

UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR
FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS
LICENCIATURA EN CIENCIAS HORTÍCOLAS

EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO DE ESPECIES CONIFERAS Y LATIFOLIADAS
UTILIZADAS EN LA INDUSTRIA FORESTAL DEL DEPARTAMENTO DE EL PROGRESO
TESIS DE GRADO

MARIO RAUL LEIVA SOSA
CARNET 29737-05

ZACAPA, ABRIL DE 2016
CAMPUS "SAN LUIS GONZAGA, S. J" DE ZACAPA

UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR
FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS
LICENCIATURA EN CIENCIAS HORTÍCOLAS

EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO DE ESPECIES CONIFERAS Y LATIFOLIADAS
UTILIZADAS EN LA INDUSTRIA FORESTAL DEL DEPARTAMENTO DE EL PROGRESO
TESIS DE GRADO

TRABAJO PRESENTADO AL CONSEJO DE LA FACULTAD DE
CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS

POR
MARIO RAUL LEIVA SOSA

PREVIO A CONFERÍRSELE
EL TÍTULO DE INGENIERO AGRÓNOMO EN EL GRADO ACADÉMICO DE LICENCIADO EN CIENCIAS
HORTÍCOLAS

ZACAPA, ABRIL DE 2016
CAMPUS "SAN LUIS GONZAGA, S. J" DE ZACAPA

AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR

RECTOR: P. EDUARDO VALDES BARRIA, S. J.
VICERRECTORA ACADÉMICA: DRA. MARTA LUCRECIA MÉNDEZ GONZÁLEZ DE PENEDO
VICERRECTOR DE INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN: ING. JOSÉ JUVENTINO GÁLVEZ RUANO
VICERRECTOR DE INTEGRACIÓN UNIVERSITARIA: P. JULIO ENRIQUE MOREIRA CHAVARRÍA, S. J.
VICERRECTOR ADMINISTRATIVO: LIC. ARIEL RIVERA IRÍAS
SECRETARIA GENERAL: LIC. FABIOLA DE LA LUZ PADILLA BELTRANENA DE LORENZANA

AUTORIDADES DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS

DECANO: DR. ADOLFO OTTONIEL MONTERROSO RIVAS
VICEDECANA: LIC. ANNA CRISTINA BAILEY HERNÁNDEZ
SECRETARIA: ING. REGINA CASTAÑEDA FUENTES
DIRECTOR DE CARRERA: MGTR. LUIS MOISÉS PEÑATE MUNGUÍA

NOMBRE DEL ASESOR DE TRABAJO DE GRADUACIÓN

ING. ERNESTO BRAN COLINDRES

TERNA QUE PRACTICÓ LA EVALUACIÓN

MGTR. PEDRO ARNULFO PINEDA COTZOJAY
ING. CÉSAR AUGUSTO SANDOVAL GARCÍA
ING. MANUEL RODRIGO SALAZAR RECINOS

Guatemala 16 de febrero de 2016

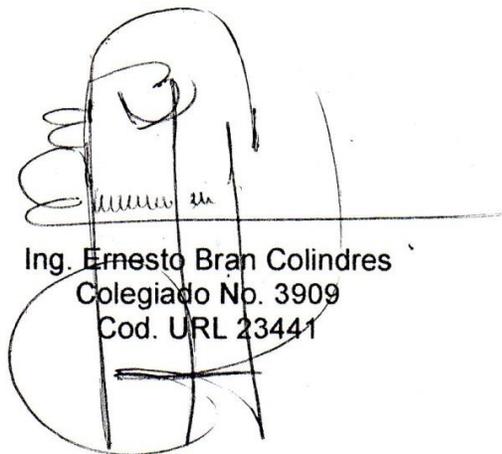
Consejo de Facultad
Ciencias Ambientales y Agrícolas
Presente

Estimados miembros del Consejo:

Por este medio hago constar que he asesorado el trabajo de graduación del estudiante MARIO RAUL LEIVA SOSA, carné 29737-05, titulada "Evaluación del rendimiento de especies coníferas y latifoliadas utilizadas en la industria forestal del departamento de El Progreso", la cual considero que cumple con los requisitos establecidos por la facultad, previo a su autorización de impresión.

Sin mas que agregar a la presente me suscribo de ustedes.

Atentamente,



Ing. Ernesto Bran Colindres
Colegiado No. 3909
Cod. URL 23441



Orden de Impresión

De acuerdo a la aprobación de la Evaluación del Trabajo de Graduación en la variante Tesis de Grado del estudiante MARIO RAÚL LEIVA SOSA, Carnet 29737-05 en la carrera LICENCIATURA EN CIENCIAS HORTÍCOLAS, del Campus de Zacapa, que consta en el Acta No. 0630-2016 de fecha 14 de marzo de 2016, se autoriza la impresión digital del trabajo titulado:

**EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO DE ESPECIES CONIFERAS Y LATIFOLIADAS
UTILIZADAS EN LA INDUSTRIA FORESTAL DEL DEPARTAMENTO DE EL PROGRESO**

Previo a conferírsele el título de INGENIERO AGRÓNOMO en el grado académico de LICENCIADO EN CIENCIAS HORTÍCOLAS.

Dado en la ciudad de Guatemala de la Asunción, a los 5 días del mes de abril del año 2016.



ING. REGINA CASTAÑEDA FUENTES, SECRETARIA
CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS
Universidad Rafael Landívar



AGRADECIMIENTOS:

A:

Dios, por darme la vida y permitirme culminar esta importante etapa en mi formación académica.

Mis padres, por su apoyo y entusiasmo para que pudiera superarme profesionalmente.

La Universidad Rafael Landívar, que me dio la oportunidad de formarme como profesional de las ciencias agrícolas.

Instituto Nacional de Bosques -INAB-, especialmente a la Subregión III-4, por el apoyo en la realización de esta investigación.

Ing. Ernesto Bran y al Dasónomo Antonio Escobar, por su asesoría en la revisión, y orientación de esta investigación.

Mis compañeros de trabajo de la Subregión III-1, por su incondicional apoyo para alcanzar esta meta.

Ing. Oscar Sosa, por ser ejemplo de familia y un excelente profesional.

DEDICATORIA:

- A DIOS:** Por su infinito amor y por tantas bendiciones que he recibido a lo largo de mi vida.
- A MIS PADRES:** Raúl Leiva y Flory Sosa, por ser parte de las personas más importantes en mi vida, por traerme a este mundo, por la educación que me dieron, por sus sabios consejos y apoyo incondicional en los proyectos de vida.
- A MI FAMILIA:** Jose Luis Leiva, Yara Vanesa Leiva, Mayra Leiva, Karen Leiva, Joseline Pineda, por el amor que me han brindado a lo largo de esta vida.
- A MI ESPOSA:** Gaby Rodríguez de Leiva, por estar a mi lado en todo momento, y compartir conmigo los momentos buenos y malos en esta vida.
- A MI HIJO:** Frank Alejandro Leiva, por ser mi fuente de inspiración y por darme una razón más para luchar en esta vida.
- A MIS COMPAÑEROS DE TRABAJO Y AMIGOS:** Sucy, Eduardo, Alfredo, Edgar, Marianne, Julio, Brandon, Héctor, Byron, Samuel, Ernesto, Alejandro, Ing. Chacón, Nery, Ingrid, Tonito y William por brindarme su amistad y apoyo incondicional, son mi segunda familia.

ÍNDICE

RESUMEN	i
SUMMARY.....	ii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO	2
2.1 Antecedentes	2
2.1.1 Rendimiento en Guatemala	3
2.1.2 Otros estudios de rendimientos	7
2.2 Importancia económica de la industria forestal.....	8
2.3 Industria forestal.....	8
2.4 Calidad de activo en el Registro Nacional Forestal (RNF)	9
2.5 Productos forestales.....	9
2.5.1 Troza	9
2.5.2 Trocilla.....	9
2.5.3 Flitch (madera semielaborada)	10
2.6 Medición de productos forestales en la industria para su comercialización	10
2.7 Fórmulas para calcular volumen de madera en rollo y madera aserrada en la industria	10
2.7.1 Cálculo de madera en rollo en metros cúbicos.....	11
2.7.1.1 Smalian	11
2.7.1.2 Huber	12
2.7.2 Cálculo por pies tablares	12
2.7.2.1 Doyle.....	13
2.7.2.2 Fórmula Pie Tablar	13
2.7.2.3 Internacional.....	14
2.7.2.4 Scribner.....	15
2.7.3 Cálculo de volumen de madera aserrada en la industria.....	15
2.7.4 Cálculo del rendimiento de madera rolliza a madera aserrada.....	16
2.7.5 Desechos de madera.....	17

2.8	Factores que determinan el rendimiento de madera aserrada en las industrias evaluadas.....	17
2.8.1	Principales factores	17
2.8.1.1	Diámetro de las trozas.....	17
2.8.1.2	Tipo de sierra	18
2.8.1.3	Diagrama de corte.....	19
2.8.2	Otros aspectos que podrían influir en el rendimiento	20
2.8.2.1	Habilidad del operador de aserrío	20
2.8.2.2	Conicidad y longitud	20
2.8.2.3	Calidad.....	21
2.9	Tipo de maquinaria utilizada en la industria evaluada	21
2.9.1	Sierra principal de banda, Wood Mizer LT 15	21
2.9.2	Sierras secundarias	22
2.10	Usos de la madera en la industria forestal del departamento de El Progreso ..	23
2.10.1	El género <i>Pinus</i> L.....	23
2.10.1.1	El pino en la tradición	24
2.10.1.2	Usos principales	24
2.10.2	Especies latifoliadas	26
2.10.2.1	Caoba (<i>Swietenia macrophylla</i> King.).....	26
2.10.2.2	Cedro (<i>Cedrela odorata</i> L.)	27
2.10.2.3	Sangre (<i>Virola koschnyi</i> Ward)	28
2.10.2.4	Rosul (<i>Dalbergia stevensonii</i> Standl)	29
III.	JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO.....	30
3.1	Planteamiento del problema	30
3.2	Justificación del trabajo	30
IV.	OBJETIVOS	32
4.1	General	32
4.2	Específicos.....	32
V.	METODOLOGÍA	33
5.1	Localización del trabajo	33
5.1.1	Municipio de Morazán.....	33

5.1.2	Municipio de San Agustín Acasaguastlán	34
5.1.3	Municipio de Sanarate	35
5.2	Sujeto y/o unidades de análisis	36
5.2.1	Producto forestal de especies coníferas	36
5.2.2	Producto forestal de especies latifoliadas	36
5.2.3	Tipos de sierra utilizados para la transformación forestal.....	37
5.2.4	Tipo de investigación	37
5.2.5	Instrumentos	37
5.2.5.1	Cinta métrica	37
5.2.5.2	Pintura en aerosol	38
5.2.5.3	Boletas para toma de datos.....	38
5.2.5.4	Computadora	38
5.2.6	Procedimiento.....	38
5.2.6.1	Fase de gabinete inicial.....	38
5.2.6.1.1	Universo de interés	38
5.2.6.1.1.1	Base de datos	39
5.2.6.1.1.2	Industria forestal instalada	39
5.2.6.1.1.3	Especies forestales de transformación.....	40
5.2.6.1.1.4	Productos de transformación forestal	40
5.2.6.1.2	Diseño de la muestra	41
5.2.6.1.2.1	Calculo de la muestra.....	41
5.2.6.1.2.2	Selección de la muestra	42
5.2.6.1.3	Evaluación de rendimiento en aserradero	43
5.2.6.2	Fase de campo	43
5.2.6.3	Fase de gabinete final	48
VI.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	50
6.1	Estadística.....	50
6.1.1	Distribución de la muestra	50
6.1.2	Análisis estadístico	51
6.2	Resultados de las evaluaciones de rendimientos por industria.....	51
6.2.1	Coníferas	52

6.2.1.1	Rendimiento de troza	52
6.2.1.2	Rendimiento de trocilla	54
6.2.2	Latifoliadas	55
6.3	Discusión de resultados	57
6.3.1	Factores que inciden en el rendimiento de troza y trocilla.....	57
6.3.1.1	Habilidad del operador	58
6.3.1.2	Conicidad	58
6.3.1.3	Clases diamétricas	59
6.3.1.4	Producto final obtenido.....	61
6.3.2	Factores que inciden en el rendimiento de flitch	62
6.3.2.1	Habilidad del operador	62
6.3.2.2	Producto final obtenido.....	62
6.3.3	Análisis comparativo de los rendimientos obtenidos versus Acuerdo 42.2003	63
VII.	CONCLUSIONES.....	66
VIII.	RECOMENDACIONES.....	67
IX.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	68
ANEXOS	72
Anexo 1.	Acuerdo de Gerencia No. 42.2003.....	72
Anexo 2.	Boleta de campo para medición de trozas en aserraderos para evaluación de rendimiento en industrias forestales El Progreso, Guatemala...75	
Anexo 3.	Boleta de campo para medición de flitch en aserraderos para evaluación de rendimiento en industrias forestales de El Progreso, Guatemala.....76	
Anexo 4.	Boleta de campo para medición de producto terminado en industrias forestales de El Progreso	77
Anexo 5.	cálculo de eficiencia de madera en rollo a madera aserrada de industrias forestales	78
Anexo 6.	Mapa de ubicación.....	79
Anexo 7.	Innovación tecnológica de la industria forestal	80
Anexo 8.	Proceso de transformación	81

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Rendimientos para aserraderos establecidos por Acuerdo de Gerencia 42.2003 del Instituto Nacional de Bosques (INAB)	3
Cuadro 2. Rendimientos de las industrias forestales	6
Cuadro 3. Especificaciones técnicas de la sierra principal, Wood Mizer LT15.....	21
Cuadro 4. Tipos de industria forestal según registros del INAB	39
Cuadro 5. Tamaños de la muestra	42
Cuadro 6. Distribución de la muestra	42
Cuadro 7. Distribución de los rendimientos obtenidos	50
Cuadro 8. Resumen de rendimientos obtenidos	51
Cuadro 9. Rendimiento de troza	53
Cuadro 10. Rendimiento de trocilla	54
Cuadro 11. Rendimiento de especies latifoliadas	56
Cuadro 12. Rendimiento de troza y trocilla por clase diamétrica	59
Cuadro 13. Comparación de los rendimientos obtenidos en trozas versus INAB	64

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Medición de una troza con la fórmula Smalian	11
Figura 2. Medición de una troza con la fórmula de Huber	12
Figura 3. Medición del diámetro menor de una troza con la fórmula Doyle.....	13
Figura 4. Medición del diámetro menor de una troza con la fórmula Pie Tablar	14
Figura 5. Método de cubicación de madera aserrada.....	16
Figura 6. Aserrado de diámetros menores	18
Figura 7. Ejemplo del efecto del grueso de la sierra	19
Figura 8. Diagrama de corte.....	20
Figura 9. Wood Mizer LT 15.....	22
Figura 10. Mapa del municipio de Morazán, El Progreso	33
Figura 11. Mapa del municipio de San Agustín Acasaguastlán, El Progreso.....	35
Figura 12. Mapa del municipio de Sanarate, El Progreso.....	36
Figura 13. Frecuencia de rendimientos obtenidos	50
Figura 14. Rendimientos de trozas por industrias.....	53
Figura 15. Rendimientos de trocilla por industria.....	55
Figura 16. Comparación de rendimientos entre especies latifoliadas	56
Figura 17. Comparación de troza versus trocilla.....	57
Figura 18. Relación entre la conicidad y el rendimiento.....	58
Figura 19. Rendimiento de trocilla por clase diamétrica	59
Figura 20. Rendimiento de troza por clase diamétrica.....	60
Figura 21. Proyección de rendimiento obtenidos en trozas versus INAB.....	65

Evaluación del rendimiento de especies coníferas y latifoliadas utilizadas en la industria forestal del departamento de El Progreso

RESUMEN

La presente investigación se realizó con el objetivo de evaluar el rendimiento de especies coníferas y latifoliadas en la industria forestal del departamento de El Progreso, utilizando la metodología empleada por el INAB, tomando en cuenta los distintos productos provenientes directamente del bosque como lo son troza, trocilla y flitch, comparándolos con los establecidos por la autoridad competente. El estudio se realizó en 20 industrias madereras privadas del departamento de El Progreso, dentro de cada una se tomó una muestra de 20 unidades las cuales fueron medidas antes y después del proceso de aserrío. Se verificó que hoy en día en estas industrias la troza de coníferas alcanza un rendimiento promedio de 65.18%, la trocilla de coníferas 59.04% y el flitch de latifoliadas 77.79% asimismo se comprobó que existe homogeneidad en cuanto al uso de maquinaria ya que en ese orden se optimizan los procesos de transformación. Otro aspecto que se tomó en cuenta es que en la actualidad ingresan distintos productos que anteriormente no tenían mercado, tal es el caso de la trocilla, que proviene a gran escala de plantaciones establecidas a finales de los años 90. Después de haber realizado las evaluaciones en las distintas industrias se determinó que en la totalidad de los casos los rendimientos difieren a los establecidos por el Acuerdo de Gerencia 42.2003.

Evaluation of conifer and broadleaf species in the forest industry of the department of El Progreso

SUMMARY

The objective of this research study was to evaluate the yield of conifer and broadleaf species in the forest industry of the department of El Progreso, applying the methodology used by INAB and taking into the account the different products that directly come from the forest, like lumber, palletwood and flitch, comparing the same with the established by the competent authority. The study was carried out in 20 private wood industries of the department of El Progreso; a 20-unit sample was taken in each, which were measured before and after the sawmill process. It was confirmed that in these industries the conifer tree lumber reaches an average yield of 65.18%, the conifer palletwood a yield of 59.04%, and that of the broadleaf flitch is of 77.79%. Additionally, it was confirmed that there is homogeneity regarding the use of machinery because in that order the transformation processes are optimized. Another aspect taken into account is that different products that did not have a market before are now available, like palletwood, which is mainly obtained from plantations established in the 90's. After carrying out the evaluations in the different industries, it was determined that in all cases, the yields differ from those established by the Management Agreement 42.2003

I. INTRODUCCIÓN

El hombre ha utilizado los recursos naturales para satisfacer sus necesidades, y el recurso forestal no es la excepción, debido a la generación de bienes como madera para aserrío, leña, carbón vegetal, así como servicios ambientales a través de la producción de oxígeno, absorción de bióxido de carbono (CO₂), protección edafológica e hídrica, entre otros.

En la actualidad el recurso forestal continúa proporcionando utilidades a la sociedad, lo que crea una necesidad de sostenibilidad del bosque como una alternativa de producción. La principal función de una industria forestal es transformar la materia prima (madera en troza, trocilla y flitch) en madera aserrada. Esto se realiza para maximizar utilidades y obtener madera con las dimensiones que el mercado demanda, ya que a través de dicho proceso se da valor agregado al producto aserrado y puede ser utilizado en construcción, carpintería, entre otros.

El Instituto Nacional de Bosques (INAB), ha investigado de manera general rendimientos en la industria forestal, sin embargo; la información se encuentra desactualizada, por lo que es necesaria su actualización en relación con la innovación tecnológica y crecimiento del parque industrial.

La investigación se desarrolló, para establecer los rendimientos de especies coníferas y latifoliadas sobre productos forestales ingresados a la industria forestal instalada en el departamento de El Progreso, generando información actualizada y como soporte al sector forestal empresarial.

Para la obtención de los datos se evaluaron 20 industrias seleccionadas al azar de la base de datos del INAB. Basado en la metodología utilizada por el INAB, se tomaron en cuenta 20 unidades al azar, en cada industria forestal que fueron medidas, procesadas y cubicadas, para obtener el rendimiento promedio de cada empresa forestal.

II. MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes

En Guatemala el manejo forestal es una actividad que ha tomado auge, a través del mejoramiento e innovación del sector industrial mediante la sustitución de maquinaria de transformación que permite aumentar los rendimientos de la madera.

