.044.857**

Capital de Inversión y fuente de financiamiento

La inversión requerida para los 5 años proyectados, asciende a 117.401,08 BOB, lo cual incluye el aporte comunal en la reformulación de su PGMF, maquinaria y equipos, y el capital de operaciones de arranque necesario para operativizar la actividad. La inversión en activos fijos en el año inicial es de 63.178 BOB. - de los cuales y para el presente análisis, se entiende que el 100% entra como aporte propio sin necesidad de financiamiento (Tabla 84).

Tabla 84. Capital de Inversión. Expresado en bolivianos.

Detalle	Inversión Total	Año 0		Inversión Proyecto
		Aporte Propio	Financiamiento	
Activo Fijo	**117.401,08**	**117.401,08**	**0,00**	**117.401,08**
1. Reformulación Plan de Manejo Forestal (PGMF)	2.920,00	2.920,00	0,00	
2. Maquinaria y Equipo	63.178,00	63.178,00	0,00	
3. Capital de Operaciones	51.303,08	51.303,08	0,00	
Total	**117.401,08**	**117.401,08**	**0,00**	**117.401,08**
Porcentaje de financiamiento		**100,00%**	**0,00%**	

Flujo de caja neto

En base a los ingresos proyectados y los costos operacionales de la iniciativa, el flujo de caja proyectado es positivo en cada año. Los ingresos y costos son constantes debido a que el análisis se realiza tomando como referencia el 90% de la capacidad de producción de la inversión en maquinaria y equipo, esto se debe a que bajo este esquema de manejo la capacidad de producción de la maquinaria está estrechamente relacionada con la empleabilidad de mano de obra (Tabla 85).

Tabla 85. Proyección de flujo de caja. Expresado en bolivianos

Detalle (resultados por Año)	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Ingresos	530.009	530.009	530.009	530.009	530.009
Ingreso Neto	530.009	530.009	530.009	530.009	530.009
Costos	321.038	321.038	321.038	321.038	321.038
Utilidad Bruta	208.971	208.971	208.971	208.971	208.971
Utilidad Neta Gestión	**208.971**	**208.971**	**208.971**	**208.971**	**208.971**
Depreciación	13.220	13.220	13.220	13.220	13.220
FLUJO DE CAJA OPERATIVO	**222.191**	**222.191**	**222.191**	**222.191**	**222.191**
Utilidad Neta Acumulada	**208.971**	**417.943**	**626.914**	**835.885**	**1.044.857**

Evaluación de rentabilidad

La evaluación financiera se aplica al flujo de caja de efectivo neto, los métodos indicadores de evaluación financiera son el Valor Actual Neto (VAN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR). La tasa de descuento utilizada para el cálculo del VAN es del 12,83%.

Los resultados indican que la iniciativa bajo las condiciones supuestas es rentable. El VAN para un periodo de 5 años muestra un valor de 667.348 BOB, el mismo al ser mayor a cero demuestra que la iniciativa es rentable desde un punto de vista privado. En relación al TIR, el análisis muestra un valor de 188,31% (mayor a la tasa de descuento 12,835%) que respalda los resultados del VAN (Tabla 86).

Los resultados del Análisis Costo Beneficio (C/B >1), indican que la iniciativa es rentable.

Tabla 86. Evaluación de rentabilidad

TIR	**188,31%**
VAN	**667.348**
B/C	**6,68**

4.8. Análisis financiero comparativo de las tres tecnologías implementadas

Se tomó en cuenta la capacidad de producción y rendimiento de cada tecnología implementada. La temporalidad de la zafra y número de equipos de trabajo fue el mismo para cada análisis. Sobre estas condiciones, el aserrío móvil sin acoples "a pulso" tiene una mayor capacidad de producción, pero menor rendimiento en madera aserrada. El mayor rendimiento se obtiene con el acople Logosol (Tabla 87).

Tabla 87. Condiciones supuestas para la evaluación de factibilidad económica.

Detalle	UNIDAD	LOGOSOL	MARCO GUÍA	SIN ACOPLE
Capacidad de aserrío por semana	M^3/semana	11,59	11,72	14,42
Capacidad de aserrío al mes	M^3/mes	46,38	46,89	57,59
Temporalidad de zafra	Meses	6	6	6
Rendimiento (%)	%	45,00	43,88	41,11
Superficie de producción	Ha	56	60	75
Capacidad de producción zafra	Pie tablar	113.816	117,859	138.023

Los costos operativos están determinados por la capacidad de producción estimada por zafra. El análisis contempla la misma cantidad de equipos y contratación de mano de obra para las tres tecnologías (Tabla 88).

Tabla 88. Costos operativos por zafra – por tecnología implementada- Expresado en bolivianos.

Concepto - Costos por cada ZAFRA	LOGOSOL	MARCO GUÍA	SIN ACOPLE
1. Mano de Obra Directa	146.880	146.880	146.880
2. Gastos indirectos	12.250	10.000	9.100
3. Insumos y Materiales	136.184	146.165	151.838
4. Depreciación	25.820	14.600	13.220
Total	**321.130**	**317.645**	**321.038**

En relación a la inversión, la tecnología con mayor inversión es el acople Logosol, debido a la adquisición de maquinarias y equipos, seguido por acople Marco Guía y aserrío con motosierra sin acople.

Tabla 89. Inversión requerida por tecnología implementada. Expresado en bolivianos.