Toledo, E. en 1999, anuncia el actual crecimiento del mercado al escribir: el mercado internacional ha crecido últimamente y se prevé un aumento en el consumo interno de países productores, se refiere además que el mercado requiere de productos de mayor valor agregado tales como madera seca al horno, madera cepillada de 2 o 4 caras, molduras, pisos, tableros de listones, triplay, enchapes decorativos, postes, muebles y piezas.

En la investigación que hizo Terreaux, S. en 1998 (citada en Batres, 2003), encontramos que:

calculó el rendimiento comercial de 5 aserraderos en los departamentos de Chimaltenango y Sacatepéquez, de los cuales 4 aserraderos utilizaban sierra circular y uno sierra de banda, estableciendo un promedio de 56.8% en el rendimiento comercial. En los aserraderos que utilizaban sierra circular, el promedio fue 57.5% de rendimiento comercial. El aserradero de sierra de banda tiene un rendimiento comercial promedio de 54.00%. El cálculo de madera en rollola obtuvo a través de la fórmula de Pie Tablar (fórmula que utilizan los aserraderos para la comercialización de madera en rollo).

El Instituto Nacional de Bosques (INAB), en el año 2003 emitió el Acuerdo de Gerencia número 42.2003, de fecha 26 de marzo del 2003, en el que se establecen parámetros de rendimiento, considerados para la transformación de productos forestales provenientes de la actividad forestal, con base al tipo de sierra que se utiliza y al tipo de bosque (coníferas o latifoliadas); a la fecha dichos rendimientos difieren de la realidad

debido que la maquinaria utilizada se ha sustituido para obtener mejor eficiencia en las industrias forestales del departamento de El Progreso.

Cuadro 1. Rendimientos para aserraderos establecidos por Acuerdo de Gerencia 42.2003 del Instituto Nacional de Bosques (INAB)

Sierra principal	Sierra secundaria	Especie	Rendimiento %
Banda	Con	Conífera	60
Banda	Sin	Conífera	55
Banda	Sin	Latifoliada	45
Circular	Sin	Conífera	49
Circular	Sin	Latifoliada	40
Motosierra	Sin	Todas	39

(INAB, 2003)

“El Ing. Bran Colindres declara que en el departamento de El Progreso se encuentran instaladas 71 industrias, dedicadas a la transformación de productos forestales, debido a la ubicación y condiciones climáticas idóneas para el proceso de transformación, secado y almacenamiento de la madera” (E. Bran Colindres, comunicación personal, 2 de marzo de 2010).

2.1.1 Rendimiento en Guatemala

En Guatemala se han realizado estudios para determinar rendimientos en la transformación forestal, sin embargo, con el correr del tiempo se han vuelto obsoletos resultado de la innovación tecnológica, entre los estudios podemos mencionar los siguientes:

En la investigación que hizo Valencia, E. en 1994 (citada en Batres, 2003) sobre costos del establecimiento de un aserradero portátil de sierra circular en el municipio de Santa Cruz El Chol, Departamento de Baja Verapaz. Determinó que el rendimiento promedio fue de 50.84%, estableciendo el volumen de madera en rollo a través de una fórmula híbrida de Pié Tablar, porque la medición del diámetro menor en cruz de la fórmula original de Pié Tablar, los sustituye por la medición de los diámetros en ambos

extremos en pulgadas. De acuerdo a las observaciones efectuadas se establece que el rendimiento puede subir, pero el personal operativo del aserradero no tiene mucha experiencia.

Dentro de la investigación que realizó Pinelo (1997), se incluye un pequeño estudio realizado por CATIE/PBN en 1994 efectuado para determinar el rendimiento de 32 trozas de caoba y cedro, en pies tablares aserrados. El volumen de la muestra fue de 3323 pt... Es importante hacer notar que las 32 trozas tomadas como muestra eran pequeñas, sus diámetros oscilaban entre 33 a 53 cm, sin incluir la corteza, y un largo promedio de 3 m.

El rendimiento de la madera en rollo (m^3 , Smalian) a pies tablares (aserrados) depende principalmente del medio (máquina) con que se realice el aserrío: motosierra (41%) o aserradero (mínimo 47%), aunque otros factores que influyen en dicho rendimiento, además de la influencia que depende de la persona quien realice la cubicación, son:

- Cubicación incluyendo corteza y,
- Tamaño y defecto de las trozas.

En forma general se puede considerar que la tasa de conversión de m^3 (incluyendo corteza) a pies tablares corresponde aproximadamente a 220 pt/ m^3 que equivale a un rendimiento del 52%. Cuando los diámetros se toman sin incluir corteza y el menor se toma de la misma forma que Doyle, en pulgadas, esa tasa podría aumentar hasta 240 pt/ m^3 , siempre y cuando se trate de trozas con diámetros grandes; podría decirse de un bosque no intervenido. Caso contrario, esa tasa podría disminuir aproximadamente a 230. (Pinelo, 1997)

El INAB en el 2003, calculó el rendimiento de la industria forestal a nivel nacional estableciendo parámetros con base al tipo de sierra utilizada, tipo de bosque (conífera o latifoliada) estableciendo un rendimiento máximo de 60% para coníferas y 45% para latifoliadas. (ver anexo 1)

El rendimiento estimado de madera pino candelillo (*Pinus maximinoii* H. E. Moore) en el proceso de transformación de troza en la industria que utiliza aserradero de cinta en el municipio de Cobán Alta Verapaz, fue de 62 % con relación a la forma de la troza cilíndrica y rectitud derecha, mientras que para la forma de la troza semicilíndrica y rectitud semisinuosa fue de 60 %. (Jiménez Pineda, 2006)

Arreaga Morales (2007) al evaluar dos aserraderos del municipio de Flores, Petén, tomo una muestra de 55 trozas para cada uno de los aserraderos, obteniéndose un rendimiento medio por cada metro cúbico en rollo aserrado del 56 % y 53% para cada aserradero lo que equivale a 237 y 225 pies tablares respectivamente. Este rendimiento es afectado por el diámetro y el aserrador la troza...esta diferencia es debido al criterio del aserrador para la realización de los cortes en cada troza, tratando de maximizar el rendimiento por cada una de ellas basándose en su experiencia en el manejo de aserrío y manejo del equipo del aserrador.

Según el CATIE.CR. en el 2005 (citado en Arreaga Morales, 2007), la proporción del insumo de trozas que se transforma en madera aserrada rara vez alcanza el 60-70 por ciento. El resto queda en forma de costeros, recortes y testas, virutas y aserrín. Los informes del Japón acusan índices medios de recuperación nada menos que del 60 al 70 por ciento.

El rendimiento obtenido de la industria forestal del área metropolitana recabada a través de la encuesta del diagnóstico de la industria maderera de la región metropolitana de Guatemala en septiembre 2006 es un promedio de 60% según los datos reportados por sus administradores. En el cuadro 2 se observa el volumen total en metros cúbicos en troza utilizada durante un turno de ocho horas al día y al mismo tiempo se tiene el rendimiento de cada una de las industrias. Además se tiene el tipo de sierra principal que utiliza la industria, ya que este es un factor que incide directamente en el rendimiento. (Alvarez Castillo, 2007)

Cuadro 2. Rendimientos de las industrias forestales

No.	Aserradero	Sierra principal	Volumen en troza m ³	Volumen aserrado m ³	Rendimiento %
1	VERDUMAGUA	Cinta	1.06	0.64	60
2	Aserradero La Unión	Cinta	1.80	1.08	60
3	La Villa	Cinta	2.00	1.20	60
4	MYMSA S.A.	Cinta	23.58	15.33	65
5	Aserradero Maya	Cinta	11.79	8.25	70
6	Aserradero Guatemala	Cinta	9.22	5.53	60
7	Aserradero El Quetzal	Cinta	8.25	5.78	70
8	AFOTESA	Cinta	17.21	10.33	60
9	Aserradero El Alemán	Cinta	12.97	9.08	70
10	Aserradero Masselli	Cinta	4.72	2.97	63
11	Aserradero San Carlos	Circular	2.36	1.18	50
12	Aserradero Sinay	Circular	7.07	3.89	55
13	Aserradero El Chivo	Cinta	8.25	4.95	60
14	Aserradero Linda Vista	Cinta	7.07	4.38	62
15	Aserradero El Horizonte	Cinta	14.15	8.49	60
16	Aserradero Los Ángeles	Cinta	4.72	2.36	50
17	Maderas Aurora	Cinta	3.54	2.66	75
18	Aserradero Nicol's	Cinta	4.72	3.07	65
19	Aserradero San Juan	Cinta	2.36	1.42	60
20	Aserradero López	Circular	5.90	3.54	60
21	MARTISA	Cinta	5.83	3.79	65
22	Aserradero El Baratero	Cinta	4.00	2.20	55
23	Aserradero San Pedro	Cinta	19.00	11.40	60
24	Aserradero ASPA	Cinta	10.61	6.90	65
25	Aserradero El Ciprés	Cinta	7.07	4.24	60
26	Aserradero Jireh	Cinta	11.79	8.25	70
27	Aserradero Pínula	Cinta	3.54	1.95	55
28	Aserradero La Roca	Cinta	2.36	1.42	60
29	PRODEMYDE	Cinta	6.00	3.30	55
30	Aserradero Los Pinos	Motosierra	0.10	0.04	40
31	Industria Comercial El Risial	Cinta	4.72	3.30	70
32	Productos de la Montaña	Cinta	9.43	4.72	50
33	Aserradero San Roque	Cinta	9.43	6.13	65
34	COCEDMA	Cinta	3.00	1.80	60
35	Fosforera Centroamericana	sin sierra principal	18.54	11.12	60
36	Aserradero San Rafael	Cinta	1.00	0.50	50
37	Aserradero Santa Margarita	Cinta	3.00	1.80	60
38	MEGA INDUSTRIAL S. A.	Cinta	4.00	2.84	71
39	Aserradero García	Cinta	4.71	2.83	60

(Alvarez Castillo, 2007)

2.1.2 Otros estudios de rendimientos

Un estudio de rendimiento de aserrío de la especie Ochoó (*Hura crepitans*) realizado en Santa Cruz, Bolivia, concluye que: con la medición de las 40 troncas de Ochoó en el aserradero, la empresa San Pedro obtiene un rendimiento tabla total de 61,23%, que representa el 262,58 pt/m³ tronca... Los rendimientos de aserrío que tuvieron porcentaje mayor en la clase diamétrica, con un rango entre 80-90, fue de 63%... Uno de los factores que influyó en el rendimiento, fue la calidad de la mano de obra técnica en el aserradero y el método de trabajo empleado en el sistema de aserrío. (Martínez Cossio, 2009)

Martínez Cossio (2009) en su estudio de rendimiento de aserrío de la especie Soto (*Schinopsis brasiliensis*) realizado en Santa Cruz, Bolivia, concluye que: El efecto del diámetro sobre el rendimiento, nos obliga a pensar en la necesidad del perfeccionamiento del aserrado de trozas de pequeñas dimensiones... El rendimiento de las trozas en el proceso de aserrado es afectado por la longitud y por la conicidad... Con el análisis de las 20 trozas de Soto en el aserradero, la empresa Petunos, obtiene un rendimiento tabla total de 43%, que representa el 182,32 pt/m³ tronca.

Martínez Cossio (2009) en su estudio de rendimiento de aserrío de la especie Sirari (*Copaifera chodatiana*) realizado en Santa Cruz, Bolivia, concluye que: En el desarrollo del estudio se pudo notar que se tiene una gran influencia sobre los diámetros de las troncas para adquirir un buen rendimiento en madera aserrada. Con diámetros menores se obtendrán rendimientos mínimos... Las 30 troncas de Sirari elegidas para el estudio, nos arroja un rendimiento total del 46%, que representa el 195,04 pt/m³ troza.

Se realizó un estudio sobre tiempos y rendimientos en dos aserraderos privados de El Salto, Durango, México. El tamaño de muestra fue de 159 trozas con un volumen sin corteza de 81.64 m³ rollo, las cuales generaron un volumen aserrado de 48.89 m³... el

rendimiento es de 61.64% sin corteza, lo que significa que por cada metro cúbico de madera en rollo, es posible obtener 261 pies tabla de madera aserrada (0.616 m³)... el rendimiento en madera aserrada no es afectado por el diámetro, pero sí por el largo y conicidad de las trozas...El largo de las trozas influye en el rendimiento de madera aserrada, puesto que a medida que aumenta su longitud, el rendimiento disminuye. (Nájera Luna et al., 2012)

Dentro de los estudios citados por Nájera Luna et al. (2012) encontramos: Para Rocha (2002), el rendimiento en madera aserrada en el proceso de aserrío varía de 55 a 65% para coníferas, lo anterior concuerda con los valores obtenidos en el presente estudio, siendo éstos de 56% con corteza y de 62% sin corteza. Manhiça et al. (2012) compararon el asierre tradicional contra un sistema de modelos de corte programado por computadora en un aserradero del municipio de Campina Grande do Sul, estado de Paraná, Brasil; para tal efecto, seleccionaron 80 trozas de *Pinus elliottii* con diámetros de 24 a 33 cm agrupadas en cuatro clases diamétricas con 20 trozas por clase. Encontraron un rendimiento en madera aserrada con el sistema tradicional de 49.01% y en el sistema de asierre programado el rendimiento fue de 52.14%.

2.2 Importancia económica de la industria forestal

“La importancia radica en que el sector industrial es un actor vital dentro del ciclo de manejo forestal, debido a que genera empleo a varios niveles, lo que permite que haya mayor poder adquisitivo, se generan productos para el mercado local e internacional, y es a través de éste que circula la economía del sector” (E. Bran Colindres, comunicación personal, 2 de marzo de 2010).

2.3 Industria forestal

Empresa cuyo objetivo principal es la transformación de materia prima, utilizando para el efecto la maquinaria y equipo específico. Comprende carpinterías, aserraderos móviles y estacionarios, destiladores de resina, impregnadoras, procesadoras de

celulosa y papel, fábricas de productos semi o totalmente elaborados y otras empresas similares que utilicen materias primas forestales. (Resolución 02.43.2005, 2006)

2.4 Calidad de activo en el Registro Nacional Forestal (RNF)

Sólo las empresas o personas individuales o jurídicas que tengan la calidad de activo en el Registro Nacional Forestal (RNF), podrán ejercer la actividad para la que fueron inscritos y gozará de los derechos que tal calidad les otorga, de esta manera podrán emitir y/o autorizar la documentación relacionada con cualquier actividad forestal para lo cual están inscritas. (Resolución 02.43.2005, 2006)

2.5 Productos forestales

Son los bienes directos que se aprovechan del bosque. Estos incluyen los siguientes: trozas rollizas o labradas, sin ningún tratamiento, postes y pilotes sin ningún tratamiento; material para pulpa, durmientes sin ningún tratamiento; astillas para aglomerados, leña, carbón vegetal, semillas, gomas, resinas y cortezas. (Decreto 101-96, 1996)

2.5.1 Troza

Sección de un árbol apeado, perteneciente al fuste o tronco, con largos no mayores a cinco metros (INAB, 2004).

2.5.2 Trocilla

Pieza de madera rolliza, con dimensiones que van de 15 a 25 cm de diámetro y de 1 a 2 metros de largo (INAB, 2004).

El Ing. Bran Colindres nos explica que las trocillas son pieza de madera rolliza obtenida del fuste, punta o ramas de un árbol, regularmente posee diámetros de 10 a 24.9

centímetros y longitudes de hasta 2 metros. (E. Bran Colindres, comunicación personal, 2 de marzo de 2010).

2.5.3 Flitch (madera semielaborada)

Término inglés que se utiliza para definir una pieza de madera (tablón), normalmente semi procesada con motosierra o aserradero móvil; y que conserva aún parte de la corteza en sus lados laterales (INAB, 2004).

2.6 Medición de productos forestales en la industria para su comercialización

En Guatemala la forma de medir el volumen de una troza con fines comerciales no es el mismo que para obtener el volumen sólido sin corteza. Para el caso de los aserraderos del país, la metodología de medición de trozas consiste en tomar dos medidas de diámetro en forma de cruz en el extremo de menor diámetro de la troza y restarle una pulgada (2.54 cm) a cada uno de los diámetros, posteriormente se toma el largo en pies, sin tomar en cuenta las fracciones demasía, las que se presentan como garantía de que al cortar la troza, las dimensiones de largo se obtendrán adecuadamente. A esta forma de medición se le denomina por "*Pie Tablar*". (Batres, 2003)

Con esta forma de medición se obtiene un bloque o cuadrado, que es, en la práctica la madera que se comercializa. Con este método de cubicación no se estima el volumen de los cantos de la troza ni el volumen de la demasía en el largo. Este tipo de medición indica automáticamente el volumen aserrado por el cual se realiza la transacción comercial, es decir, se vende y compra solo los pies tablares producto de esta cubicación. (Batres, 2003)

2.7 Fórmulas para calcular volumen de madera en rollo y madera aserrada en la industria

2.7.1 Cálculo de madera en rollo en metros cúbicos

Para calcular los datos de madera en rollo obtenidos en el aserradero, se pueden calcular a través de dos fórmulas: la Smalian y la de Huber. Estas dos fórmulas calculan el volumen en bruto de una troza, sin depreciar las costaneras (cantos) que se obtienen al aserrarla u otros subproductos que se derivan de la industria. Por tal razón, para el cálculo de rendimiento del aserradero se va a tomar como base uno de estos métodos, ya que el dato de volumen es más exacto y real. (Batres, 2003)

2.7.1.1 Smalian

Calcula el volumen de la troza a partir de un cono truncado, por lo que se utilizan los parámetros de: diámetro menor y mayor (en centímetros), y la longitud total (en metros). Es la fórmula que calcula el volumen con mayor grado de exactitud, pero el tiempo de medición de las trozas es mayor. (Gonzales & Cuadra, 2004)

Fórmula para el cálculo de volumen a partir de diámetros extremos (Smalian).

$$V = \frac{\pi}{4} \times \frac{(d1^2 + d2^2)}{2} \times L$$

Donde:

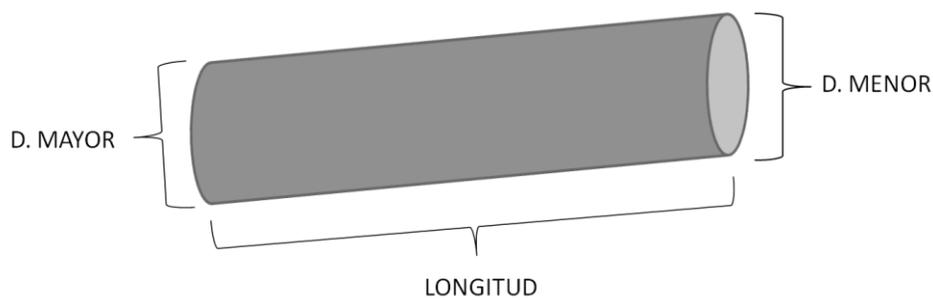
V = Volumen, m³ scc (metros cúbicos sólidos sin corteza)

d1 = Diámetro, extremo menor de la troza, en metros

d2 = Diámetro, extremo mayor de la troza, en metros

L = Longitud de la troza, en metros

Figura 1. Medición de una troza con la fórmula Smalian



Fuente: elaborado por el autor.

2.7.1.2 Huber

Calcula el volumen a partir del diámetro medio de la troza y su longitud. Esta fórmula compensa el volumen del diámetro mayor y el diámetro menor. Casi no se utiliza porque requiere un poco de más tiempo al medir el diámetro medio pero la exactitud es aceptable. (Gonzales & Cuadra, 2004)

Fórmula para cálculo de volumen a partir del diámetro en el medio de la troza (Huber).

$$V = \frac{\pi}{4} \times (dm)^2 \times L$$

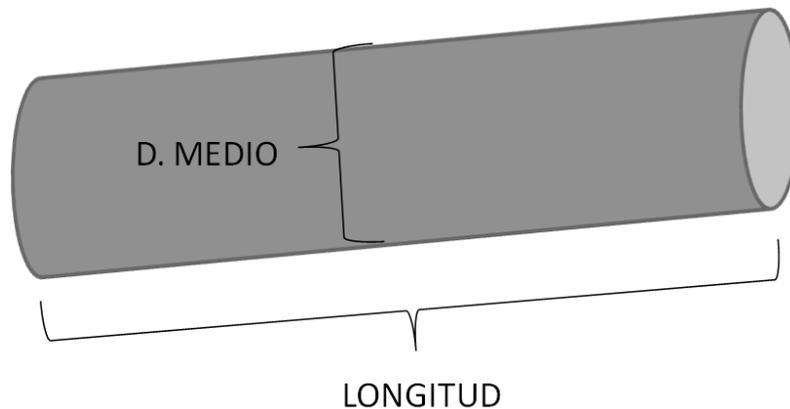
Donde:

V = Volumen, m³ scc (metros cúbicos sólidos con corteza)

dm = Diámetro a la mitad de la troza, en metros

L = Longitud de la troza, en metros

Figura 2. Medición de una troza con la fórmula de Huber



Fuente: elaborado por el autor.

2.7.2 Cálculo por pies tablares

Este método emplea la fórmula Doyle, para la cubicación de especies latifoliadas y coníferas y consiste en medir en cruz en el diámetro menor (en pulgadas) de la troza por el largo (en pies) de la misma (Henning, 1972).

2.7.2.1 Doyle

Fue establecida por Eduard Doyle en el año 1825. Calcula el volumen de una troza como si fuera cilíndrica, utiliza los parámetros de diámetro menor sin corteza (en pulgadas) como base y la longitud total (en pies). Tiene la desventaja de que subestima el volumen en diámetros menores y sobrestima el volumen de diámetros mayores. Es utilizada por la mayoría de la industria maderera debido a la facilidad de su aplicación y el tiempo que se requiere en la medición. La fórmula supone un grosor de sierra de 5/16" que es bastante alto. (Henning, 1972)

Fórmula maderera o Doyle.

$$V(pt) = \left(\frac{d1 - 4}{4} \right)^2 \times L$$

Donde:

V(pt) = Volumen en pies tablares

d1 = diámetro menor en pulgadas

L = longitud de la troza en pies

Figura 3. Medición del diámetro menor de una troza con la fórmula Doyle

Diámetro menor de la troza



Fuente: elaborado por el autor.

2.7.2.2 Fórmula Pie Tablar

Es una adaptación de la fórmula Doyle que se utiliza en Guatemala, para el caso de los aserraderos del país especializados en la transformación de maderas de coníferas.

Fórmula Pie Tablar para sacar el volumen de troza labrada.

$$V(pt) = \left(\frac{d1 - 1 \times d2}{12} \right) \times L$$

Fórmula Pie Tablar para sacar el volumen de troza sin labrar

$$V(pt) = \left(\frac{d1 - 1 \times d2 - 1}{12} \right) \times L$$

Donde:

V(pt) = Volumen en pies tablares

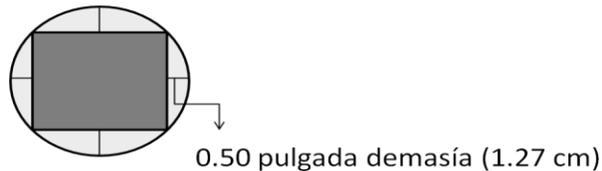
d1 = Medida menor del diámetro menor en pulgadas

d2 = Medida mayor del diámetro menor en pulgadas

L = longitud de la troza en pies

Figura 4. Medición del diámetro menor de una troza con la fórmula Pie Tablar

Diámetro del extremo menor de la troza



Fuente: elaborado por el autor.

2.7.2.3 Internacional

Esta se basa en el diámetro menor y la longitud de la troza total, pero el diámetro aumenta $\frac{1}{2}$ pulgada por cada 4 pies de longitud, por lo que las trozas de mayor de 4 pies de diámetro se tiene que calcular por secciones el volumen y luego sumar para obtener su totalidad. Hay dos fórmulas ya que suponen grosor de sierras de $\frac{1}{4}$ " y la otra $\frac{1}{8}$ ". Esta fórmula, la desarrollo Clark en 1906. A continuación se presentan las dos ecuaciones para el cálculo de volúmenes. (Henning, 1972)

$$V(pt) \text{ 1/4" } = (0.22 \times d1^2 - 0.71 \times d1) \times 0.9048$$

$$V(pt) 1/8'' = 0.22 \times d1^2 - 0.71 \times d1$$

Donde:

V(pt) = Volumen en pies tablares

d1 = diámetro menor en pulgadas

2.7.2.4 Scribner

Esta fórmula asume un grosor de sierra de 1/4", pero subestima los diámetros grandes. Esta regla la propuso J.M. Scribner en 1846, se basa en la siguiente fórmula para trozas de 16 pies de largo (Henning, 1972).

$$V(pt) = 0.8(d1 - 1)^2 - \left(\frac{d1}{2}\right)$$

Donde:

V(pt) = Volumen en pies tablares

d1 = diámetro menor en pulgadas

2.7.3 Cálculo de volumen de madera aserrada en la industria

Las medidas de espesor y ancho por lo general se toman en pulgadas y la longitud en pies, por lo que al aplicar la siguiente fórmula se obtienen pies tablares (INAB, 2004).

$$V(pt) = \frac{A \times G \times L}{12}$$

Donde:

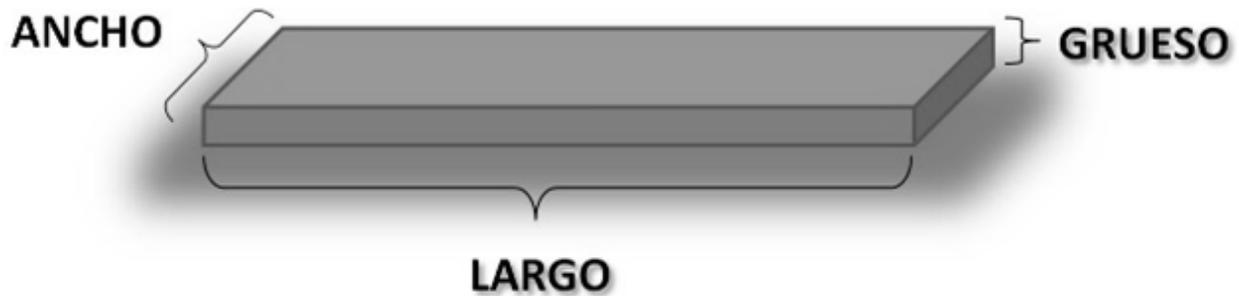
V(pt) = Volumen en pies tablares

A = Ancho de la pieza aserrada en pulgadas

G = Grueso de la pieza aserrada en pulgadas

L = Largo de la pieza aserrada en pies

Figura 5. Método de cubicación de madera aserrada



Fuente: elaborado por el autor.

2.7.4 Cálculo del rendimiento de madera rolliza a madera aserrada

En el proceso de transformación de madera rolliza a madera aserrada, debido a que se está transformando una sección cilíndrica o cónica a piezas de madera con dimensiones predeterminadas se originan pérdidas. Estas pérdidas están compuestas por; polvo de madera, aserrín, costaneras o cantos, pequeñas piezas de madera producto del despunte y piezas de madera que no poseen las dimensiones predeterminadas. (Batres, 2003)

La importancia del cálculo es determinar del volumen total de la troza previo a someterse al proceso de transformación, cuánto se convierte en madera útil con fines comercializables. Para determinar el rendimiento se utiliza la siguiente fórmula:

$$\text{Rendimiento en \%} = \frac{V \text{ aserrado}}{V \text{ en rollo}} \times 100$$

El cálculo del dato para el volumen aserrado se hace por pieza, estos se suman, posteriormente se divide entre el dato del volumen en rollo y este resultado se multiplica por cien para obtener el porcentaje, de esta forma se obtendrá sin sesgos el rendimiento de la industria forestal. (Batres, 2003)

2.7.5 Desechos de madera

Ríos Torres (2005) describe que: El aserrío genera al final del proceso un conjunto de productos que pueden ser catalogados como desechos. Entre ellos se encuentran:

- Los despuntes
- Las cantoneras u orilleras
- La corteza
- El aserrín

2.8 Factores que determinan el rendimiento de madera aserrada en las industrias evaluadas

El rendimiento de madera aserrada está determinado por una confusa interacción de diversas variables, como el diámetro de las trozas, su longitud, curvaturas, conicidad, calidad interna de la madera, la toma de decisiones por parte del personal del aserradero, la condición y mantenimiento del equipo de aserrío, los métodos de asierre, las dimensiones de las piezas aserradas y el tipo de especies procesadas (coníferas o latifoliadas). (Steele, 1984; Rocha, 2002; Maurara et al., 2005; Valério et al., 2007; Vital, 2008, citado en Nájera Luna et al., 2012)

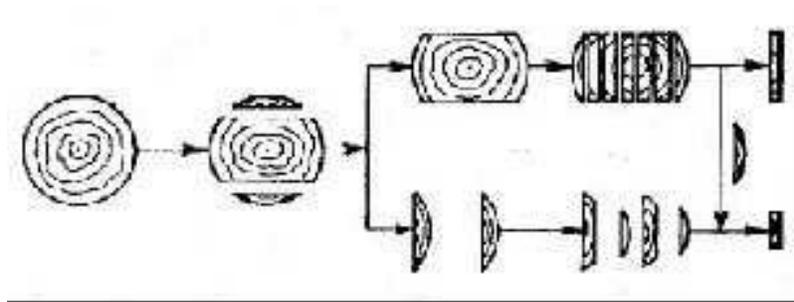
2.8.1 Principales factores

2.8.1.1 Diámetro de las trozas

La opinión de los especialistas coincide con diversas investigaciones realizadas por Fahey y Ayer-Sachet (1993) (citado en Alvarez Lazo, Jiménez Perez, Prades, & Estévez, 2004) indican que el diámetro de la troza es uno de los factores de mayor incidencia en el aserrío; demostrándose que en la medida que el diámetro aumenta también se incrementa el rendimiento de las trozas en el aserrío; por lo tanto el procedimiento de trozas de pequeñas dimensiones implica bajos niveles de rendimiento.

Aserrado de diámetros menores: Los diámetros menores provienen de plantaciones forestales. Debido al diámetro y a la calidad de la troza el proceso de aserrado es diferente al anterior. (Clase 2 Aserrio de la Madera, s.f.)

Figura 6. Aserrado de diámetros menores



Fuente: Clase 2 Aserrio de la Madera

2.8.1.2 Tipo de sierra

Steele y Wagner (1990) (citado en Alvarez Lazo et al., 2004) expresan que una vía de corte ancha se traduce en más pérdidas de fibra de madera en forma de aserrín y la disminución de la eficiencia de la maquinaria.

La influencia del tipo de sierra sobre el rendimiento suscita la necesidad de adquirir aserraderos de sierra principal de banda, en lugar de sierra alternativa múltiple o circular, para un mejor aprovechamiento de la materia prima (Alvarez Lazo et al., 2004).

Según Quirós, Chinchilla, y Gómez, (2005) declarara que:

Serrano (1996), determinó que al utilizar una sierra circular doble para el aserrío de diámetros menores, con una hoja de 70 cm de diámetro y 7 mm de espesor en el corte, el factor de recuperación de la madera aserrada (rendimiento físico) para trozas de melina con diámetro medio de 16,4 cm fue del 33%, mientras que al utilizar un aserradero portátil con sierra de banda (32x0,89 mm o 1,25"x0,035") en trozas de la misma especie y diámetro medio de 19 cm, el rendimiento fue del 53% (Gómez & Chinchilla 2004)".

Figura 7. Ejemplo del efecto del grueso de la sierra



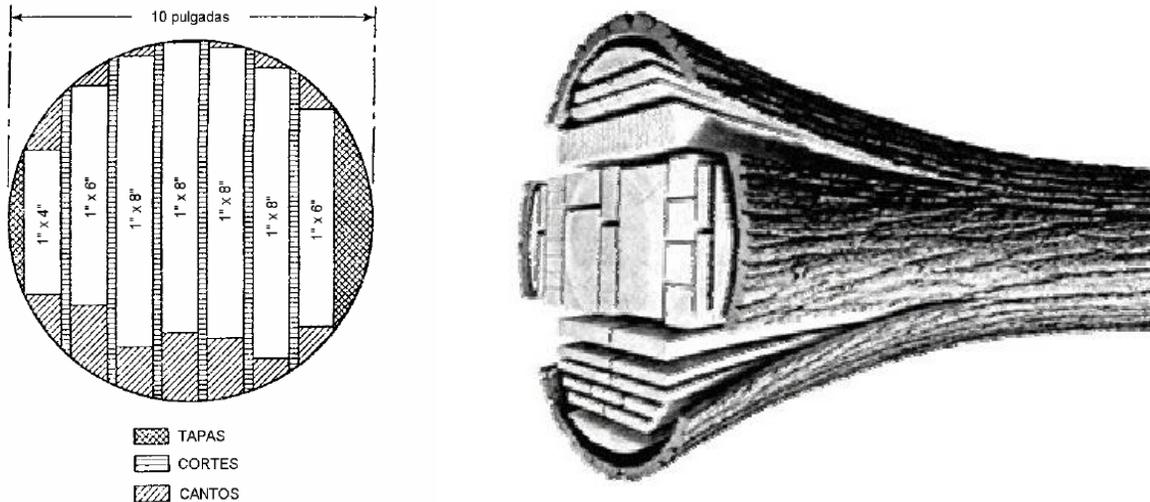
Fuente: Wood-Mizer LLC, 2014

2.8.1.3 Diagrama de corte

Existe una relación entre el número de cortes en una troza y el volumen de madera aserrada que se obtiene. A menor número de cortes, mayor rendimiento en volumen de madera (Ríos Torres, 2005).

El diagrama de corte es un perfil anticipado de las piezas que resultan de aserrar una troza, es decir es la vista de la sección transversal en el extremo de la troza, donde puede verse el corte de la sierra y las dimensiones de la madera aserrada a obtener. El objetivo es obtener el mejor coeficiente de aserrío que sea posible (optimizar la materia prima); para ello se sugiere que de las trozas de coníferas se saquen tablas de albura y en trozas de hojosas tablas de duramen (Sánchez, 1994, citado en González Martínez, 2008).

Figura 8. Diagrama de corte



Fuente: Picos Martín y Cogolludo Agustín, 2008

2.8.2 Otros aspectos que podrían influir en el rendimiento

2.8.2.1 Habilidad del operador de aserrío

La pérdida de productividad puede deberse a: Deficiencias de los operarios, trozas mal enganchadas, baja alimentación del carro (Egas, 1998, citado en Arreaga Morales, 2007).

2.8.2.2 Conicidad y longitud

Se puede afirmar que el rendimiento de las trozas en el proceso de aserrío es afectado por la longitud y por la conicidad de las trozas. En la medida que aumenten ambos parámetros se incrementa la diferencia entre los diámetros en ambos extremos de la troza. (Egas, 1998, citado en Arreaga Morales, 2007)

2.8.2.3 Calidad

La calidad de madera aserrada obtenida y las dimensiones son un indicador importante pero no suficiente para caracterizar la eficiencia de conversión en un aserradero (Denig, 1990, citado en Arreaga Morales, 2007).

2.9 Tipo de maquinaria utilizada en la industria evaluada

2.9.1 Sierra principal de banda, Wood Mizer LT 15

Consistentemente corta trozas de hasta 28" (71cm) diámetro por 11' (3.3m) largo, produciendo 125 pies tabla/hora. Su sistema de ajustes radiales permite fácil y rápidamente cambiar los espesores de corte. Sea que corte en suelo llano o pendiente moderada, cada tabla será recta. Sea que desee cortar trozas de extensas longitudes, solo hay que agregar extensiones de bancada. Cada extensión incrementara el largo del corte por 6'8" (2m). (Wood-Mizer Products, Inc., 2007)

Cuadro 3. Especificaciones técnicas de la sierra principal, Wood Mizer LT15

Dimensiones (sin trailer)	
Largo	4.2m (13'8")
Ancho	1.9m (6'3")
Alto	1.9m (6'3")
Peso	428kg (944lbs) (equipo estándar)
Capacidad Máxima de Corte	
Capacidad de Tronco	71cm (28") diámetro, 3m (11') longitud
Velocidades de Producción*	Hasta 125* pies tabla por hora (equipo estándar)
Selecciones de Potencia	
Estándar	9.7kW (13HP) Gasolina
Opción	11.2kW (15HP) Gasolina
Opción	11.2kW (25HP) Gasolina
Opción	11.27.5kW (10HP) Diesel
Opción	11.27.5kW (19HP) Diesel
Opción	7.6kW (10HP) Motor Eléctrico
Características / Opciones	
Sierras	1mm (.042") Espesor x 32mm (1.25") ancho
Sistema de Avance	Manivela de Mano
Movimiento Vertical	Manivela de Mano

Extensiones de Bancada	Ilimitadas, cada sección de bancada mide 6'8" (2m)
Mangas de Bancada de Acero Inoxidable	No aplicable
Girador de trozas	No aplicable
Niveladores	No aplicable
Retorno de Tablas	No aplicable
Estación remota del Operador	No aplicable
Programador Automático de Medidas, Accuset	No aplicable
Huinche Manual	No aplicable
Descortezador	No aplicable
Cargador de Troncos	Manual (rampas opcionales)

Fuente: Wood-Mizer Products, Inc., 2007

Figura 9. Wood Mizer LT 15



Fuente: Wood-Mizer Products, Inc., 2007

2.9.2 Sierras secundarias

Dentro de las máquinas que se utilizan para elaborar y dar un valor agregado a la madera transformada se encontraron:

La canteadora: es la que se encarga de empezar a cuadrar las orillas de las piezas (tablas y tablonés) cuando vienen de la sierra principal o de la reaserradora y si fuese el caso pueden ser simples o múltiples.

Las despuntadoras: se emplean para cortar los extremos de la madera aserrada; es una de las máquinas más sencillas que existen en un aserradero y existen despuntadoras de péndulo y fijas. (Bachs, 2000, citado en Alvarez Castillo, 2007)

2.10 Usos de la madera en la industria forestal del departamento de El Progreso

“El Ing. Bran Colindres declara que en el parque industrial del departamento de El Progreso se fabrican diversidad de productos entre los que cabe destacar las tarimas, utilizadas por empresas para facilitar el traslado de materiales a contenedores, bolillos, cabos para herramientas manuales, camastrones para fabricación de camas, postes para tendido eléctrico y cercas, embalajes para tomate y aguacate, madera aserrada y toda clase de muebles” (E. Bran Colindres, comunicación personal, 2 de marzo de 2010).