Detalle	Inversión Total (año 0)		
	LOGOSOL	MARCO GUÍA	SIN ACOPLE
Activo Fijo	**178.317,06**	**123.050,50**	**117.401,08**
1. Reformulación Plan de Manejo Forestal (PGMF)	2.920,00	2.929,00	2920,00
2. Maquinaria y Equipo	126.178,00	70.078,00	63.178,00
3. Capital de Operaciones	49.219,06	50.507,50	51.303,08
Total	**178.317,06**	**123.505,50**	**117.401,08**

Los ingresos están condicionados por la capacidad de producción por zafra, en este sentido el aserrío con motosierra sin acople representa mayores ingresos por zafra (Tabla 90).

Tabla 90. Ingresos proyectados por zafra. Expresado en bolivianos.

Concepto	Capacidad de Producción Pt/zafra	Ingresos BOB/zafra
LOGOSOL	113.816	437.055
MARCO GUIA	117.859	452.577
SIN ACOPLE	138.023	530.009

La evaluación financiera indica que, bajo las condiciones supuestas, las tres tecnologías son rentables, presentan un VAN positivo y una relación Beneficio/Costo superior a 1. Aquí se observa que la relación Beneficio/Costo va duplicando gradualmente de tecnología en tecnología de una inversión inicial de 1 BOB a 2,81 BOB (Logosol), 4,24 BOB (Marco Guía) y 6,68 BOB (Convencional) (Tabla 91).

Tabla 91. Evaluación de rentabilidad de las tecnologías implementadas.

Detalle	LOGOSOL	MARCO GUIA	SIN ACOPLE
TIR	74,59%	118,62%	188,31%
VAN	322.291	404.623	667.348
B/C	2,81	4,28	6,68

Comparando el ingreso neto de las tres tecnologías analizadas en este estudio con el ingreso neto por la venta de árbol en pie se observa mayores ingresos mediante el aserrío móvil usando las tres tecnologías. Los ingresos netos para las tres tecnologías supera al ingreso neto de 105 Bs/m^3 por la venta de árbol en pie en un 86% (195 Bs/m^3) usando el acople Logosol, 100% (211 Bs/m^3) usando el acople Marco Guía y mediante el aserrío convencional o a pulso aumenta en un 150% (264 Bs/m^3) (Tabla 92).

Se ha considerado el ingreso de 105 Bs/m^3 por la venta de árbol en pie en base a formas de negocios y acuerdos formales-informales que existen entre comprador y comunario[23]. La utilidad neta del aserrío móvil promediando los valores de las tres tecnologías es 33$/m^3 mientras que las utilidades por la venta de árbol en pie es solamente 15$/m^3 (Tabla 93).

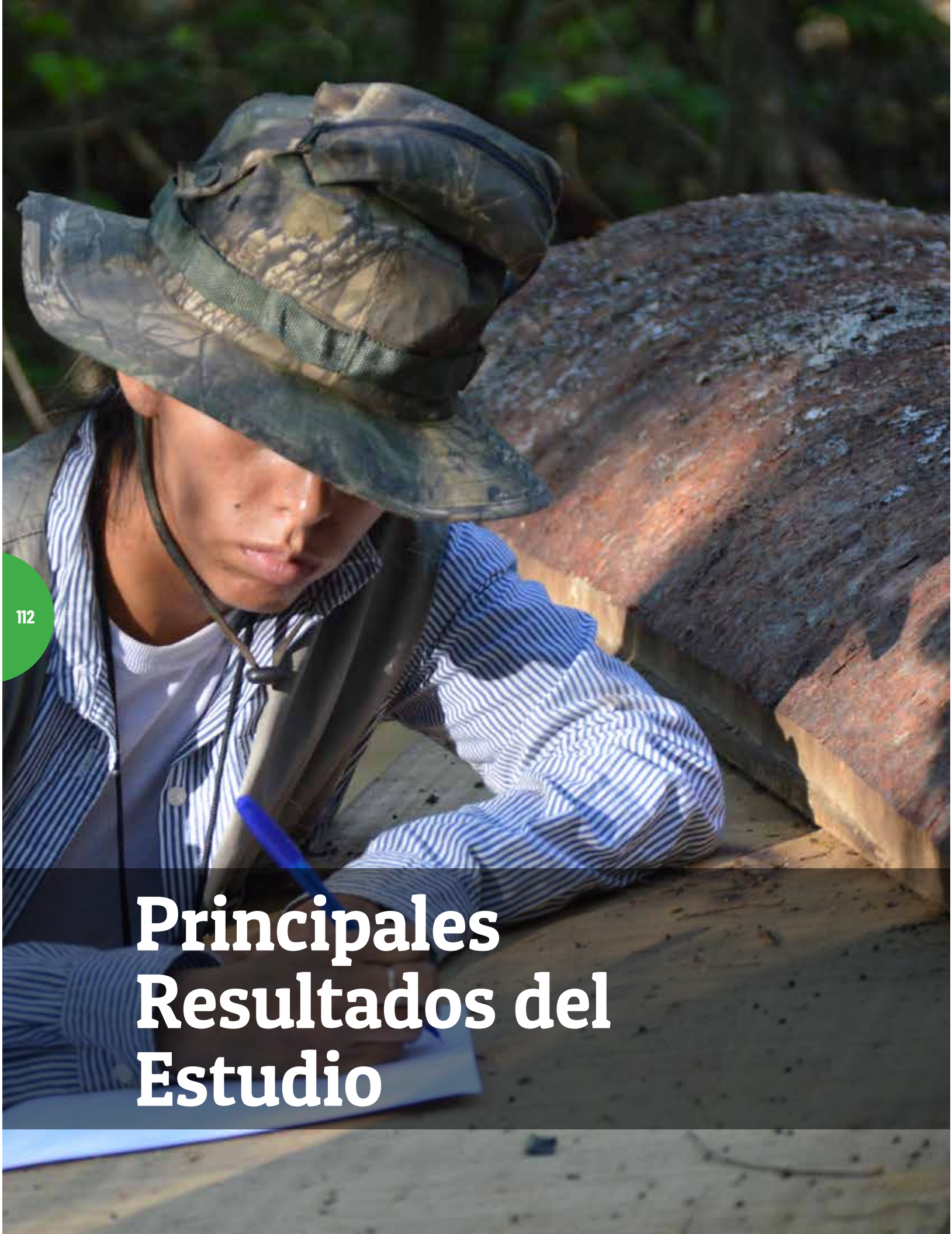
Tabla 92. Análisis de ingreso neto por tecnología vs venta árbol en pie. Expresado en Bolivianos.

Tecnología	Rend. Pt	Ingreso Bs/m^3	Costos operativos	Vol. Proyectado m^3 rola	Costo Bs/m^3	Ingreso Neto (ingreso-costo) Bs/m^3	Ingreso por venta árbol en pie Bs/m^3
LOGOSOL	191,648	736	321134	594	541	195	105
MARCO GUIA	185,712	713	317645	633	502	211	105
SIN ACOPLE	174,3064	669	321038	792	405	264	105
PROMEDIO	**183,8888**	**706**	**319939**	**673**	**475**	**231**	**105**

Tabla 93. Utilidad neta promedio en aserrío móvil vs venta árbol en pie.

Modalidad de Venta	Utilidad Neta (ingreso-costo) Bs/m^3	Utilidad Neta (ingreso-costo) U/m^3
Madera aserrada (aserrío móvil)	231	33
Árbol en pie	105	15

23 El IBIF ha elaborado un documento de Línea Base que se encuentra en revisión final sobre los esquemas de manejo forestal en el área de estudio, donde se detalla y describe estas formas de negocios y acuerdos entre compradores (intermediarios, empresarios etc) y comunarios o las OFC.
En estos acuerdos se fija el monto de 105 BS/m3 como precio punta independiente de la especie.



Principales Resultados del Estudio

PRINCIPALES RESULTADOS DEL ESTUDIO

Factibilidad técnica del aserrío móvil y transporte de madera

- Se analizaron 135 muestras de 5 especies comerciales típicas de la Chiquitanía como "Cuchi" *Astronium urundeuva* y "Tajibo Amarillo" *Tabebuia serratifolia* (madera dura) y "Tarara Colorada" *Platymiscium fragans*, "Tarara Amarilla" *Centrolobium microchaete* y "Roble" *Amburana cearensis*.
- El número total de muestras corresponde a 47,68 m^3 de volumen empleado de madera en troza que resultó en 8798 pies tablares de volumen aserrado.
- El rendimiento promedio del aserrío móvil con acoples portables Marco Guía y Logosol y sin acoples o "a pulso" es 43,53%.
- Los rendimientos por tecnología analizada muestran que el aserrío con acople Logosol obtuvo el mayor rendimiento (45,20 %), seguido por el aserrío con acople Marco Guía (43,88 %) y el aserrío con motosierra sin acople con 41,11 %.
- El análisis de rendimientos por tecnología vs tipología de madera (dura y semi dura), muestra mayores rendimientos del aserrío con motosierra sin acople para madera dura (43,9%) mientras que el aserrío con acople Logosol muestra mayores rendimientos para madera semidura con un valor de 46,94%.
- El análisis de Tiempos y Movimientos (T&M) indica que el aserrío móvil con acoples portables es mayor en tiempos productivos y no productivos en función del volumen aserrado. Con acople Logosol se requiere un tiempo de 6,38 horas para cada metro cúbico de madera en tronca, seguido por acople Marco Guía con 6,05 horas, mientras que el aserrío con motosierra sin acople requiere de 4,63 horas por metro cúbico.
- Con rendimientos de 45,20% (Logosol) y 43,38% (Marco Guía) se proyecta una capacidad de producción de 267 pt por día de trabajo. Para el aserrío con solo motosierra sin acople y considerando un rendimiento de 41.11% la capacidad de producción es de 343 pt por día trabajado.
- La comparación de los resultados de rendimientos de aserrío de este estudio con los rendimientos obtenidos usando otras tecnologías como aserraderos portátiles WoodMizer, Lucas Mill y estacionarios industriales, muestran valores de rendimientos similares, incluso supera en promedio a los obtenidos por el WoodMizer.
- Las limitaciones encontradas en el uso de acoples portables están relacionadas al largo obtenido en la madera, en el caso específico del acople Logosol, el carril de deslizamiento para la motosierra usando en este estudio solo permite obtener piezas de hasta 2,7 metros de largo. Es necesario adaptar el carril hasta 4 o 5 metros con un material liviano y resistente, que permita obtener piezas más largas. El acople Marco Guía es fácilmente adaptable de acuerdo al largo que se desea obtener, pero requiere un accesorio adicional como por ejemplo una escalera o una plancha plana para hacer los primeros 4 destapes.

- Se realizaron un total de 343 repeticiones o viajes para las pruebas piloto de evaluación de factibilidad técnica de transporte, de los cuales 66 corresponde a transporte con motorizado, 84 con tracción animal y 193 con tracción humana o pulso.
- Para el transporte de 1 metro cúbico de madera aserrada se necesita: 1,63 horas/m^3 (motorizado), 2,66 horas/m^3(tracción animal) y 10,18 horas/m^3(tracción humana o pulso).
- Los resultados indican que la capacidad de transporte está condicionada por la topografía del lugar y medidas de las piezas de madera. El transporte motorizado presenta mayor capacidad de carga (165 Kg por viaje), seguido por tracción animal (62 Kg por viaje) y finalmente la tracción humana o pulso (40 kg por viaje).