2.10.1 El género *Pinus* L.

Es uno de los más importantes géneros, desde el punto de vista forestal, tanto por la cantidad de especies como por el valor que tienen muchas de ellas, tanto en sus países de origen como también introducidas. Está formado por unas 94 especies distribuidas en el Hemisferio Norte en regiones de clima templado, llegando a regiones subtropicales y tropicales a través de altas cadenas de montañas... Son árboles siempre verdes, muchos de grandes dimensiones, rara vez arbustivas. Las ramas se ordenan en verticilos dándole al árbol un aspecto piramidal, sobre todo cuando joven. Son plantas monoicas. (Serra V., 1987)

Los pinos son árboles resinosos, de tronco recto, con ramas dispuestas en pisos que dan a la copa una forma cilíndrica o piramidal. La corteza es rugosa y generalmente forma escamas. Las hojas tienen forma de "agujas" agrupadas de 2 a 5 en la base, según la especie. Los pinos pertenecen junto con las araucarias y cipreses a las coníferas, se caracterizan por la ausencia de flores y frutos verdaderos y sus semillas se encuentran en los conos hembras. Hay conos machos que producen polen. Todas

las especies se parecen mucho y se distinguen por características botánicas como el número de agujas agrupadas, su forma, el aspecto y tamaño del cono y de las semillas, etc. Los pinos proporcionan madera blanca, rosada o raja, según la edad. (Authentic Maya, 2011)

2.10.1.1 El pino en la tradición

Guatemala posee el mayor número de especies de coníferas de cualquier área tropical del mundo... Es un árbol mencionado en el Popol Vuh que existe desde la creación. Su semilla ha sido llevada desde Guatemala a otras partes del mundo. En Guatemala se conocen cerca de 11 especies de pinos, se usan principalmente por su madera y crecen en todos los departamentos, principalmente en áreas montañosas. (Authentic Maya, 2011)

2.10.1.2 Usos principales

La madera es bastante uniforme en su carácter, distinguiéndose fácilmente la madera de primavera de la de verano. Los rayos o radios medulares son numerosos pero finos. La albura y el duramen son bien definidos particularmente en las especies denominadas "pinos duros", en los cuales el duramen es mucho más duro y notorio que la albura. En los blandos o "pinos blandos", la línea de separación no es bien definida. La madera recién trabajada tiene marcado olor a resina que varía en intensidad según la especie. La madera es inflamable, tanto, que algunas han sido usadas como antorchas en la antigüedad. Muchas de las especies de este género producen madera de gran importancia económica y se la emplea en numerosos usos, incluyendo la construcción de puentes y viaductos, edificios, durmientes de ferrocarril, mueblerías, moldes, juguetes, tal lado, cajonería, pasta para papel, etc. Cuando se le usa en contacto con el suelo se le debe preservar con creosota o algún otro preservante. La variabilidad de la calidad de la madera, aún dentro de la misma especie, hace difícil la comparación económica de las propiedades, pero generalmente se les clasifica

tomando las especies mencionadas más adelante, como tipos de calidad. (Serra V., 1987)

La madera de los pinos es ligera, fácil de trabajar y se usa para construcción, carpintería, muebles, pulpa de papel y otros usos. Sus troncos rectos y flexibles emplean para astas y mástiles en la construcción de barcos. Necesita un tratamiento para resistir la pudrición y las termitas o comejenes. La leña, aunque ligera, es buena; se aprovechan los desperdicios de cortes y entresagues. El ocote es leña de pino rica en resina, que se usa para prender los fuegos. Con la resina de los pinos se produce la trementina y colofonia, de mucho valor comercial. De las hojas de algunas especies se extraen aceites esenciales utilizados en medicina y en perfumería. También se usan en artesanías como el gusano de pino y las hojas solamente para alegrar y aromatizar las fiestas. De la corteza de algunas especies se sacan colorantes para la curtiembre de pieles. Los conos se utilizan en la fabricación de artesanías. El pino se puede plantar como rompevientos o árbol ornamental. (Authentic Maya, 2011)

De todos los productos extraídos del bosque en Guatemala, la madera con fines industriales y energéticos es la más importante. A nivel nacional, del total de madera extraída, el 50% se destinan a la industria y el otro 50% para fines energéticos. El género *Pinus* es el más utilizado para fines industriales con 250,995m³ de volumen aprovechado. El pino es la principal especie para la exportación, alcanzando según datos del INAB (2005), el 43% del volumen de exportación o sea 162,653 m³. Norteamérica y Centroamérica son los principales destino de la producción, estimando el valor de las exportaciones en US\$ 52,285,469 y US\$ 18,071,483 respectivamente. Los principales productos de exportación son las tarimas 33,850 m³, madera aserrada 8,197 m³, puertas 3,030 m³, piso 1,855 m³, muebles 1,584 m³, palillos 550 m³. (Centro de Estudios Ambientales y Biodiversidad, Alianza para la Conservación de Bosques de Pino-Encino de Mesoamérica, The Nature Conservancy, 2009)

El principal producto que se obtiene de la actividad forestal en la Ecorregión es la madera aserrada de pino y la leña del encino y del pino. También se produce carbón y

ocote, en menor cantidad. Los pequeños silvicultores en la Ecorregión suelen vender sus bosques o plantaciones en pie a intermediarios o se realizan aprovechamientos bastante empíricos, vendiendo la madera en troza. En los mejores casos, el mismo propietario del bosque o de la plantación se encarga de hacer algún tipo de transformación a su producto, ya sea para vender la madera como viga, tabla o poste. Un alto porcentaje de la producción maderera se vende en el mercado local. Lo que se destina a la exportación suele ser un porcentaje menor. (ICF, 2008, citado en Centro de Estudios Ambientales y Biodiversidad, Alianza para la Conservación de Bosques de Pino-Encino de Mesoamérica, The Nature Conservancy, 2009)

2.10.2 Especies latifoliadas

La industria forestal en la Ecorregión se ha concentrado únicamente en la transformación de ciertas especies debido a factores como: la disponibilidad y abundancia de las especies, la calidad del árbol (esto influido principalmente por la genética de la especie y por la silvicultura aplicada a la misma), las características físicomecánicas de la madera, el acceso a la maquinaria adecuada para trabajar la madera de estas especies y el conocimiento de las características de la madera para saber cómo deberá procesarse. (Centro de Estudios Ambientales y Biodiversidad, Alianza para la Conservación de Bosques de Pino-Encino de Mesoamérica, The Nature Conservancy, 2009)

2.10.2.1 Caoba (*Swietenia macrophylla* King.)

Familia: Meliaceae

Este árbol crece en la costa del Atlántico de México hasta Panamá y la región amazónica de Perú, Bolivia y Brasil. Fue utilizado por los mayas para hacer canoas. Ellos llamaron a este árbol Punab (Authentic Maya, 2011).

La albura es castaño claro y el duramen Cataño rojizo, oscureciéndose con la exposición a la luz. Su grano es recto a ligeramente entrecruzado, superficie brillante;

sabor dulce y olor característico debido a los aceites y resinas que posee. Tiene un peso específico de 0.51 a 0.56 g/cm³, moderadamente liviana a moderadamente pesada. Presenta dificultad para preservar, pero es de fácil secado y fácil de trabajar. Es una especie comercial e internacionalmente demandada como madera preciosa; se utiliza en construcciones livianas y molduras, embarcaciones (cobertura, peso), acabados, divisiones interiores y muebles de lujo. (A0008S21, s.f.)

Según el Equipo de Sensores Remotos (2007) de la Autoridad del Canal de Panamá describe, ¿Cuáles son los principales usos?

- La madera es muy apreciada en todo el mundo por su atractivo acabado así como por sus buenas propiedades para uso comercial.
- La corteza y las semillas tienen uso medicinal contra la fiebre y la diarrea.
- La corteza contiene gran cantidad de taninos y se usa para curtir y teñir pieles.
- Esta especie es utilizada en el trópico como árbol de sombra en sistemas agroforestales y para protección de suelos.

2.10.2.2 Cedro (*Cedrela odorata* L.)

Familia: Meliaceae

Este árbol se distingue por su corteza blanquecina y brillante. Su tronco es recto y delgado. Sus hojas, cuando se machacan tienen un olor parecido al ajo, un olor característico que se extiende por todo el bosque. El cedro crece en bosques húmedos subtropicales y bosques secos subtropicales, entre 0 y 900 metros sobre el nivel del mar, en Petén, Quiché, Alta Verapaz, Izabal, San Marcos, Quetzaltenango, Retalhuleu, Suchitepéquez, Escuintla y Santa Rosa en Guatemala. También crece en Belice, y en otros países desde el sur de México hasta toda América del Sur en los bosques tropicales y subtropicales. (Authentic Maya, 2011)

El cedro es bien conocido, porque su madera ha sido utilizada durante cientos de años en forma local e internacional, al ser una madera dura tropical. Los conquistadores españoles fueron los primeros en usarlo y le dieron el nombre de cedro español, ya que

asociaron el olor con el del Cedro del Viejo Mundo. La resina de este árbol es muy resistente y se utiliza para preparar muestras de laboratorio. Se trataba de una madera de exportación, usada para hacer cajas de cigarrillos y cigarros en 1800. En Guatemala se utiliza frecuentemente en jardines y como sombra de las plantaciones de café. En la selva es un hermoso espectáculo, donde los loros hacen sus nidos y comen. (Authentic Maya, 2011)

El Equipo de Sensores Remotos (2007) de la Autoridad del Canal de Panamá detalla, ¿Cuáles son los principales usos?

- Su principal producto es madera de excelente calidad, que se usa para construcción ligera, decoración de interiores y construcción de barcos.
- En su época de floración esta especie es visitada por las abejas, las cuales recolectan el néctar y el polen de sus flores para la producción de miel.
- Se utiliza como árbol de sombra en cafetales.
- Las ramas se usan para cercas vivas, postes y leña.

2.10.2.3 Sangre (*Virola koschnyi* Ward)

Familia: Myristicaceae

FORMA: Árbol muy gran de hasta 40 m de altura y diámetro de 120 cm o más. Fuste recto, y cilíndrico. COPA: Estrechamente redondeada o umbelada, con ramas verticilado-horizontales. CORTEZA: Ligeramente áspera de color parduzca a café oscura, exuda abundante látex rojo. HOJAS: Simples alternos-dísticas, enteras, cubiertas de un tomento color café, pecíolo cerca de 1 cm de largo. (Hérrnandez Paz, Sandoval, Ramírez, Alvarez, & Cáliz, 1999)

CARACTERÍSTICAS DE LA MADERA: COLOR: No hay diferencia entre albura y duramen; el color de la madera es castaño dorado a rosáceo. OLOR: No distintivo. SABOR: No característico. VETEADO: Suave. DENSIDAD: 0.41 g/cm³ (moderadamente liviana) TRABAJABILIDAD: Es fácil de trabajar con herramientas manuales y maquinaria para carpintería. DURABILIDAD: Es una madera poco

resistente a hongos y el ataque de insectos. SECADO: Durante el secado al aire libre, se requiere de buena ventilación. El secado es rápido y presenta ligeros defectos. USOS: Chapas y contrachapados (principalmente), construcción de interiores, ebanistería, palillos de fósforos y embalajes. (Hernández Paz et al., 1999)

2.10.2.4 Rosul (*Dalbergia stevensonii* Standl)

Familia: Leguminosa

Árbol que alcanza entre los 15 y 20 metros de altura, y diámetros entre 40 y 70 cm; base cónica o alargada; fuste irregular o casi recto, generalmente corto, copa umbelada, muy abierta, ramas gruesas oblicuamente ascendentes; la corteza es áspera con un grosor de 1 a 2 cm, fisurada longitudinalmente, desprendiéndose en piezas gruesas, grandes e irregulares. (Ramírez Anléu, 2011)

La madera es muy fina y ha sido tradicionalmente catalogada como preciosa; por eso se usa en artesanía y ebanistería, en la confección de artículos deportivos y mangos de herramientas, instrumentos científicos, cepillos, paraguas, ruedas de timón, joyeros, botones, cubiertos, bastones, piezas de ajedrez, pisos, parquet, decoración de interiores, mueblería fina. Se usa también en tornería de alta calidad y en la fabricación de instrumentos musicales. Es madera estructural y su dureza la hace perfectamente apta para la construcción y embarcaciones de poco calado. (Ramírez Anléu, 2011)

La madera de esta especie es dura, fina y muy valiosa, de color rojo o pardo rojiza a negro, con veteado oscuro irregular. Albura crema a amarillo pálido. Claramente discernible del duramen. El duramen es amarillo rojizo recién pulido y se oscurece hasta castaño oscuro con la exposición al aire. Olor a veces ligeramente fragante y sabor no característico. Pesada, densidad de 0.99 a 1.22 gm/cm, textura media a gruesa, grano recto a entrecruzado. Tiene lustre natural, en parte por la presencia de un aceite que contribuye a su estabilidad en el uso pero dificulta el encolado. (Ramírez Anléu, 2011)

III. JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO

3.1 Planteamiento del problema

En Guatemala, actualmente se cuenta con una masa de bosques naturales y plantaciones establecidas que se someten a manejo forestal, los cuales ofrecen materia prima para la industria, que con la innovación tecnológica además de la madera en troza, utiliza productos que anteriormente eran considerados en el bosque como leña, la trocilla es un claro ejemplo de este fenómeno, esto permite obtener nuevos resultados en la producción, y mayor rendimiento en el aprovechamiento de los árboles.

La industria forestal ha sustituido su tecnología para incrementar los rendimientos de producción, sin embargo no se cuenta con información actualizada en esta región del país principalmente de los productos troza, trocilla de especies coníferas y flitch de especies latifoliadas.

El no contar con parámetros de eficiencia en la transformación que reflejen la realidad actual del proceso, afecta significativamente a dichas empresas debido a que por tener rendimientos diferentes a los establecidos por la autoridad competente se corre el riesgo de no respaldar la procedencia lícita de los excedentes de dichos productos.

3.2 Justificación del trabajo

“Según declaraciones del Ing. Bran Colindres en el departamento de El Progreso, se encuentra el parque industrial calificado como el más grande de Guatemala por la capacidad instalada que este posee, cuya demanda en la adquisición de productos forestales de especies coníferas y latifoliadas incrementa a pesar de la crisis económica mundial, por otro lado; los parámetros de rendimiento actuales no están acordes al avance tecnológico y no reflejan el rendimiento real en el proceso industrial de transformación de madera, por lo que el desarrollo de la investigación se convierte en un

tema necesario de ejecutar” (E. Bran Colindres, comunicación personal, 2 de marzo de 2010).

La innovación tecnológica dentro del sector industrial ha sido uno de los factores que provocan que el documento que establece los parámetros de rendimiento de transformación de productos forestales (Acuerdo de Gerencia 42.2003 del INAB) no se adapta a la realidad actual por considerar únicamente el producto troza, además se realizó con maquinaria que hoy en día es poco común observarla aún funcionando.

Esto afecta al sector empresarial debido a que se corre el riesgo de no respaldar la procedencia lícita de la materia prima proveniente del bosque, si se cuenta con rendimientos por encima de los normados y no aprobados por la autoridad competente, ya que por mandato legal (artículo 63 de la Ley Forestal, Decreto 101-96) el INAB fiscalizará los aserraderos y las aduanas del país con la finalidad de verificar la procedencia lícita de los productos forestales, asimismo el acuerdo 42.2003 estipula que el personal del INAB está obligado a utilizar los porcentajes establecidos en el referido acuerdo en la supervisión de empresas de transformación y exportación de productos forestales.

Los resultados de la investigación podrán ser analizados desde la perspectiva de producción, e identificar las variables que determinan el rendimiento de las especies evaluadas, lo que facilitará al sector industrial forestal la correcta planificación de actividades de transformación, para la obtención de mejores ingresos económicos a dicha industria; además puede ser una herramienta de apoyo a la institución rectora para reformar el acuerdo 42.2003.

IV. OBJETIVOS

4.1 General

Determinar el rendimiento de transformación de los productos forestales de especies coníferas y latifoliadas que se utilizan en las industrias forestales en el departamento de El Progreso.

4.2 Específicos

Determinar el rendimiento de producto troza de especies coníferas utilizadas en las industrias forestales evaluadas en el departamento de El Progreso.

Determinar el rendimiento de producto trocilla de especies coníferas utilizadas en las industrias forestales evaluadas en el departamento de El Progreso

Determinar el rendimiento de producto flitch de especies latifoliadas utilizadas en la industria forestal evaluada en el departamento de El Progreso.

Determinar si los parámetros de rendimiento del Acuerdo de Gerencia 42.2003, del INAB, reflejan la situación actual que posee la industria forestal en el proceso de transformación.

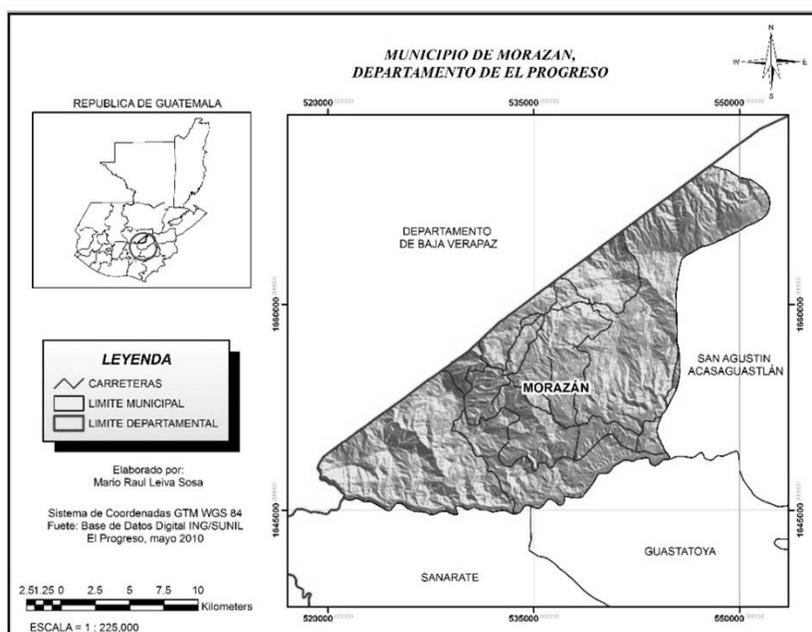
V. METODOLOGÍA

5.1 Localización del trabajo

La investigación se ejecutó en el departamento de El Progreso, donde se localiza el sector empresarial que se dedica principalmente a la transformación de productos forestales. Según los registros del INAB se determinó que 67 de las 71 industrias que hay en el departamento y que representan el 94.37%, se encuentran instaladas en las Aldeas Tulumaje, Tulumajillo, Pasasagua, El Ixcanal y El Rancho jurisdicción del municipio de San Agustín Acasaguastlán, el 5.63% restante se distribuyen en los municipios de Morazán y Sanarate. (ver anexo 6)

5.1.1 Municipio de Morazán

Figura 10. Mapa del municipio de Morazán, El Progreso



Fuente: elaborado por el autor.

Se ubica al Nor-orienté de la República de Guatemala, su terreno es quebrado en la parte alta y semiplano en la parte baja. Su cabecera municipal como punto de

referencia se localiza geográficamente en Latitud Norte 14° 55' 56" y Longitud Oeste 90° 08' 36", teniendo como punto de referencia, frente a la Iglesia Católica de la Cabecera Municipal.