Aspectos financieros

- El enfoque realizado muestra un potencial financiero del aserrío móvil usando motosierra con acoples portables y aserrío tradicional con motosierra sin acople por pequeños productores forestales en la Chiquitanía.
- La utilidad del aserrío móvil promediando los valores de las tres tecnologías es 33$/$m^3$, que es el doble de utilidad si se compara con la venta de árbol en pie (15$/$m^3$)
- Los ingresos analizados por cada tecnología estudiada supera al ingreso neto de 15$/m3 por la venta de árbol en pie en un 86% (28$/$m^3$) usando el acople Logosol, 100% (30$/$m^3$) usando el acople Marco Guía y mediante el aserrío con motosierra sin acople aumenta en un 150% (38$/$m^3$).
- Los datos sugieren que la tecnología que requiere una inversión moderada, permite obtener un producto de calidad y representa ingresos económicos atractivos es la motosierra con acople portable Marco Guía.
- Con una inversión levemente mayor el aserrío con acople Logosol puede generar ingresos más atractivos ya que este equipo tiene más funciones en cuanto al tamaño de tablas aserradas, diámetros de los troncos y multifuncionalidad operativa de la tecnología.
- Considerando la capacidad de producción, rendimientos (especialmente en maderas duras) y las realidades y capacidades de los productores locales el aserrío con motosierra sin el uso de acople portable es el más atractivo financieramente.

Conclusiones

CONCLUSIONES

- En base a la evidencia técnica-financiera, el consorcio de investigación IBIF-Universidad de Friburgo, CANAVALIA y Hiller S.A. recomienda el aserrío móvil como un esquema de manejo forestal factible para aprovechar los recursos forestales por pequeños usuarios en Bolivia que manejan sus bosques a baja escala, poco capital de inversión y con baja inversión tecnológica. Este esquema de manejo forestal tiene potencial para contribuir con el volumen proyectado en el plan nacional de reactivación del sector forestal.

- En las pruebas de campo se han observado que la calidad y precisión de los productos obtenidos mediante el aserrío con acoples portables Logosol y Marco Guía es mejor que mediante el uso de motosierra sin acople. En base a esta observación cualitativa, se asume que el uso de acoples portables para el aserrío móvil podría dar un valor económico adicional a los productos obtenidos. Esto es una ventaja para el productor local y permite mejorar las condiciones de negociación y podría aumentar el valor comercial de la madera aserrada tanto *in situ*, área de acopio o en destino final.

- Considerando el gran volumen de madera residual que se deja en áreas productivas luego del aprovechamiento mecanizado, el aserrío móvil puede constituirse una alternativa viable para recuperar y transformar la madera remanente en el bosque. Su práctica sería una evidencia concreta del uso integral de bosques, que es promulgado y altamente requerido en normativas ambientales y forestales en el país.

- Aunque los datos del estudio muestran rendimientos levemente menores, el aserrío móvil sin acople o "a pulso", es con mucho, la opción más atractiva para pequeños productores forestales locales en la Chiquitanía. Es de fácil operación, flexible y los operadores locales ya tienen las habilidades necesarias para realizarlo. Considerando los costos de transacción relacionados con la aplicación y control de equipos adicionales, es mejor invertir en optimizar el uso de motosierra (capacitación, buenos equipos, mantenimiento), que requerir nuevas personas que utilicen equipos o accesorios adicionales.

- Comparaciones de rendimientos de las diferentes tecnologías de este estudio (y también con el uso de otras tecnologías de aserrío) superan y desafían el planteamiento de la ABT del coeficiente de aserrío de 40 % en la transformación de madera en troza a madera aserrada. Esto sugiere una incompatibilidad entre la normativa vigente y los rendimientos reales con diferentes tecnologías, por lo que un ajuste metodológico para armonizar rendimientos reales en función de la diversidad de tecnología es altamente necesario.

- El transporte de madera aserrada con tecnologías ya adaptadas localmente se adapta a un acopio intermedio del producto, zonas con topografías regulares y vías de acceso estables. Con el objetivo de ampliar la información, es necesario indagar en otras tecnologías de bajo insumo que permitan el transporte de mayor volumen de madera y de medidas de largo mayor a 3 metros. Sin embargo, los resultados del estudio sugieren diversas ventajas y desventajas. Los datos obtenidos pueden ser utilizados para determinar la tecnología apropiada para transportar madera en función a cada situación y contexto local.

- Se recomienda estudios complementarios que integren los principales resultados y apunten hacia la consolidación de este esquema de manejo forestal. Por ejemplo, es necesario un estudio de mercado de la madera regional, local y nacional, un análisis profundo de gobernanza local para delinear un sistema social de monitoreo y control del aserrío móvil y un estudio del impacto ambiental comparando diferentes tecnologías de aprovechamiento e intensidades.

- La información de factibilidad técnica y la aproximación financiera generada en este estudio debe ser la base de discusión para actualizar y delinear una nueva normativa nacional que permita acceder y aprovechar los recursos maderables mediante aserrío móvil

Referencias

ABT, 2009. Instructivo N.- 005/2009. Definición de forma transitoria el rendimiento industrial del 40% por parte de los aserraderos

ABT, 2012. Resolución Administrativa N° 302/2012. Resolución para la aprobación de la directriz N.- 006/2012 "Normas de Promoción y Acceso a los Recursos del Bosque por parte de las Comunidades Campesinas"

ABT, 2014. Resolución Administrativa N.-148/2014. Resolución para la aprobación de la directriz N.- 004/2014 "Normas de Promoción y Acceso a los Recursos del Bosque por parte de las Comunidades Indígenas Amazónicas del Departamento de Pando"

ABT, 2017 A. Instructivo N.- 005/2017. Aprovechamiento integral de subproductos provenientes de bosques mano manejo forestal.

ABT,2017 B. Resolución N.- 166/2017. Resolución para la aprobación de la Directriz N.- 003/2017 "Directriz para la autorización de volúmenes en cantidades menores para los usuarios del bosque del departamento de Pando".

ABT, 2017 C. Informe anual y base de datos de gestión 2017.

ABT, 2019. Informe anual de gestión 2019.

AFIN, 2018 (reporte técnico no publicado). Aserrío de la madera con uso de la tecnología de motoaserradero – Caso de la comunidad indígena Santa Mónica. Bosques del Mundo y NFC

Benneker, C. 2010. The development of small-scale logging in Bolivia. En: wit, marieke and Jinke van Dam (eds.). Chainsaw milling: supplier to local markets. Tropenbos International, Wageningen, The Netherlands. xxii + 226 pp.

Brotto, L. 2010. The impact of REDD+ projects on chainsaw milling in Peru. En: wit, marieke and Jinke van Dam (eds.). Chainsaw milling: supplier to local markets. Tropenbos International, Wageningen, The Netherlands. xxii + 226 pp.

Chávez, A & Guillén, A. 1997. Estudio de rendimiento, tiempos y movimientos en el aserrío. Documento Técnico, BOLFOR, Santa Cruz, Bolivia.

Chuvirú, F. 2010. Rendimiento en aserrado de cuatro especies forestales empleando un aserradero portátil Wood-Mizer LT 40 en la TCO de Lomerío, Santa Cruz, Bolivia. Tesis de Grado. Universidad Gabriel Rene Moreno. Santa Cruz, Bolivia

De Jong, W. *et al*. 2014. The legally allowable versus the informally practicable in Bolivia's domestic timber markets. Forest Policy and Economics 48: 46-54. DOI:10.1016/j.forpol.2014.07.001.

Diaz, F & S, Gatter. 2004. Estudio comparativo del desperdicio y costo de cepillado de la madera aserrada a pulso vs aserrada con marco guía, de la especie *Dacryodes peruviana* (copal). Programa Sur, USAID, GTZ, Ecuador.

Eckelman, C.M; Gallion, A; Simon, A; Mahabir, H; Proper,A & A, Morgan. 2010. Chainsaw milling in the Caribbean. En: wit, Marieke and Jinke van Dam (eds.). Chainsaw milling: supplier to local markets. Tropenbos International, Wageningen, The Netherlands. xxii + 226 pp.

GIZ GmbH *Ed* 2015. Gestión de la Cooperación en la Práctica. Diseñar Cambios Sociales con Capacity WORKS. Deutsche Gesellschaft fue Internationale Zusamenarbeit. Springer Gabler. Eschborn.

MDS Y MA, 1996. Decreto Supremo DS 24453 Reglamento General de la Ley Forestal 1700.

MMAyA, 2020. Decreto Supremo DS 4359 Modificación del Artículo 75 del Decreto Supremo Nº 24453, de 21 de diciembre de 1996, Reglamento General de la Ley Forestal.

Mancilla & Guzmán, 2010. Chainsaw milling in natural tropical forests: a case study in Bolivia. En: wit, Marieke and Jinke van Dam (eds.). Chainsaw milling: supplier to local markets. Tropenbos International, Wageningen, The Netherlands. xxii + 226 pp.

Marshal & Kerret, 2010. The chainsaw milling subsector in Guyana. En: wit, Marieke and Jinke van Dam (eds.). Chainsaw milling: supplier to local markets. Tropenbos International, Wageningen, The Netherlands. xxii + 226 pp.

Mendes, Andrew & Nick Pasiecznik. 2015. From cutting to order to cutting for value. A handbook for chainsaw millers. Tropenbos International, Wageningen, the Netherlands, and the Forestry Training Centre Inc., Georgetown, Guyana.

Montero, JC. 2019. Mejorar las condiciones técnicas para la elaboración de una normativa por partes de las autoridades competentes que permita mejorar el acceso al recurso forestal por las comunidades indígenas y campesinas. Informe técnico de consultoría. Instituto Boliviano de Investigación Forestal. Proyecto PROBOSQUE. GIZ. Santa Cruz, Bolivia

Pacheco, P., Ibarra, E., Cronkleton, P. & Amaral, P. 2008. Políticas públicas que afectan el manejo forestal comunitario. En: Sabogal, C., Pokorny, B., de Jong, W., Louman, B., Pacheco, P., Stoian, D. y Porro, N. (eds.) Manejo forestal comunitario en América Tropical: Experiencias, lecciones aprendidas y retos para el futuro, CIFOR, Bogor, Indonesia.

Pinell, P. 2016. Estudio de viabilidad financiera de aserrío de baja escala en comunidades forestales comunitarias con Planes Generales de Manejo Forestal" Estudio de consultoría elaborado para WWF Bolivia.

Pokorny, B., Godar, J., Hoch, L., Johnson, J., De Koning, J., Medina, G., Steinbrenner, R., Vos, V.,Weigelt, J. 2011. La producción familiar como alternativa de un desarrollo sostenible para la Amazonía: Lecciones aprendidas de iniciativas de uso forestal por productores familiares en la Amazonía boliviana, brasilera, ecuatoriana y peruana. CIFOR, Bogor. 178pp.