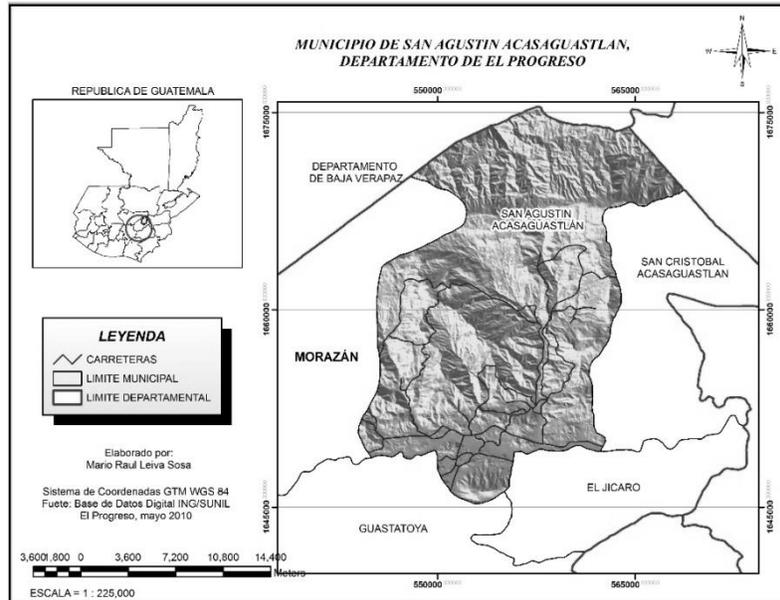
Posee una extensión territorial de 329 kilómetros cuadrados, se encuentra a una altitud sobre el nivel del mar de 349.50 metros. La distancia de la cabecera municipal hacia la ciudad de Guatemala es de 102 kilómetros y hacia la cabecera departamental en este caso Guastatoya es de 31 kilómetros aproximadamente. Colinda al norte con el municipio de San Jerónimo, departamento de Baja Verapaz, al Este con el municipio de San Agustín Acasaguastlán, al Sur con los municipios de Sanarate y Guastatoya y al Oeste con Salamá, Baja Verapaz. (Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia [SEGEPLAN], 2010)

5.1.2 Municipio de San Agustín Acasaguastlán

Se ubica al noreste del departamento de El Progreso, dentro de la cuenca del Río Motagua, a una distancia de 21 kilómetros la cabecera departamental en este caso Guastatoya y a 92 kilómetros de la ciudad de Guatemala en la carretera CA-9, se encuentra localizado geográficamente en Latitud Norte 14° 56' 37" y Longitud Oeste 89° 58' 07".

Cuenta con una extensión territorial de 358 km². Se ubica a una altura de 290 msnm, clima variante de seco a frío con temperatura que van desde 15 a 39 grados centígrados, colinda al Norte con el municipio de Panzós (Alta Verapaz) y Salamá (Baja Verapaz); al Sur con Guastatoya y El Jícaro; al Oriente con San Cristóbal Acasaguastlán y Usumatlán (Zacapa) al Poniente con el municipio de Morazán. Su principal zona de vida la constituye el Bosque Sub-tropical y en menor proporción el bosque seco sub-tropical, y su precipitación promedio anual varía de 700 a 1200 mm/año. (SEGEPLAN, 2010)

Figura 11. Mapa del municipio de San Agustín Acasaguastlán, El Progreso



Fuente: elaborado por el autor.

5.1.3 Municipio de Sanarate

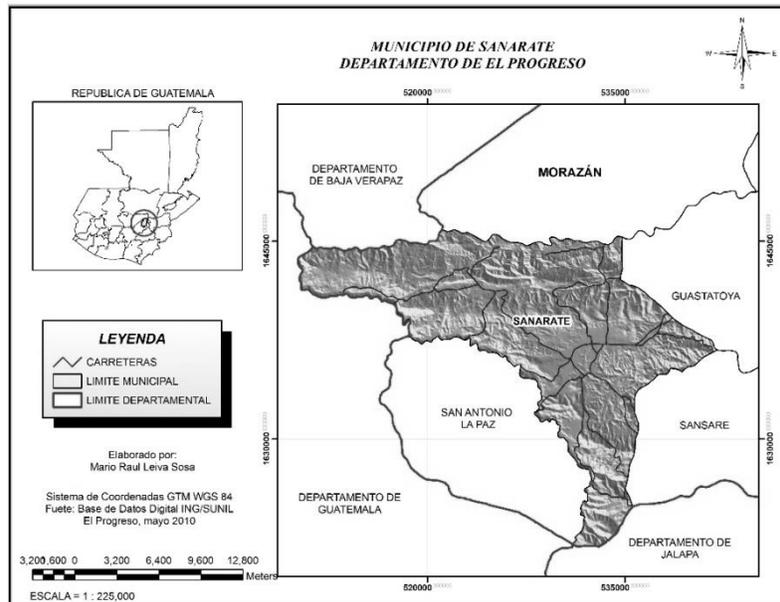
Sanarate es uno de los municipios más importantes del departamento de El Progreso: ocupa el segundo lugar en población y el tercero en extensión (273 Km²). Se localiza a 14° 47' 12" de latitud y 90° 12' 02" de longitud. Colinda, al norte con Morazán (El Progreso) y Salamá (Baja Verapaz); al este con Guastatoya y Sansare (El Progreso); al sur con Jalapa y al oeste con San Antonio La Paz (El Progreso), San José el Golfo y Charrancho (Guatemala).

Con respecto a distancias, su cabecera municipal es de las más cercanas tanto a la cabecera departamental (Guastatoya), como a la ciudad capital de Guatemala. De Guastatoya dista 20 kilómetros, y de la ciudad capital 55 kilómetros (Salguero & Dávila, 1988).

La cabecera municipal de Sanarate está a 850 metros sobre el nivel del mar, y se estima que la parte más baja del municipio está a 650 metros, o sea la zona aledaña al

río Motagua, mientras que las mayores alturas, que son 1300 metros, se localizan hacia el límite con el departamento de Jalapa.

Figura 12. Mapa del municipio de Sanarate, El Progreso



Fuente: elaborado por el autor.

5.2 Sujeto y/o unidades de análisis

Las unidades a analizar en la presente investigación están enfocadas a:

5.2.1 Producto forestal de especies coníferas

Este producto está relacionado a la materia prima de las industrias evaluadas, que consisten específicamente en troza, trocilla.

5.2.2 Producto forestal de especies latifoliadas

Este producto está relacionado a los ingresos de materia prima de las industrias en evaluación, que consisten específicamente en madera semielaborada comúnmente conocida como flich o block.

5.2.3 Tipos de sierra utilizados para la transformación forestal

En el proceso de transformación de las industrias de El Progreso, se observó que todas utilizan, el mismo tipo de maquinaria, en el siguiente orden: Sierra principal, la sierra de banda, seguida de sierras circulares en el proceso secundario.

5.2.4 Tipo de investigación

Para la investigación se utilizó un proceso metodológico descriptivo con el objeto de describir y conocer los aspectos predominantes sobre los rendimientos forestales en la industria ubicada en el departamento de El Progreso, para su análisis y resultados, se enfocó en dos fases: una de gabinete y otra de campo.

5.2.5 Instrumentos

Para llevar a cabo la presente investigación, fue necesaria la utilización de boletas, con la finalidad de recabar información sobre el tipo de sierra utilizada para la transformación de productos forestales, dimensiones de los productos a evaluar, especie, dimensiones del producto final. Por otro lado; para un buen control en la toma de datos se utilizó el siguiente equipo.

5.2.5.1 Cinta métrica

Instrumento que fue utilizado principalmente para medir el diámetro y longitud de trozas y trocillas, así como dimensiones del producto semielaborado (flitch) previo a ser sometido al proceso de transformación. Además se utilizó para medir las distintas piezas que conformaban el producto final obtenido en cada proceso.

5.2.5.2 Pintura en aerosol

Se utilizó para identificar las piezas, antes, durante y después de realizada la evaluación al proceso de transformación forestal, para evitar confusiones durante el desarrollo de la actividad.

5.2.5.3 Boletas para toma de datos

Esta herramienta fue utilizada para plasmar la información de cada uno de los procesos de transformación realizados, ver anexo No. 2, 3 y 4.

5.2.5.4 Computadora

Mediante hojas de cálculo se vació la información recabada en las boletas con la finalidad de establecer el rendimiento obtenido en cada proceso y con ello determinar el porcentaje de rendimiento del producto sometido a evaluación.

5.2.6 Procedimiento

El procedimiento se realizó en tres distintas fases, la primera, denominada FASE DE GABINETE INICIAL, la segunda FASE DE CAMPO y por último la FASE DE GABINETE FINAL.

5.2.6.1 Fase de gabinete inicial

5.2.6.1.1 Universo de interés

Para determinar el universo de interés se tomó la cantidad de industrias que cumplieran con los siguientes aspectos:

- Industrias legalmente inscritas y activas

- Maquinaria utilizada
- Tipo de producto forestal utilizado
- Especie utilizada

5.2.6.1.1.1 Base de datos

Consistió en requerir al INAB a través de la Subregión III-4 con sede en el municipio de Guastatoya del departamento de El Progreso, los registros de datos de industrias forestales, según Registro Nacional Forestal.

Al verificar la información se encontró que 22 industrias no se encuentran activas en el Registro Nacional Forestal, razón por la cual fueron excluidas al momento de calcular el tamaño de la muestra, en virtud de que no estaban legalmente facultadas para operar según lo estipulado en el artículo 23 del Reglamento del Registro Nacional Forestal (Resolución 02.43.2005).

Según la base de datos del INAB, existe un total de 71 industrias que por el tipo de maquinaria instalada y mercado de interés se clasifican y distribuyen de la siguiente manera:

Cuadro 4. Tipos de industria forestal según registros del INAB

Clasificación	Base de Datos	Activas	Universo de interés
Industrias especializadas	9	9	0
Carpinterías	14	9	0
Depósitos de productos forestales	3	3	0
Aserraderos	45	28	28
TOTAL	71	49	28

Fuente: elaborado por el autor.

5.2.6.1.1.2 Industria forestal instalada

En cuanto a la maquinaria, es necesario resaltar que los aserraderos, buscando optimizar la utilización de equipo e incrementar sus rendimientos, utilizan:

- sierra primaria o principal, una sierra de banda,
- sierra secundarias, sierras circulares.

De la totalidad de industrias registradas y activas, 28 utilizan el mismo tipo de maquinaria y en el mismo orden, buscando de esa manera aumentar ganancias económicas, de las cuales una procesa especies latifoliadas y las 27 restantes trabajan con productos de especies coníferas.

5.2.6.1.1.3 Especies forestales de transformación

Se diagnosticó que el parque industrial instalado en el departamento, está enfocado a la transformación de productos de especies coníferas, especialmente del género *Pinus*, ya que son las especies de mayor demanda en el mercado nacional e internacional. En las industrias se ingresa productos forestales de coníferas de varias especies que proceden de distintos departamentos del país, entre los que se citan Alta y Baja Verapaz, El Progreso, Jalapa, Zacapa, Guatemala e Izabal, de donde ingresan productos de las especies de Pino :pino candelillo (*Pinus maximinoii*), pino colorado (*Pinus oocarpa*), y pino de peten (*Pinus caribaea*). Las especies ingresadas, se almacenan en los patios de las industrias, sin clasificarse.

El caso de las especies latifoliadas los productos provienen de los departamentos de Izabal y Peten, las principales especies son: Cedro (*Cedrela odorata*), Caoba (*Swietenia macrophylla*), Sangre (*Virola koschnyi*), Rosul (*Dalbergia stevensonii*), utilizada para la producción de madera aserrada.

5.2.6.1.1.4 Productos de transformación forestal

Los tipos de productos utilizados como materia prima del género *Pinus* corresponden a madera en troza, y trocilla, ya que de estos se fabrican: tarimas, bolillos, madera aserrada y camastrones para la fabricación de camas.

Respecto a las latifoliadas, el producto ingresa como madera semielaborada (flicht) la que es transformada a madera aserrada, y comercializada en el mercado nacional para la fabricación de muebles y en algunos casos, exportada por el alto valor que dicha madera tiene en el mercado internacional.

Para la evaluación del rendimiento, se identificaron los productos por especie, siendo estos: Troza, trocilla y madera semielaborada.

5.2.6.1.2 Diseño de la muestra

Después de obtener la información necesaria para determinar el tamaño exacto de la muestra se calculó por medio de la expresión que permite determinar el tamaño de una muestra simple aleatoria para la estimación de una proporción.

5.2.6.1.2.1 Calculo de la muestra

Para el cálculo del tamaño de la muestra, como no se tiene información alguna acerca del valor de la proporción “p”, entonces le asignamos los valores de: p = 0.5 y q = 0.5; que son la opción más segura.

Fórmula para determinar el tamaño de la muestra, para un grupo con población conocida:

$$n = \frac{N \times Z_{\alpha}^2 \times p \times q}{d^2(N - 1) + Z_{\alpha}^2 \times p \times q}$$

Donde:

n = tamaño de la muestra para la estimación de una proporción

N = tamaño de la población

Z_α= coeficiente de confiabilidad

p = proporción de individuos que poseen en la población la característica de estudio

q = proporción de individuos que no poseen esa característica, es decir, 1-p

d = error de muestreo

Se determinaron varios tamaños de muestra, haciendo variar el error máximo admisible en las estimaciones o error de muestreo y el nivel de confianza, obteniendo el cuadro 5.

Cuadro 5. Tamaños de la muestra

Error de muestreo	Nivel de confianza (1-α)		
	0.9	0.95	0.99
0.05	25	26	27
0.07	23	25	26
0.1	20	22	24

Fuente: elaborado por el autor.

Posteriormente sabiendo los resultados de los distintos tamaños de muestra, se seleccionó aquella con la cual se podría desarrollar el operativo de campo en el menor tiempo posible, esto implicó decidirse por la muestra de 20 industrias forestales, utilizando una distribución normal con parámetros del 90% de confiabilidad y un error de muestreo del 10%.

5.2.6.1.2.2 Selección de la muestra

Conociendo el tamaño de la muestra y la distribución proporcional de industrias por tipo de especies y tipo de producto, se estimó la cantidad representativa de la muestra.

Cuadro 6. Distribución de la muestra

Tipo de especies	Tipo de Producto	Población	Muestra
Conífera	Troza	6	4
	Troza y Trocilla	1	1
	Trocilla	20	14
Latifoliada	Flitch	1	1
Total		28	20

Fuente: elaborado por el autor.

5.2.6.1.3 Evaluación de rendimiento en aserradero

Considerando que el INAB, como órgano de dirección y autoridad competente del sector público agrícola en materia forestal, entre su normativa se indica los procedimientos para verificar la procedencia lícita de los productos forestales que en ellas se comercializa, asimismo proporciona los instrumentos que se deben utilizar por el personal técnico para la supervisión de los aserraderos (Manual Técnico de Fiscalización de Industrias Forestales [INAB, 2011] y otras normas internas), entre los cuales se encuentran los formatos para el cálculo de volumen de madera en rollo a madera aserrada (ver anexos 2, 3, 4, y 5), la metodología de medición de las trozas, fórmulas de cubicación y estadística, así como la muestra que se debe emplear.

En ese orden de ideas y con la finalidad de comparar los resultados de la investigación con los parámetros del INAB, se tomó la decisión de utilizar, para todas las industrias evaluadas, los formatos establecidos por dicha institución, en los que se contempla una muestra al azar de 20 trozas (productos forestales) por industria, y un error de muestreo máximo del 10%.

5.2.6.2 Fase de campo

5.2.6.2.1 Industria evaluada

Con base a la información sobre las industrias que se debían evaluar, obtenida de la fórmula estadística, se procedió a visitar cada una de ellas, toda vez cumpliera con los parámetros de nuestro universo de interés. Presente en cada industria, se procedió a informar al encargado el objeto de la investigación, quienes manifestaron su interés apoyando el proceso y facilitando la materia prima, el equipo de transformación y mano de obra calificada para llevar a cabo la evaluación. En aquellos casos donde no se encontró al encargado o no quisieron brindar información se optó por visitar la siguiente industria más cercana.

5.2.6.2.2 Materia prima utilizada

La materia prima se concentra en los patios de las industrias, que por las condiciones climáticas del lugar permiten su disposición a la intemperie, es en este lugar donde, basados en la metodología empleada por el INAB, se procede a seleccionar una muestra de 20 unidades (trozas, trocillas o flitch) al azar para que la muestra fuera representativa de la población, evitando así la discrecionalidad que en algún momento pudiera favorecer o perjudicar los resultados.

5.2.6.2.3 Marcaje y medición del material a evaluar

Las veinte unidades seleccionadas fueron marcadas utilizando pintura en aerosol, identificándolas con un número correlativo del uno (1) al veinte (20) respectivamente, posteriormente fueron apiladas junto a la sierra principal donde inicia el proceso de transformación. Con la ayuda de una cinta métrica se mide cada una de las unidades, utilizando el sistema métrico decimal y anotando los datos en las boletas de campo proporcionadas para dicho fin.

5.2.6.2.4 Variables de medición

Las variables de medición utilizadas, están en función al tipo de producto para lo cual se consideraron las siguientes:

5.2.6.2.4.1 Diámetro

Esta variable de medición se aplicó únicamente a los productos troza y trocilla de las especies evaluadas. Cuanto mayor sea el diámetro de la troza, mayor será el rendimiento de esta, ya que el espesor de corte es menos significativo en trozas de diámetros mayores. (Kotro, Silva, Tercero, & Vásquez, 1998)

5.2.6.2.4.2 Longitud

Esta medición se efectuó en todo el producto debido a que es una variable indispensable para calcular el volumen de la madera antes y después del proceso de transformación forestal.

Si las trozas tienen forma cilíndrica, la pérdida de madera al momento de procesarla es menor, ya que se necesita desperdiciar menos madera en forma de costaneras para lograr cuadrar la troza y transformarla en madera aserrada; lo contrario ocurre con trozas de forma cónica, ya que la cantidad de madera que se pierde en forma de costaneras para lograr el cuadrado de la troza es mayor. (Kotro et al., 1998)

5.2.6.2.4.3 Grueso

Medida utilizada únicamente al producto flitch, debido a que es adquirido con cierto avance en el proceso de transformación, por ejemplo la madera aserrada o escuadrada.

5.2.6.2.4.4 Pérdidas por aserrío

Es la cantidad de materia prima que resulta a causa de los cortes que realizan las sierras y es considerado como desperdicio, la cantidad durante el proceso de transformación, está definido por el tipo de sierra y el ancho de corte que esta realice a la madera.

5.2.6.2.5 Cubicación

Es el cálculo del volumen de cada unidad a las que le fueron tomadas las variables de medición como troza, trocilla y flitch.

Para el cálculo de volumen del producto forestal evaluado, se utilizó la fórmula Smalian, basa en el Sistema Métrico Decimal, según lo establece el artículo 20 de la Ley del Organismo Judicial (Decreto 2-89).

5.2.6.2.6 Transformación forestal

5.2.6.2.6.1 Sierra Principal

El primer paso consistió en someter las unidades individualmente al proceso de transformación, iniciando con el paso por la sierra principal o primaria que en todos los casos consiste en una sierra de banda de 1 mm de espesor y 32 mm de ancho. Primeramente se extraen las costeras comúnmente denominadas lepa, seguidamente el operario a su discreción y de manera empírica rota la unidad para asegurar un diagrama de corte adecuado según las dimensiones que se pretendan obtener.

Al finalizar el proceso con la sierra principal, y previo a continuar se tuvo especial cuidado en controlar las diferentes piezas de madera aserrada obtenidas de cada unidad, separando unas de otras marcándolas nuevamente para evitar confusiones que pudieran afectar los resultados de la evaluación.

5.2.6.2.6.2 Sierra secundarias

Estas consisten en sierras adaptadas por los propietarios de las empresas evaluadas, mismas que consisten en sierras circulares que realizar cortes únicamente con la finalidad de realizar ajustes mínimos como desorillar, y despuntar las piezas finales, es aquí donde termina el proceso de transformación.

Las piezas obtenidas de cada unidad se marcaron, al momento de salir de las sierras secundarias para mantener el control.

5.2.6.2.7 Medición del producto final

Finalizado el proceso se procedió a medir las piezas resultantes de cada unidad, ingresando la información en las boletas correspondientes para el análisis de gabinete posterior. La medición se realizó utilizando el sistema métrico decimal por ser el establecido como sistema oficial para la República de Guatemala.

5.2.6.2.8 Productos finales

En todos los casos el producto final consistió en madera serrada rustica, para distintos fines, como se describe a continuación:

5.2.6.2.8.1 Coníferas

- La madera aserrada rustica como tabla, tablón, reglas, bolillos u otros obtenidos de la troza se comercializa para construcción o elaboración de muebles entre otros.
- La madera aserrada rustica como polines, cuadrados y duelas, obtenidas de trocillas, son utilizadas para el ensamble de tarima.
- En algunos casos especiales las costeras o lepas son aprovechadas para obtener piezas de menores dimensiones y calidad pero que existe demanda por productos producidos a partir de este material por ejemplo las cajas tomateras que son requeridas por la población, dándole un valor agregado adicional a la madera y que representa mejor rendimiento en comparación de aquellas que no aprovechan este subproducto.