Pokorny, B., De Jong, W., Godar, J., Pacheco, P., Johnson, J. 2013. From large to small: reorienting rural development policies in response to climate change, food security and poverty. Forest Policy and Economics, 36: 52-59.

Quiroga, E (*en revisión*). Análisis de la implementación de los planes generales de manejo forestal indígenas, para determinar la necesidad de ajuste a la normativa y su importancia para el desarrollo forestal del País. Documento Técnico. Instituto Boliviano de Investigación Forestal (IBIF).

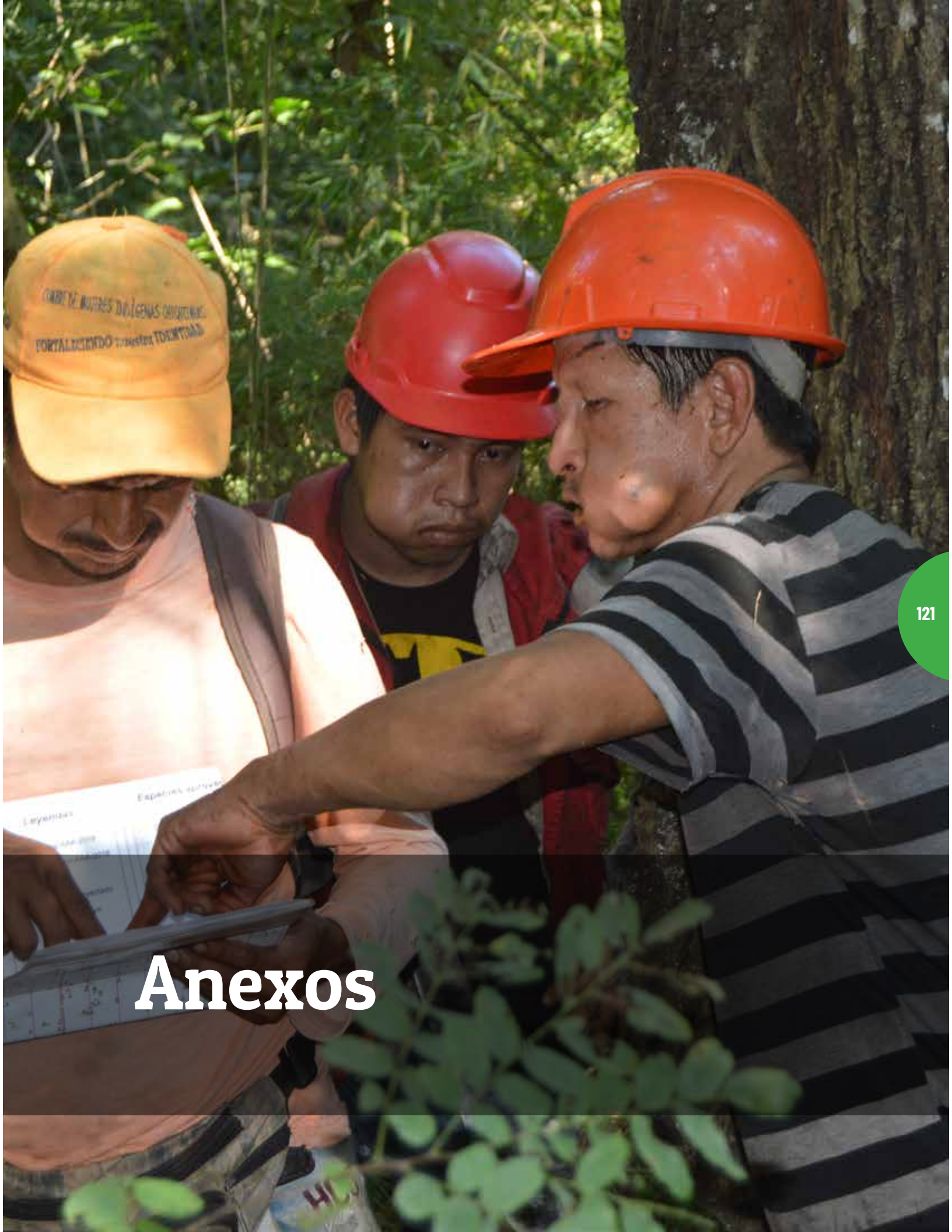
Quispe, WB. 2019. Rendimiento en aserrío con motosierra, aplicando el sistema de corte "Flitchs", para dos especies forestales de la amazonia: Gabu (*Virola flexuosa*) y Huasicucho (*Centrolobium ochroxylum*) en las comunidades Nuevo Porvenir y Villa Esperanza del municipio de Palos Blancos. Apthapi 5(2):1574-1585. Revista de la Carrera de Ingeniería Agronómica – UMSA

Sandoval, E. 2012. Rendimientos de aserrado de madera de especies tropicales de Bolivia. Documento Científico Nº 1-2012. Carrera de Ingeniería Forestal, UAGRM. Santa Cruz, Bolivia

Tambaré, JC. 2019. Estudio de rendimiento de aserrío con la utilización de un aserradero portátil en Santa Cruz de la Sierra, Bolivia. Tesis de Grado. Universidad Gabriel Rene Moreno. Santa Cruz, Bolivia

Tandazo, F. & S. Gatter. 2006. Aplicación del Programa de Aprovechamiento Forestal Sustentable en el Ecuador. SFA. Macas.

Tandazo, F (sin publicar). Comparación del aprovechamiento forestal artesanal y aprovechamiento mecanizado en la provincia Morona Santiago, Ecuador. Estudio de Caso: Uso forestal por pequeños productores en la Amazonía: En busca de evidencias empíricas para los grandes paradigma. Proyecto ForLive. Freiburg, Alemania.



Anexos

DECRETO SUPREMO N° 4359
JEANINE ÁÑEZ CHÁVEZ
PRESIDENTA CONSTITUCIONAL DEL ESTADO PLURINACIONAL DE BOLIVIA

CONSIDERANDO:

Que el Parágrafo I y II del Artículo 380 de la Constitución Política del Estado, determina que los recursos naturales renovables se aprovecharán de manera sustentable, respetando las características y el valor natural de cada ecosistema; y para garantizar el equilibrio ecológico, los suelos deberán utilizarse conforme con su capacidad de uso mayor en el marco del proceso de organización del uso y ocupación del espacio, considerando sus características biofísicas, socioeconómicas, culturales y político institucionales. La ley regulará su aplicación.

Que el Artículo 386 del Texto Constitucional, establece que los bosques naturales y los suelos forestales son de carácter estratégico para el desarrollo del pueblo boliviano. El Estado reconocerá derechos de aprovechamiento forestal a favor de comunidades y operadores particulares. Asimismo promoverá las actividades de conservación y aprovechamiento sustentable, la generación de valor agregado a sus productos, la rehabilitación y reforestación de áreas degradadas.

Que el Parágrafo I del Artículo 387 de la Constitución Política del Estado, dispone que el Estado deberá garantizar la conservación de los bosques naturales en las áreas de vocación forestal, su aprovechamiento sustentable, la conservación y recuperación de la flora, fauna y áreas degradadas.

Que el Parágrafo I del Artículo 406 del Texto Constitucional, señala que el Estado garantizará el desarrollo rural integral sustentable por medio de políticas, planes, programas y proyectos integrales de fomento a la producción agropecuaria, artesanal, forestal y al turismo, con el objetivo de obtener el mejor aprovechamiento, transformación, industrialización y comercialización de los recursos naturales renovables.

Que los incisos a) y d) del Artículo 2 de la Ley N° 1700, de 12 de julio de 1996, Forestal, disponen que son objetivos del desarrollo forestal sostenible, entre otros, promover el establecimiento de actividades forestales sostenibles y eficientes que contribuyan al cumplimiento de las metas del desarrollo socioeconómico de la nación; y facilitar a toda la población el acceso a los recursos forestales y a sus beneficios, en estricto cumplimiento de las prescripciones de protección y sostenibilidad.

Que el Artículo 75 del Decreto Supremo Nº 24453, de 21 de diciembre de 1996, Reglamento General de la Ley Forestal, señala que en ningún caso está permitido el uso de motosierras para el escuadrado y tableado con fines comerciales, bajo sanción de decomiso y multa conforme al citado reglamento.

Que el inciso t) del Artículo 95 del Decreto Supremo N° 29894, de 7 de febrero de 2009, Organización del Órgano Ejecutivo, incorporado por el Parágrafo I del Artículo 11 del Decreto Supremo Nº 0429, de 10 de febrero de 2010, establece entre las atribuciones de la Ministra(o) de Medio Ambiente y Agua, formular políticas de desarrollo, conservación y aprovechamiento forestal.

Que en ese contexto, es necesario mejorar el acceso de las comunidades al recurso forestal maderable, fortaleciendo la gestión comunitaria, permitiendo la implementación de tecnologías de bajo costo e impacto para el bosque.

EN CONSEJO DE MINISTROS,

DECRETA:

ARTÍCULO ÚNICO.- Se modifica el Artículo 75 del Decreto Supremo Nº 24453, de 21 de diciembre de 1996, Reglamento General de la Ley Forestal, con el siguiente texto:

" Artículo 75º.-

I. En ningún caso está permitido el uso de motosierras para el escuadrado y tableado con fines comerciales, bajo sanción de decomiso y multa conforme al presente reglamento.

II. Excepcionalmente en comunidades indígenas, campesinas, interculturales, afro bolivianas y la pequeña propiedad en todo el territorio nacional, se permite el uso de tecnologías de bajo costo y de bajo impacto, en procesos de transformación primaria, según reglamento específico y cuenten con Planes Generales de Manejo Forestal – PGMF, Planes de Gestión Integral de Bosques y Tierra – PGIBT y Planes de Manejo Integral de Bosques – PMIB, previamente aprobados y autorizados por la autoridad competente, de acuerdo a normativa vigente."

DISPOSICIONES TRANSITORIAS

DISPOSICIÓN TRANSITORIA ÚNICA.- El Ministerio de Medio Ambiente y Agua en coordinación con la Autoridad de Fiscalización y Control Social de Bosques y Tierra – ABT, elaborará la reglamentación específica a la presente modificación, en un plazo máximo de cuarenta y cinco (45) días calendario y será aprobada mediante Resolución Ministerial.

DISPOSICIONES FINALES

DISPOSICIÓN FINAL ÚNICA.- El presente Decreto Supremo entrará en vigencia una vez aprobada la reglamentación específica, establecida en la Disposición Transitoria Única del presente Decreto Supremo.

La señora Ministra de Estado en el Despacho de Medio Ambiente y Agua, queda encargada de la ejecución y cumplimiento del presente Decreto Supremo.

Es dado en la Casa Grande del Pueblo de la ciudad de La Paz, a los doce días del mes de octubre del año dos mil veinte.