5.2.6.2.8.2 Latifoliadas

La madera obtenida del Flich de especies latifoliadas en su totalidad son comercializadas como madera aserrada para la producción de muebles en el mercado nacional e internacional por el alto valor económico que estas poseen.

5.2.6.3 Fase de gabinete final

En esta etapa se procedió a tabular la información recolectada en campo, con la cual se cuantificó cada una de las pruebas realizadas en las diferentes industrias forestales evaluadas. Con el uso de hojas de cálculo de Microsoft Excel, se elaboraron los cuadros de resultados y graficas que muestran el porcentaje de eficiencia de transformación según el tipo de producto, con los resultados se realizaron los análisis correspondientes.

Análisis estadístico

Para el análisis estadístico se emplearon los parámetros que a continuación se presentan con su respectiva fórmula:

- Promedio de porcentaje de rendimiento (\bar{x}):

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_n}{n} = \sum_{i=1}^n x_i = \frac{\sum x}{n}$$

Donde:

x = valores de las unidades de muestreo

n = número de unidades de muestreo (tamaño de la muestra)

- Varianza (S^2):

$$S^2 = \frac{\sum(x - \bar{x})^2}{(n - 1)} = \frac{\sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{n}}{n - 1}$$

- Desviación estándar o típica (S):

$$S = \sqrt{\frac{\sum(x - \bar{x})^2}{(n - 1)}}$$

- Coeficiente de variación ($CV\%$):

$$CV\% = \frac{S * 100}{\bar{x}}$$

- Error estándar de la media o error típico (**SV**):

$$SV = \frac{S}{\sqrt{n}}$$

- Error de muestreo o precisión (**Em**):

$$Em = t_{1-\alpha, v} \times \frac{S}{\sqrt{n}}$$

Donde:

t = valor del cuantil en la tabla de la t de Student

1 - α = La probabilidad utilizada fue del 90%

v = Los grados de libertad: $n - 1 = 20 - 1 = 19$.

- Error de muestreo en porcentaje (**E%**):

$$E\% = \frac{Em}{\bar{x}}$$

- Límite de confianza superior (**L1**):

$$L1 = \bar{x} + Em$$

- Límite de confianza inferior (**L2**):

$$L2 = \bar{x} - Em$$

VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1 Estadística

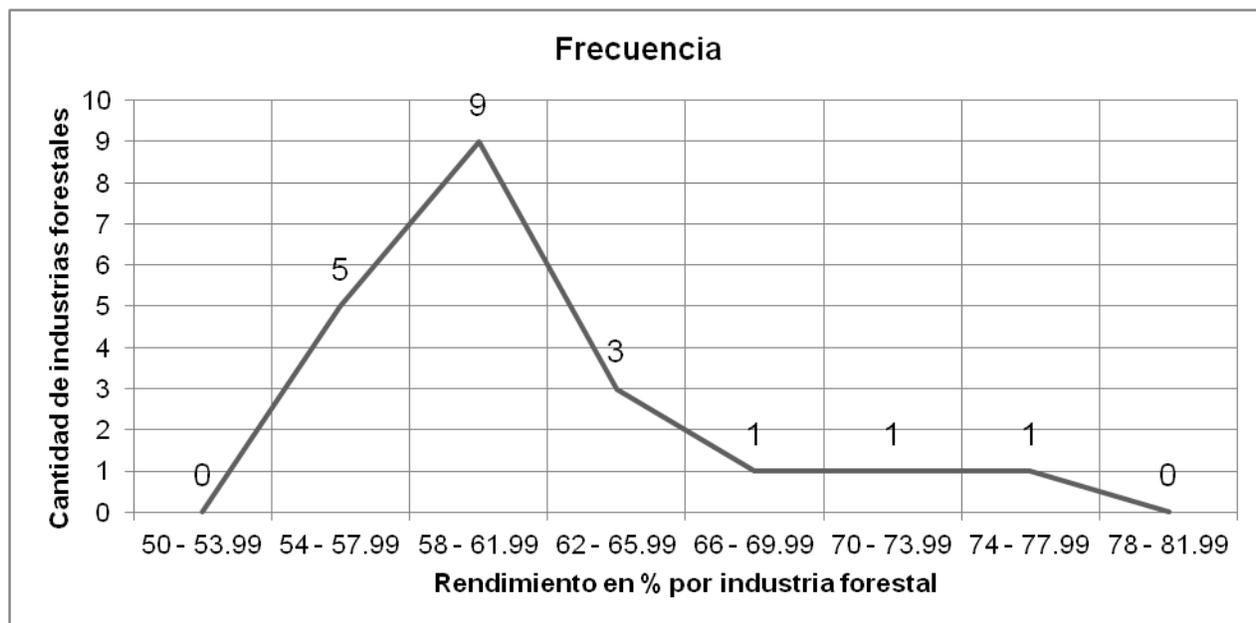
6.1.1 Distribución de la muestra

Cuadro 7. Distribución de los rendimientos obtenidos

Intervalo de clase	Frecuencia	Frecuencia acumulada	Frecuencia %	Frecuencia acumulada %
50 - 53.99	0	0	0%	0%
54 - 57.99	5	5	25%	25%
58 - 61.99	9	14	45%	70%
62 - 65.99	3	17	15%	85%
66 - 69.99	1	18	5%	90%
70 - 73.99	1	19	5%	95%
74 - 77.99	1	20	5%	100%
78 - 81.99	0	20	0%	100%

Fuente: elaborado por el autor.

Figura 13. Frecuencia de rendimientos obtenidos



Fuente: elaborado por el autor.

6.1.2 Análisis estadístico

- Promedio de porcentaje de rendimiento: 61.52
- Varianza: 28.13
- Desviación estándar: 5.30
- Coeficiente de variación: 8.62 %
- Error estándar: 1.19
- Error de muestreo o precisión: 1.57
- Error de muestreo en porcentaje: 2.56 %
- Límite de confianza superior: 63.10
- Límite de confianza inferior: 59.95

6.2 Resultados de las evaluaciones de rendimientos por industria

Los resultados de las evaluaciones realizadas en la determinación del rendimiento de especies coníferas y latifoliadas utilizadas por la industria forestal, son representadas por un número para su identificación en esta investigación, se muestra en el cuadro siguiente.

Cuadro 8. Resumen de rendimientos obtenidos

No. de industria	Producto	Especie	Volumen inicial m ³	Volumen final m ³	Rendimiento %
1	Troza	Pino	6.8183	4.4151	64.8467
2	Troza	Pino	5.4903	3.5275	64.3353
3	Troza	Pino	6.8939	4.6626	67.3476
4	Troza	Pino	8.8251	6.2492	70.3392
5	Troza	Pino	1.8280	1.0990	59.0548
	Trocilla	Pino	0.5346	0.3150	58.8596
6	Trocilla	Pino	0.4477	0.2649	59.6083
7	Trocilla	Pino	0.4684	0.2780	59.3318
8	Trocilla	Pino	0.5957	0.3755	63.3462
9	Trocilla	Pino	0.3993	0.2297	57.2351
10	Trocilla	Pino	0.7619	0.4489	60.2192
11	Trocilla	Pino	0.6430	0.3747	58.2451

No. de industria	Producto	Especie	Volumen inicial m ³	Volumen final m ³	Rendimiento %
12	Trocilla	Pino	0.4787	0.2854	60.7711
13	Trocilla	Pino	0.7765	0.4605	59.6817
14	Trocilla	Pino	0.6326	0.3581	56.8010
15	Trocilla	Pino	0.3280	0.1861	56.8433
16	Trocilla	Pino	0.6711	0.4091	61.0638
17	Trocilla	Pino	0.3832	0.2188	56.9555
18	Trocilla	Pino	0.3878	0.2224	57.9737
19	Trocilla	Pino	1.2536	0.7368	58.7115
20	Flitch	Caoba	1.5087	1.1670	79.6111
	Flitch	Cedro	1.5111	1.1577	77.3694
	Flitch	Rosul	0.7124	0.5493	76.8003
	Flitch	Sangre	1.6094	1.2366	77.4081
Total general			43.9862	29.2278	63.4441

Fuente: elaborado por el autor.

6.2.1 Coníferas

La materia prima de coníferas, corresponde a troza y trocilla, las cuales en su totalidad pertenecen al género *Pinus*, por ser la de mayor demanda en la región por su fácil manipulación en el proceso de transformación, mayor oferta, y precios más accesibles en comparación de especies latifoliadas, y el producto final corresponde a madera aserrada, madera aserrada para la elaboración de tarimas, camastrones de cama, marcos, bolillos y embalajes para tomate entre otros. El resultado de las evaluaciones se clasificó según el tipo de materia prima de la manera siguiente:

6.2.1.1 Rendimiento de troza

En la evaluación del rendimiento de producto troza realizado en cinco industrias del municipio de San Agustín Acasaguastlán, se obtuvieron los siguientes resultados:

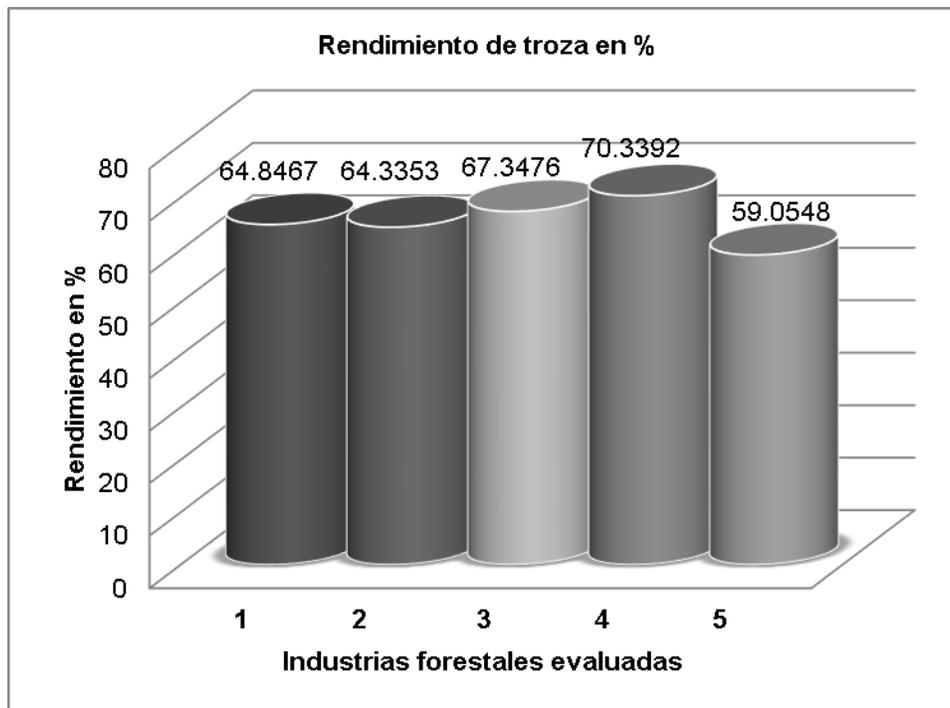
Cuadro 9. Rendimiento de troza

No. de industria	Promedio de diámetros (cm)	Promedio de longitud (m)	Volumen inicial m ³	Volumen final m ³	Rendimiento %
1	33.5200	3.7380	6.8183	4.4151	64.8467
2	29.2725	3.9700	5.4903	3.5275	64.3353
3	35.5515	3.4685	6.8939	4.6626	67.3476
4	41.1725	3.1370	8.8251	6.2492	70.3392
5	23.5250	2.0395	1.8280	1.0990	59.0548
Total	32.6083	3.2706	29.8556	19.9533	65.1847

Fuente: elaborado por el autor.

En el cuadro anterior claramente puede apreciarse un rendimiento medio del producto troza de 65.1847, habiendo observado diferencias sobresalientes en dos industrias, ya que una de ellas esta 6.1299% por debajo de la media general presentando el rendimiento más bajo de este tipo de producto, caso contrario sucedió con la industria identificada con el número 4, que su eficiencia de transformación es superior a todas las evaluadas con un 70.3392%.

Figura 14. Rendimientos de trozas por industrias



Fuente: elaborado por el autor.

6.2.1.2 Rendimiento de trocilla

El rendimiento porcentual del producto trocilla de coníferas se realizó en quince industrias, del municipio de San Agustín Acasaguastlán, en donde se observó que 14 de las 15 producen madera aserrada de dimensiones similares que se utilizan en la elaboración de tarimas, a excepción de la empresa identificada con el número **8** que produce madera aserrada para fabricación de marcos.

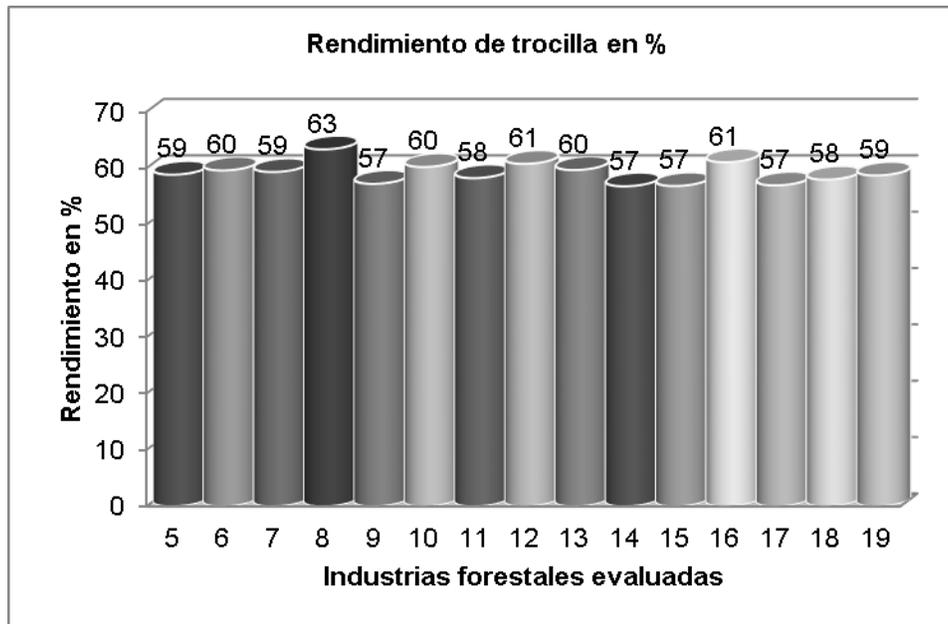
Cuadro 10. Rendimiento de trocilla

No. de industria	Promedio de diámetros (cm)	Promedio de longitud (m)	Volumen inicial m ³	Volumen final m ³	Rendimiento %
5	16.1250	1.2955	0.5346	0.3150	58.8596
6	14.7188	1.2905	0.4477	0.2649	59.6083
7	16.4938	1.0820	0.4684	0.2780	59.3318
8	15.5750	1.5395	0.5957	0.3755	63.3462
9	13.9188	1.2920	0.3993	0.2297	57.2351
10	19.0838	1.2775	0.7619	0.4489	60.2192
11	18.3625	1.2000	0.6430	0.3747	58.2451
12	14.8750	1.3315	0.4787	0.2854	60.7711
13	21.1750	1.0875	0.7765	0.4605	59.6817
14	16.7313	1.3640	0.6326	0.3581	56.8010
15	12.6063	1.3025	0.3280	0.1861	56.8433
16	17.0938	1.4300	0.6711	0.4091	61.0638
17	13.7500	1.2805	0.3832	0.2188	56.9555
18	13.7313	1.2905	0.3878	0.2224	57.9737
19	24.5688	1.3085	1.2536	0.7368	58.7115
Total	16.5873	1.2915	8.7622	5.1639	59.0431

Fuente: elaborado por el autor.

La trocilla presenta un rendimiento medio de 59.0431% observándose un comportamiento bastante homogéneo, ya que el resultado más bajo es de 56.8010 % es decir 2.2421 % debajo de la media, llama la atención que una industria supera 4.3031 % el rendimiento medio, ya que posee 63.3462 % comportamiento atípico dentro de la muestra evaluada.

Figura 15. Rendimientos de trocilla por industria



Fuente: elaborado por el autor.

La grafica anterior muestra la similitud existente entre los rendimientos porcentuales de las industrias evaluadas que utilizan trocilla como materia prima, situación que se observa debido a que en su mayoría utilizan el mismo tipo de producto para producir madera aserrada con dimensiones similares.

6.2.2 Latifoliadas

Respecto a la evaluación de especies latifoliadas es importante hacer mención que las mismas se ejecutaron solo en un aserradero, debido a que era el único de nuestro universo de interés que procesa este tipo de materia prima, por otro lado la demanda de dicho producto en el área es bastante escasa en comparación con las especies coníferas, la materia prima utilizada conocida como flitch, proviene del bosque con cierto proceso de transformación regularmente utilizando una motosierra con la finalidad de aprovechar al máximo el transporte, tomando en cuenta las distancias que se deben recorrer para llegar al destino final, reduciendo así los volúmenes de desperdicio en aserradero.

Las evaluaciones realizadas se presentan a continuación detallando cada una de las especies que fueron sujetas al proceso para la presente investigación lo cual se detalla a continuación.

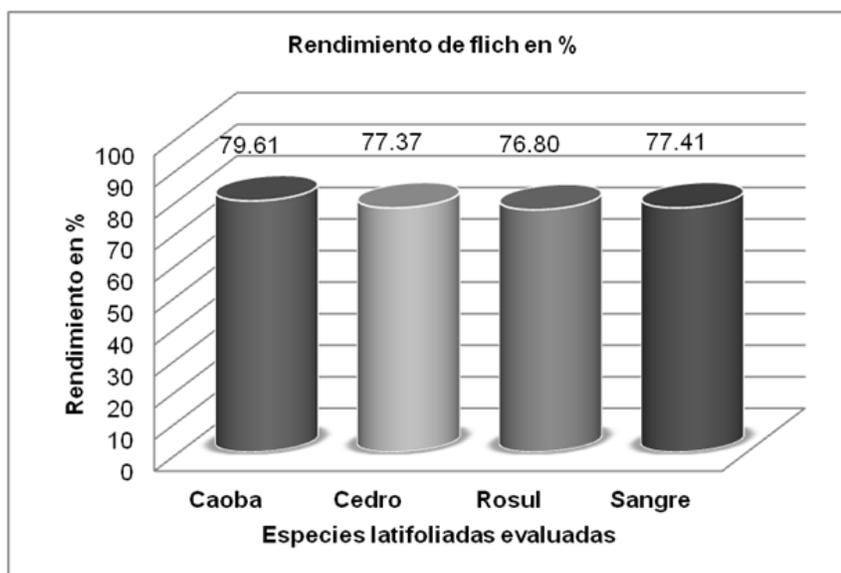
Cuadro 11. Rendimiento de especies latifoliadas

No.	Especies latifoliadas evaluadas	Volumen inicial m ³	Volumen final m ³	Rendimiento %
1	Caoba	1.5087	1.1670	79.6111
2	Cedro	1.5111	1.1577	77.3694
3	Rosul	0.7124	0.5493	76.8003
4	Sangre	1.6094	1.2366	77.4081
	Total	5.3416	4.1106	77.7972

Fuente: elaborado por el autor.

Se puede apreciar en el cuadro 11 que el rendimiento es similar en todos los casos tomando en cuenta que la media para latifoliadas es de 77.7972 %, observándose que la especie con el resultado más bajo es de 76.8003 %, únicamente 0.9969 % debajo de la media, caso contrario sucede con la especie caoba en la cual se observó un rendimiento 1.8139% arriba del promedio general de latifoliadas, mismo que a pesar de ser superior se mantiene cerca de las otras tres especies evaluadas.