FDO. JEANINE ÁÑEZ CHÁVEZ, Yerko M. Núñez Negrette, Karen Longaric Rodríguez, Arturo Carlos Murillo Prijic, Luis Fernando López Julio, Gonzalo Silvestre Quiroga Soria, Branko Goran Marinkovic Jovicevic, Víctor Hugo Zamora Castedo, Álvaro Rodrigo Guzmán Collao, Adhemar Guzman Ballivian, Iván Arias Durán, Jorge Fernando Oropeza Teran, Álvaro Eduardo Coímbra Cornejo, Álvaro Tejerina Olivera, María Eidy Roca de Sangüesa, María Elva Pinckert de Paz, Víctor Hugo Cárdenas Conde, Beatriz Eliane Capobianco Sandoval.

SUSCRIPCION OBLIGATORIA

DECRETO SUPREMO Nº 690

03 DE NOVIEMBRE DE 2010 .- Dispone la suscripción obligatoria, sin excepción alguna, de todas las entidades del sector público que conforman la estructura organizativa del Organo Ejecutivo, así como de entidades y empresas públicas que se encuentran bajo su dependencia o tuición, a la Gaceta Oficial de Bolivia, dependiente del Ministerio de la Presidencia, para la obtención física de Leyes, Decretos y Resoluciones Supremas.

Planillas Parametrizadas

Responsable de llenado:					
Fecha inicio:					
Fecha final:					
			Medio de transporte:		

VIAS - CARGUIO - TRANSPORTE																					
Tiempos (horas: minutos: segundos)																					
Tiempos Productivos												Tiempos no Productivos									
												Programadas				No Programadas					
Viaje	Especie	Volumen	Distancia (mt)	Planificación	Construcción de vías	Carguio despacho	Transporte	Descarguio y aplicado	Cubicación	Total Productivo	Total Productivo	M. Mo	M. Emo	Refrigerio	Subtotal	Rm.	Re.	Otros	Subtotal	Total no productivos

Referencias: M. Mo = Mantenimiento y revisión de medio de transporte
Otros = Imprevistos

Insumos:	Unidad:	Cantidad:
Gasolina:		
Aceite:		
Alimento animales:		
Agua:		

SIN ACOPLE

Responsable de llenado:			
Fecha:		Especie:	
Hora inicio:		Número placa:	
Hora final:		Código troza:	

Movimientos aserrío																					
Tiempos Productivos																					
Localización	Limpieza y Tumbado	Saneo y dimensionado	Medición	Acomodo tronca	Armado equipo móvil	1er destape	Acomodo	2do destape	Acomodo	3er destape	Acomodo	4to destape	Mensionado y Medio	1er ccorte	2do ccorte	3er ccorte	4to ccorte	Prep. patio int.	Apilado	Romaneo	Total productivo

Tiempos no Productivos									Total no productivos	Total tiempos productivo y
Programadas					No Programadas					
M. Mo	M. Emo				Rm.	Re.	Otros			

Insumos:	Litros
Gasolina:	
Aceite mezcla:	
Aceite cadena:	

Referencias: M. Mo = Mantenimiento Motosierra (afilado, carguío combustiblen y otros)
M. Emo = Manteniento equipo móvil
Rm. = Revisión motosierra
Re. = Revisión equipo móvil

LOGOSOL - MARCO - GUÍA

Responsable de llenado:			
Fecha:		Especie:	
Hora inicio:		Número placa:	
Hora final:		Código troza:	

Movimientos aserrío																					
Tiempos Productivos																					
Localización	Limpieza y Tumbado	Saneo y dimensionado	Medición	Acomodo tronca	Armado equipo móvil	1er destape	Acomodo	2do destape	Acomodo	3er destape	Acomodo	4to destape	Mensionado y Medio	1er ccorte	2do ccorte	3er ccorte	4to ccorte	Prep. patio int.	Apilado	Romaneo	Total productivo

Tiempos no Productivos									Total no productivos	Total tiempos productivo y
Programadas					No Programadas					
M. Mo	M. Emo				Rm.	Re.	Otros			

Insumos:	Litros
Gasolina:	
Aceite mezcla:	
Aceite cadena:	

Referencias: M. Mo = Mantenimiento Motosierra (afilado, carguío combustiblen y otros)
M. Emo = Manteniento equipo móvil
Rm. = Revisión motosierra
Re. = Revisión equipo móvil

El contexto actual del sector forestal en Bolivia trae nuevos desafíos y perspectivas para productores forestales indígenas, quienes en la actualidad son los propietarios de la mayoría de áreas en producción.

Conscientes de las necesidades y realidades locales e inspirados en las capacidades y técnicas de los productores forestales indígenas chiquitanos, esta obra presenta evidencias de la factibilidad del aserrío móvil como una alternativa de aprovechamiento forestal altamente promisoria en el país.

Asimismo, motivados por diversificar el acceso al recurso forestal y formas de manejo, y en estrecha colaboración con las autoridades pertinentes las evidencias encontradas son traducidas en un Decreto Supremo. De esta forma, el consorcio de investigación IBIF- ALU-Freiburg – CANAVALIA – Hiller S.A. y los productores forestales chiquitanos presentan un aporte concreto a la reactivación del sector forestal de Bolivia.

Elaborado por:

IBIF
INSTITUTO BOLIVIANO DE INVESTIGACIÓN FORESTAL

En colaboración con:

ABT
Autoridad de Fiscalización y Control Social de Bosques y Tierra

ESTADO PLURINACIONAL DE BOLIVIA
MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y AGUA

NACIÓN MONKOXI

Información de Contacto:
Instituto Boliviano de Investigación Forestal (IBIF)
Barrio Las Palmas - Condominio Condado de Palma Verde # 1
Teléfono: (+591) 33411171
Email: ibif@ibifbolivia.org.bo
www.ibifbolivia.org.bo
Santa Cruz de la Sierra, Bolivia