Figura 16. Comparación de rendimientos entre especies latifoliadas



Fuente: elaborado por el autor.

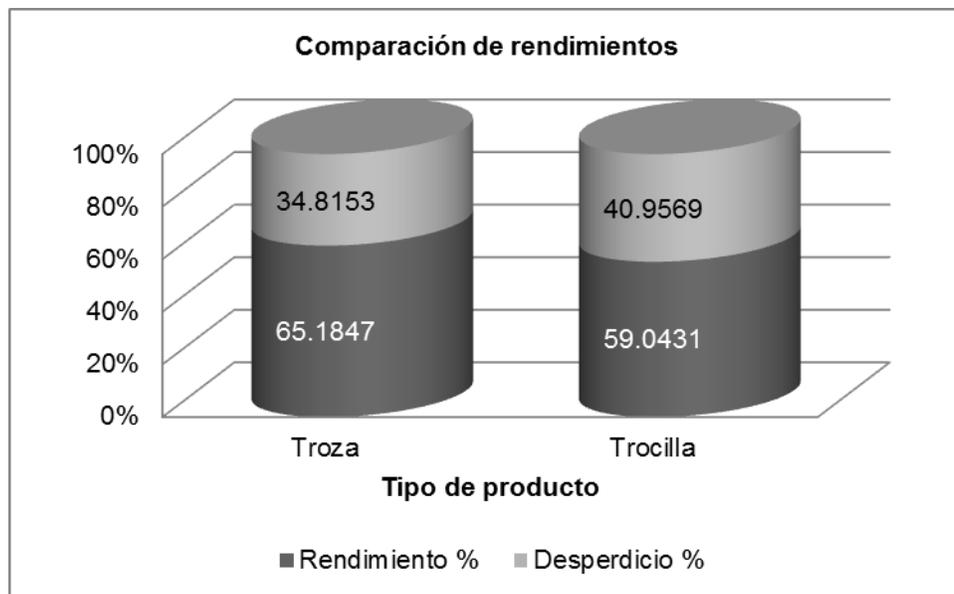
6.3 Discusión de resultados

Los resultados obtenidos reflejan los rendimientos actuales de la industria forestal en el departamento de El Progreso, mismos que por su complejidad se detallan de la siguiente manera:

6.3.1 Factores que inciden en el rendimiento de troza y trocilla

Estos dos tipos de producto son similares en su aspecto fenotípico, diferenciados únicamente por sus dimensiones, sin embargo los rendimientos porcentuales de cada tipo de producto es distinto ya que en los resultados obtenidos, la troza arroja una eficiencia de transformación media de 65.1847%, es decir 6.1416% por encima de la trocilla.

Figura 17. Comparación de troza versus trocilla



Fuente: elaborado por el autor.

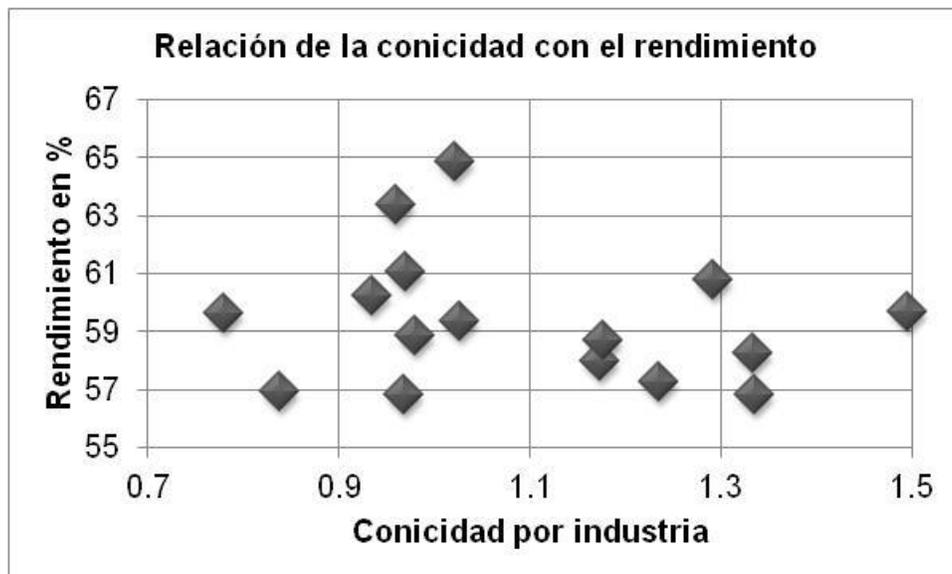
6.3.1.1 Habilidad del operador

Los resultados obtenidos en el presente estudio no se vieron afectados por este aspecto ya que las dimensiones de la madera utilizada permitió una fácil manipulación y la automatización de las sierras minimiza el error humano, además el análisis de los resultados indica que son otros factores que determinaron el rendimiento porcentual de cada industria. Otros estudios indican que La pérdida de productividad puede deberse a: Deficiencias de los operarios, trozas mal enganchadas, baja alimentación del carro (Egas, 1998, citado en Arreaga Morales, 2007).

6.3.1.2 Conicidad

La madera en rollo como la troza y la trocilla son de forma semicilíndrica ya que cuentan con cierto grado de conicidad que en algún momento puede estar directamente relacionado con el rendimiento de los aserraderos, dependiendo si los costeros son utilizados para obtener otro tipo de producto como la caja tomatera.

Figura 18. Relación entre la conicidad y el rendimiento



Fuente: elaborado por el autor.

En el presente estudio la conicidad no fue un factor que influyera en los resultados obtenidos, debido a que según la gráfica no existe una relación claramente definida entre el rendimiento y el índice de conicidad que presentaron las industrias evaluadas que trabajan con trozas y trocillas. Otro aspecto importante a considerar es que la trocilla posee longitudes cortas de 1 a 1.30 metros, por lo que la conicidad no representa un factor determinante.

6.3.1.3 Clases diamétricas

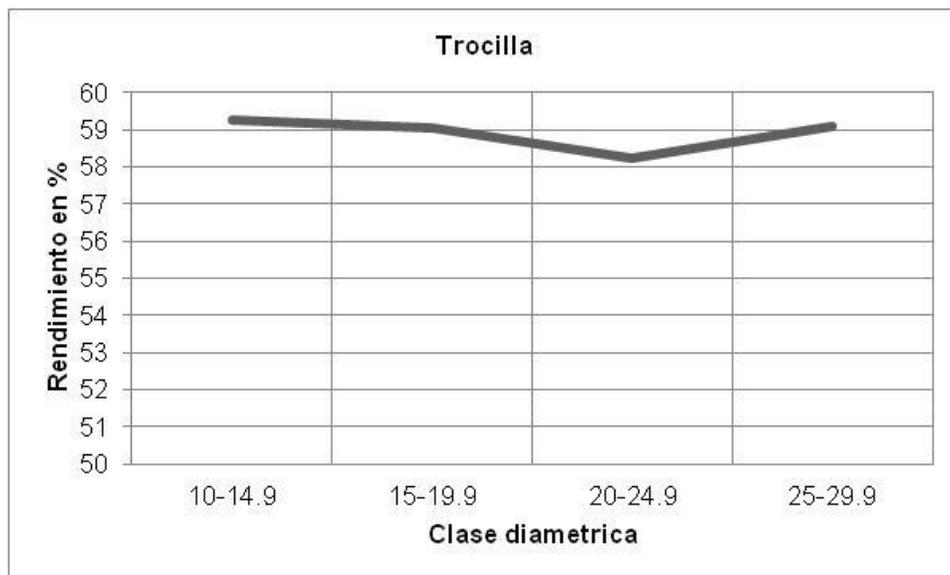
Se realizó análisis sobre las clases diametrales de las trozas y trocillas evaluadas en los aserraderos, habiéndose encontrado dos comportamientos que se muestra en el cuadro siguiente:

Cuadro 12. Rendimiento de troza y trocilla por clase diamétrica

Clases diamétricas	10-14.9	15-19.9	20-24.9	25-29.9	30-34.9	35-39.9	40-44.9	45-49.9	50-54.9	55-59.9	>60
Trocilla	59.273	59.059	58.229	59.07							
Troza		57.154	60.147	63.786	67.461	66.426	66.712	65.023	71.257	70.731	77

Fuente: elaborado por el autor.

Figura 19. Rendimiento de trocilla por clase diamétrica

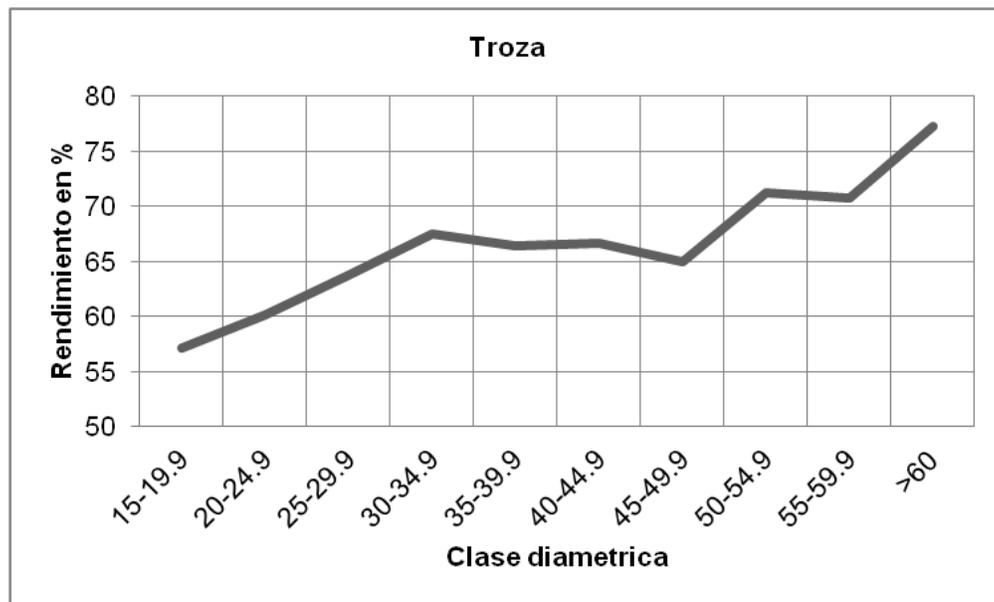


Fuente: elaborado por el autor.

En el caso de la trocilla se observó un comportamiento similar en casi todas las evaluaciones, es decir la diferencia de rendimientos por clase diamétrica fue de 1.044% entre la de mayor y menor rendimiento, por lo que se considera que este factor en la trocilla no es determinante.

Con el producto troza se obtuvieron resultados distintos a la trocilla, ya que existe una estrecha relación entre el diámetro y el rendimiento, pudiendo afirmar con los datos obtenidos que cuando mayor sea el diámetro utilizado, la eficiencia de transformación aumenta.

Figura 20. Rendimiento de troza por clase diamétrica



Fuente: elaborado por el autor.

La grafica anterior muestra que aunque existen algunas clases diamétricas en las cuales el rendimiento no refleja mayor incremento y hasta algún descenso, la tendencia general es ascendente, con lo cual se arriba a la conclusión que el diámetro si es un factor determinante para el rendimiento.

6.3.1.4 Producto final obtenido

En todos los casos el producto final obtenido del proceso de transformación consistió en madera aserrada con diferentes dimensiones según el propósito de la industria, ya que con este se fabrican tarimas, cajas tomateras, bolillos, armazones para cama entre otros, el objetivo de cada industria define lo que se conoce como diagrama de corte.

Las industrias que utilizan trocilla como materia prima realizan un diagrama de corte similar, ya que las tarimas producidas poseen las mismas dimensiones, en consecuencia no se observó una variación significativa en el porcentaje de rendimiento entre industrias debido a que todas a excepción de la industria que se identifica con el número **8**, procesan el mismo tipo de producto y producen madera aserrada con dimensiones similares. La industria número **8**, es un caso atípico, cuenta con un diagrama de corte distinto a los otros aserraderos evaluados dentro de la muestra, ya que produce marcos, lo que le permitió obtener 4.3031% arriba de la media porcentual para trocilla.

En la transformación de troza, se pudo observar que existe un mayor aprovechamiento de madera, en comparación con la trocilla, y una de las razones que marcan la diferencia son los costeros, debido a que representa un volumen de desperdicio superior en trocillas que en trozas. Asimismo los costeros de troza por ser de dimensiones superiores a los de la trocilla pueden utilizarse para obtener madera aserrada para producción de caja tomatera. En el caso de la trocilla la mayor parte de costeros es considerado desperdicio por lo que difícilmente pueden ser utilizados como para incrementar los rendimientos; asimismo por tratarse de piezas de diámetros menores, la variedad de productos a obtener también se ve limitada, por otro lado, un defecto en la trocilla como un nudo puede causar que una pieza no pueda ser utilizada y sea considerada como desperdicio lo cual reduce considerablemente el rendimiento.

Se visualizó un caso atípico en una industria que procesa troza, identificada con el número **5**, debido a que su rendimiento fue relativamente bajo (59.0548%) en

comparación del resto de aserraderos que procesan este mismo producto, lo cual se atribuye a un fenómeno que influyó significativamente, el que está relacionado a que la madera aserrada obtenida es de dimensiones menores usada elaboración de armazones para cama, este detalle implica realización de mayor número de cortes que se traduce en mayor volumen en forma de aserrín.

6.3.2 Factores que inciden en el rendimiento de flitch

El flitch proviene directamente del bosque con cierto proceso de transformación realizado con motosierra, en este tipo de producto, según los datos obtenidos la especie no es determinante ya que el rango de variación es de 2.8109%, lo cual esta relacionado directamente por dos factores que se describen a continuación:

6.3.2.1 Habilidad del operador

Este aspecto esta relacionado a la capacidad del operador en el bosque, debido a que el flitch posee forma cuadrada o rectangular, que usualmente la define el operario utilizando una motosierra, ya que si no se cuenta con suficiente habilidad o practica se corre el riesgo de realizar cortes torcidos que afecten el rendimiento de transformación en la industria.

Se considera que el incremento que obtuvo la caoba en comparación a las otras especies se debe a que el flitch fue elaborado por personas con mayor habilidad y experiencia en el uso de motosierra para obtener mejores cortes, ya que el valor monetario de esta especie es superior a muchas otras.

6.3.2.2 Producto final obtenido

El factor principal que establece el rendimiento de **flitch** en aserradero es el tipo de producto que se pretenda obtener, es decir, que si se desea madera aserrada de

pequeñas dimensiones será necesario realizar más cantidad de cortes que se traducen en desperdicio en forma de aserrín.

En el caso de las cuatro especies latifoliadas evaluadas el resultados fue similar ya que se obtuvo rendimiento promedio de 77.7972%, en virtud de que el diagrama de corte utilizado fue el mismo en todos los casos.

6.3.3 Análisis comparativo de los rendimientos obtenidos versus Acuerdo 42.2003

Tomando en cuenta los resultados obtenidos de la presente investigación, y en función de que la industria forestal evaluada representa la principal población de empresas forestales del departamento de El Progreso, se puede afirmar que hoy en día existen otros productos provenientes del bosque y con ellos distintos rendimientos de transformación forestal que difieren de los establecidos por el INAB, en el Acuerdo de Gerencia 42-2003.

Este acuerdo contempla el rendimiento únicamente para troza, debido a que en ese entonces era el producto principal utilizado por las industrias forestales para aserrío, El resto era como considerado leña; asimismo la maquinaria utilizada generaba mayor cantidad de desperdicio por el grosor de las sierras de ese entonces.

El uso de nueva maquinaria como la Wood Mizer, que utiliza una sierra de banda con un grosor de 1mm, lo que reduce en gran manera el desperdicio en cada corte. Este cambio de tecnología también trajo consigo la oportunidad de utilizar materia prima con diámetros menores (trocilla) que anteriormente era considerado como leña.

En el caso de la troza de coníferas, la innovación tecnológica permitió superar los rendimientos establecidos en el Acuerdo de Gerencia 42.2003, por 5.1847%, lo que puede afectar en la actualidad a las industrias que utilicen este tipo de maquinaria y no

posea autorizado un rendimiento distinto a lo normado ya que este excedente puede considerarse como ilegal por parte del INAB.

En relación a la trocilla de coníferas, los rendimientos no están contemplados en el acuerdo, por lo que es necesario incluirlos, ya que en la actualidad es un producto común utilizado en la industria forestal no solo en el departamento de El Progreso, sino también en otros dentro del territorio nacional.

El flitch es un producto no contemplado en el acuerdo de gerencia, y se considera que al igual que la trocilla deberá incluirse ya que es un tipo de producto usado en la actualidad cuyos rendimientos promedio son de 77.7972%.

Se realizó un análisis comparativo del volumen de troza ingresado durante el año 2012, de una de las industrias evaluadas, aplicando los rendimientos establecidos por el INAB, con los de la presente investigación, habiendo obtenido los siguientes resultados.

Cuadro 13. Comparación de los rendimientos obtenidos en trozas versus INAB

Trimestre	ene-mar	abr-jun	jul-sep	oct-dic
Ingreso de troza (m³)	565.65	694.90	585.00	637.00
Ingreso de troza acumulada (m³)	565.65	1260.55	1845.55	2482.55
Rendimiento medio según estudio realizado (m³)	368.69	821.63	1202.93	1618.13
Rendimiento según INAB (m³)	339.39	756.33	1107.33	1489.53

Fuente: elaborado por el autor.

En el cuadro anterior como resultado se observa que al comparar los distintos rendimientos se obtiene una diferencia al final del año de 128.60 m³, de madera aserrada, este volumen representaría 214.33 m³ de volumen de troza que no tendría respaldo legal si se toma en cuenta lo establecido por el INAB.

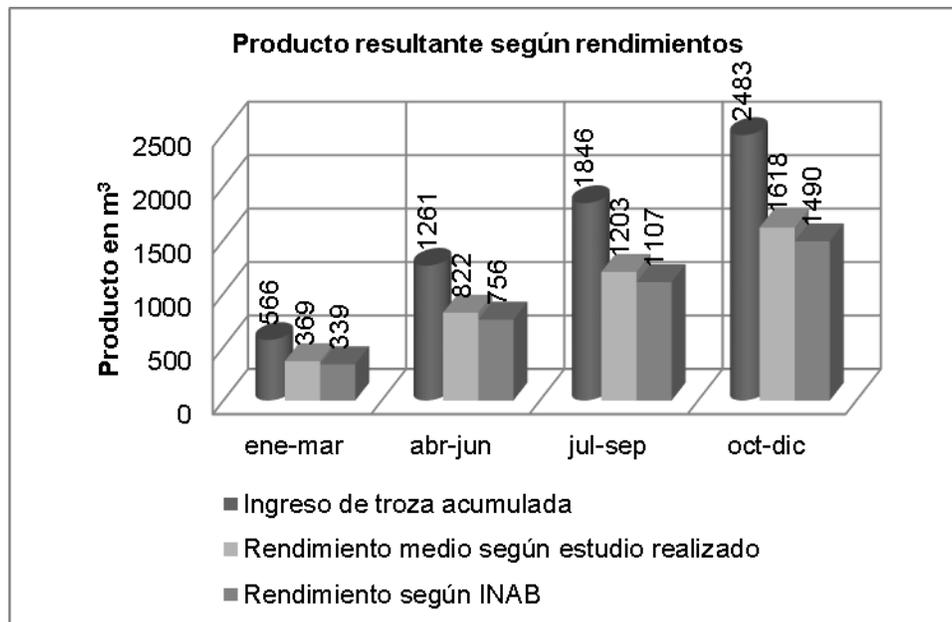
Esto implica un delito en materia forestal y es sancionado con multa y prisión de 1 a 5 años, cuando la materia prima realmente ingreso de manera legal a la empresa; lo cual se encuentra estipulado en el artículo 94 de la Ley Forestal (Decreto 101-96) que dice:

Recolección, utilización y comercialización de productos forestales sin documentación. Quien recolecte, utilice o comercialice productos forestales sin la documentación correspondiente, reutilizándola o adulterándola, será sancionado de la manera y criterios siguientes:

a) De uno a cinco (1 a 5) metros cúbicos, con multa equivalente al veinticinco por ciento (25%) del valor extraído.

b) De más de cinco (5) metros cúbicos, con prisión de uno a cinco años (1 a 5) y multa equivalente al cincuenta por ciento (50%) del valor extraído.

Figura 21. Proyección de rendimiento obtenidos en trozas versus INAB



Fuente: elaborado por el autor.

VII. CONCLUSIONES

El rendimiento promedio obtenido de la evaluación del producto troza de coníferas en la industria forestal de El Progreso es de 65.1847%, este resultado está estrechamente relacionado con el diámetro de trozas, tipo de producto que se obtiene durante el proceso de transformación, y el tipo de maquinaria que hoy en día se utiliza, superando a la trocilla por 6.1447%.

La trocilla de especies coníferas posee un rendimiento promedio de 59.0431%, habiéndose observado un comportamiento similar, debido a que 13 de las 14 industrias evaluadas en el departamento de El Progreso que utilizan este tipo de materia prima producen madera aserrada con dimensiones similares para armado de tarima.

En la única industria forestal evaluada en el departamento de El Progreso se encontró que el rendimiento de producto flitch (producto semielaborado) es de 77.7972% superando ampliamente a la troza y trocilla de coníferas, en virtud de que éste ingresa con cierto proceso de transformación (sin costeros) proveniente del bosque lo que reduce el volumen de desperdicio en la industria. Pudiendo afirmar en este tipo de producto que el rendimiento no está vinculado directamente a la especie sino a la habilidad del operador en el bosque y al diagrama de corte.

Los resultados obtenidos en las industrias evaluadas del departamento de El Progreso, demuestran que el Acuerdo de Gerencia 42.2003 de fecha 26 de marzo de 2003, emitido por el INAB, no se adapta a la realidad actual en esta región del país, debido a que éste no contempla la variedad de materia prima que hoy en día se utiliza en esta área, asimismo la innovación tecnológica ha permitido en el caso de la troza incrementar los porcentajes de rendimiento. Otro aspecto que cabe destacar es que con rendimientos superiores a los de la norma, se corre el riesgo de no respaldar la procedencia lícita de cierto volumen de los productos que ingresan a la industria, lo cual puede significar multa y prisión para los propietarios de las empresas según lo establece el artículo 94, de la Ley Forestal.

VIII. RECOMENDACIONES

Las industrias forestales que procesan troza en el departamento de El Progreso, deben utilizar sus costeros para incrementar los rendimientos actuales lo que permitirá obtener mayores ingresos económicos y un mejor aprovechamiento de la madera.

Que las industrias forestales del departamento de El Progreso, no utilicen trocillas con diámetros mayores a 20 centímetros, debido a que su rendimiento no sufre cambios significativos aunque el diámetro se incremente, salvo que se modifique el diagrama de corte.

Evitar cortes torcidos en la producción de flitch, considerando la posibilidad de utilizar aserradero móvil en los bosques donde se pretenda extraer este tipo de producto, lo que permitirá mejor rendimiento en el bosque, y por consiguiente en aserradero; si se elabora con motosierra, utilizar marcos.

Que se realice un análisis para cada región industrial forestal del país, tomando en cuenta el tipo de materia prima, maquinaria, especies y producto final que se obtenga, para conocer los rendimientos en el aserrío de cada lugar, lo que permitirá evitar inconvenientes legales a los propietarios de empresas y una mejor proyección económica de la actividad forestal.

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- A0008S21. (s.f.). SIDALC Alianza de Servicios de Información Agropecuaria
Recuperado de: <http://orton.catie.ac.cr/REPDOC/A0008S/A0008S21.PDF>
- Alvarez Castillo, E. A. (2007). *Trabajo de graduación realizado en el Instituto Nacional de Bosques -INAB-, en promoción y fortalecimiento a las actividades desarrolladas en la sección de industrias forestales de la región I, metropolitana.* Tesis, Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.
- Alvarez Lazo, D., Jiménez Perez, F. J., Prades, C., & Estévez, D. (2004). *Eficiencia de los aserraderos.* Monografias.com Recuperado de: <http://www.monografias.com/trabajos17/aserraderos/aserraderos.shtml>
- Arreaga Morales, J. G. (2007). *Rendimiento en la transformación de madera en rollo a madera aserrada de la especie de caoba (Swietenia macrophylla) en dos aserraderos del municipio de Flores, Peten.* Tesis, Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.
- Authentic Maya. (2011, Noviembre 25). *Arboles de Guatemala.* Mayas autenticos. Recuperado de: <http://www.mayasautenticos.com/arboles.htm>
- Authentic Maya. (2011, Noviembre 25). *Coníferas de Guatemala.* Mayas autenticos. Recuperado de: http://www.mayasautenticos.com/coniferas_de_guatemala.htm
- Batres, D. (2003). *Manual para el cálculo de rendimiento de aserrío.* (Documento inedito). Instituto Nacional de Bosques, Guatemala.
- Centro de Estudios Ambientales y Biodiversidad, Alianza para la Conservación de Bosques de Pino-Encino de Mesoamérica, The Nature Conservancy. (2009). *Diagnóstico ecológico y socioeconómico de la ecorregión bosques de pino-encino de Centroamérica.* Guatemala: The Nature Conservancy/Universidad del Valle de Guatemala.
- Clase 2 Aserrío de la madera.* (s.f.). TEC Digital, Tecnológico de Costa Rica
Recuperado de: http://tecdigital.tec.ac.cr/file/2872709/CLASE_2_ASERRIO_DE_LA_MADERA.pdf

- Decreto 2-89, de 10 de enero. (1989, Abril 3). Ley del organismo judicial. *Diario de Centro América*, Guatemala. CCXXXV(98), págs. 2425-2436.
- Decreto 101-96, de 2 de diciembre. (1996, Diciembre 4). Ley forestal. *Diario de Centro América*, Guatemala.
- Equipo de Sensores Remotos. (2007). *Manual de reforestación: especies maderables tradicionales* (Vol. II). Panamá: Autoridad del Canal de Panamá.
- Gonzales, Y., & Cuadra, M. (2004). *Estandarizacion de medidas y cálculo de volumen de madera*. Nicaragua.
- González Martínez, H. (2008). *Estudio comparativo del aserrío de encino y pino en el aserradero comunal de Capulalpam de Méndez, Oaxaca*. Tesis, Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, Texcoco.
- Henning, N. (1972). *Mediciones I*. Escuela Nacional de Ciencias Forestales, Siguatepeque, Honduras.
- Hérendez Paz, M., Sandoval, C. H., Ramírez, J. A., Alvarez, R. R., & Cálix, J. O. (1999). *Sangre real Virola koschnyi Ward*. ESNACIFOR. Lancetilla: PROECEN.
- Instituto Nacional de Bosques (Guatemala). *Acuerdo de gerencia 42.2003*. Guatemala, 2003.
- Instituto Nacional de Bosques. (2004). *Guía práctica para cubicación de madera* (Segunda ed.). Guatemala.
- Instituto Nacional de Bosques. (2011). *Manual técnico de fiscalización de industrias forestales*. Guatemala.
- Jiménez Pineda, S. E. (2006). *Estudio de rendimiento de madera de pino candelillo (Pinus maximinoii H. E. Moore) en el proceso de transformación de troza en un aserradero de cinta de Cobán, Alta Verapaz*. Tesis, Universidad Rafael Landívar, Guatemala.
- Kotro, Silva, Tercero, & Vásquez. (1998). *Memorias de II curso de aserradero*. INTECFOR, Proyecto 8 PROCAFOR, Santa Cruz, Estelí.
- Martínez Cossio, R. (2009). *Estudios de rendimientos de aserrío de las especies: Ochoó, Soto y Sirari* (Primera ed.). (F. Clavijo, Ed.) Santa Cruz, Bolivia: Proyecto BOLFOR/CADEFOR.

- Nájera Luna, J. A., Adame Villanueva, G. H., Méndez González, J., Vargas Larreta, B., Cruz Cobos, F., Hernández, F. J., & Aguirre Calderón, C. G. (2012). Rendimiento de la madera aserrada en dos aserraderos privados de El Salto, Durango, México. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*(55), 11-23.
- Picos Martín, J., & Cogolludo Agustín, M. (2008). *Apuntes de dasometría*. Universidade de Vigo, Escola Universitaria de Enxeñería Técnica Forestal, Vigo.
- Pinelo, G. (1997). *Informe sobre rendimiento de madera en rollo*. Proyecto CATIE CONAP -PCC-, Petén, Guatemala.
- Quirós, R., Chinchilla, O., & Gómez, M. (2005). Rendimiento en aserrío y procesamiento primario de madera proveniente de plantaciones forestales. *Agronomía Costarricense*(29), 7-15.
- Ramírez Anléu, C. (2011, Julio). Ficha técnica *Dalbergia stevensonii*. *Somos un Cluster Forestal*(21), 4.
- Resolución 02.43.2005, de 6 de diciembre. (2006, Enero 30). Reglamento del registro nacional forestal. *Diario de Centro América*, CCLXXVIII(56), págs. 11-14.
- Ríos Torres, M. (2005). *Manual de buenas practicas de manufactura para la industria de aserrío*. Propuesta, Vice Ministerio de Comercio Exterior de Perú, Programa de Desarrollo de Políticas de Comercio Exterior, Lima.
- Salguero, O., & Dávila, J. A. (1988). Monografía de Sanarate. *100 años de la feria titular de Sanarate*. Recuperado de: <http://www.sanarate.com/Reportajes/Monografia/index.html>
- Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia. (2010). *Morazán*. Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia - Gobierno de Guatemala. Recuperado de: http://www.segeplan.gob.gt/2.0/index.php?option=com_k2yview=itemlistytask=categoryid=78:morazanyItemid=333yyopc=2
- Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia. (2010). *San Agustín Acasaguastlán*. Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia - Gobierno de Guatemala. Recuperado de:

http://www.segeplan.gob.gt/2.0/index.php?option=com_k2yview=itemlistytask=categoryid=79:san-agustin-acasaguastlanyltemid=333

Serra V., M. T. (1987, Septiembre). *Género pinus L.* Biblioteca Digital de la Universidad de Chile. Recuperado de:

http://mazinger.sisib.uchile.cl/repositorio/lb/ciencias_forestales/serram02/10.html

Toledo, E. (1999). *Mercado mundial de especies de coníferas y latifoliadas*. Memoria V Congreso nacional Forestal, Guatemala.

Wood-Mizer LLC. (2014). *Wood-Mizer international spanish) recursos) el corte más fino de Wood-Mizer*. Wood-Mizer International Spanish. Recuperado de: <http://www.woodmizeres.com/es/Recursos/Elcortem%C3%A1sfinodeWoodMizer.aspx>

Wood-Mizer Products, Inc. (2007). *Wood-Mizer aserradero manual portatil LT15*. Wood-Mizer International Spanish. Recuperado de: <http://www.woodmizeres.com/sawmills/manual/lt15/lt15.aspx>

ANEXOS

Anexo 1. Acuerdo de Gerencia No. 42.2003



INSTITUTO NACIONAL DE BOSQUES -INAB-
Guatemala, 26 de Marzo de 2,003
ACUERDO DE GERENCIA No.42.2003

CONSIDERANDO

Que la Ley Forestal, Decreto Legislativo 101-96 del Congreso de la República, establece que son atribuciones del gerente entre otras: "a) Dirigir, ejecutar y ordenar todas las actividades técnicas y administrativas del INAB, de acuerdo con las políticas, lineamientos y mandatos establecidos por la Junta Directiva, siendo responsable ante ésta por el correcto y eficaz funcionamiento del Instituto".

CONSIDERANDO

Que la misma Ley indica que el INAB fiscalizará los aserraderos y aduanas del país, con el fin de cuantificar, cualificar y verificar la procedencia lícita de los productos forestales, según los procedimientos que establezca el Reglamento de la Ley y que el personal autorizado del INAB, previa identificación, tendrá acceso a las instalaciones de las industrias forestales del país. Estas industrias tienen la obligación de llevar la contabilidad sobre el volumen de madera aserrada que éstas rindan. El volumen total de madera a vender será el equivalente al volumen de trozas autorizadas, menos los desperdicios causados por el procesamiento.

CONSIDERANDO

Que es necesario unificar criterios en el establecimiento de rendimientos en el aserrío, tanto para el mercado nacional como internacional. Dichos parámetros son indispensables en la fiscalización de aserraderos e industrias forestales, así como, en la autorización de Licencias de Exportación de productos forestales, de tal forma que el personal del INAB, el industrial y el exportador conozcan de forma clara cuales son los parámetros bajo los cuales serán fiscalizados y así tengan la certeza en la actividad para adquirir y transformar los productos forestales.

POR TANTO

Con base a lo anteriormente considerado y a lo preceptuado en los artículos 5, 30 y 154 de la Constitución Política de la República de Guatemala; del 1 al 6 de lo Contencioso Administrativo y 1, 2, 4, 5, 6, 9, 16, 62, 63, 64 y 94 del Decreto Legislativo 101-96, además de los artículos 56, 57 y 58 del Reglamento de la Ley Forestal.



Instituto Nacional de Bosques
7ª Avenida 12-90 Zona 13
Ciudad de Guatemala
GUATEMALA C.A.
Teléfonos:
472 0812 • 472 0814
472 1039 • 472 1065
3618068 • 361 0869
Fax: 361 8070
e-mail:
informacion@inab.gob.gt



ACUERDA

PRIMERO: Aprobar los parámetros para la estimación de los rendimientos de transformación de madera en troza, ya sea en rollo o labrada.

SEGUNDO: Los parámetros de rendimiento serán aplicados en la fiscalización de aserraderos e industrias forestales y en el trámite de licencias para la exportación de productos forestales.

TERCERO: Los parámetros de rendimiento en porcentaje en la transformación de productos forestales, se establecen con base al tipo de sierra que se utiliza y al tipo de bosque (conífera y latifoliada) de donde se obtiene la materia prima, debiendo éstos ser los utilizados en la fiscalización de aserraderos e industrias forestales, de la manera siguiente:

SIERRA PRINCIPAL	SIERRA SECUNDARIA	ESPECIE	RENDIMIENTO (%)
Banda	CON	Conífera	60
Banda	SIN	Conífera	55
Banda	SIN	Latifoliada	45
Circular	SIN	Conífera	49
Circular	SIN	Latifoliada	40
Motosierra	SIN	Todas	39

CUARTO: Para el mercado internacional, la Ventanilla Única para las Exportaciones, VUPE, aceptará rendimientos de aserrío como se detallan en el cuadro siguiente:

ESPECIES	RENDIMIENTO (%)	
	MERCADO	
	NACIONAL	EXPORTACIÓN
Conífera	Hasta 60	Hasta 40
Latifoliada	Hasta 45	Hasta 45

QUINTO: Para el rendimiento en la elaboración de productos forestales como postes de alumbrado o tendido eléctrico, tablero de aglomerados, chapado y contrachapado se acepta un rendimiento de producción de hasta 90%.

Instituto Nacional de Bosques



7ª Avenida 12-90 Zona 13
Ciudad de Guatemala
GUATEMALA, C.A.
Teléfonos:
472 0812 - 472 0814
472 1039 - 472 1065
3618068 - 361 0869
Fax: 361 8070
e-mail:
Informacion@inab.gob.gt
Página Web:
http://www.inab.gob.gt

"MAS BOSQUES PARA EL DESARROLLO DE GUATEMALA"



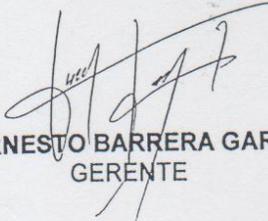
Instituto Nacional de Bosques

SEXTO: Cualquiera empresa que se sienta afectada con los porcentajes de rendimiento de aserrio o rendimiento de transformación enumerados anteriormente, podrá solicitar a la oficina Subregional de su jurisdicción la verificación de su rendimiento y proceso, para lo cual debe presentar una solicitud indicando cual es el rendimiento estimado en su empresa, además de acompañar a la solicitud el estudio de rendimiento elaborado en la misma, indicando la metodología, fórmulas y la muestra empleada en dicho estudio. El INAB con base a esta solicitud y su estudio, realizará las verificaciones del caso para determinar cual será el rendimiento que se le asignará a la empresa por tipo de mercado que utiliza.

SEPTIMO: Este Acuerdo constituye el documento oficial para estimar el rendimiento porcentual para los procesos de transformación de productos forestales, el cual será de observancia obligatoria por el personal correspondiente del INAB responsable de la supervisión de empresas de transformación y exportación de productos forestales.

OCTAVO: El presente acuerdo es de vigencia inmediata, por lo que se instruye a la Dirección de Operaciones para que lo haga del conocimiento del personal técnico de las Regiones Forestales en la mayor brevedad posible, así como a la Unidad de Fomento y Desarrollo Forestal para que lo traslade a la Delegación de la Ventanilla Única para las Exportaciones para su conocimiento y efectos.

NOTIFÍQUESE; Subgerencia, Dirección de Operaciones, Unidad de Fomento y Desarrollo Forestal, Normatividad Forestal, Planificación e Información Forestal, Delegación de la VUPE.


LUIS ERNESTO BARRERA GARAVITO
GERENTE



7ª Avenida 12-90 Zona 13
Ciudad de Guatemala
GUATEMALA, G.
Teléfonos:
472 0812 / 472 0814
472 1039 / 472 1065
3618068 / 361 0869
Fax: 361 8070
e-mail:
informacion@inab.gob.gt
Página Web:
<http://www.inab.gob.gt>

“MAS BOSQUES PARA EL DESARROLLO DE GUATEMALA”

**Anexo 2. Boleta de campo para medición de trozas en aserraderos para
evaluación de rendimiento en industrias forestales El Progreso, Guatemala**

Troza No.	Diámetro menor (cm)	Diámetro mayor (cm)	Largo (metros)	Volumen (pt)	Volumen (m³)
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					

Fuente: elaborado por el autor.

Anexo 3. Boleta de campo para medición de flich en aserraderos para evaluación de rendimiento en industrias forestales de El Progreso, Guatemala

No.	Ancho (cm)	Grosor (cm)	Longitud (metros)	Volumen (pt)	Volumen (m³)
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					

Fuente: elaborado por el autor.

**Anexo 4. Boleta de campo para medición de producto terminado en industrias
forestales de El Progreso
Cálculo de Eficiencia de Madera Aserrada**

Resultado troza 1

Cantidad de piezas	Espesor (cm)	Ancho (cm)	Longitud (mts)	Volumen (pt)	Volumen (m³)
Total					

Resultado troza 2

Cantidad de piezas	Espesor (cm)	Ancho (cm)	Longitud (mts)	Volumen (pt)	Volumen (m³)
Total					

Resultado troza 3

Cantidad de piezas	Espesor (cm)	Ancho (cm)	Longitud (mts)	Volumen (pt)	Volumen (m³)
Total					

Fuente: elaborado por el autor.

Anexo 5. cálculo de eficiencia de madera en rollo a madera aserrada de industrias forestales



Fecha: _____

Responsable: _____

Nombre del Aserradero: _____ Capacidad Anual: _____ m³

Ubicación: _____ Especies que asieran: Conífera
 Fincas que suplen de productos forestales a la industria: _____

Maquinaria que Utiliza la industria: Sierra Principal: _____ Sierra Secundaria: _____

Otro tipo de Maquinaria: _____

Valor de t para (n-1) grados de libertad para 90% de probabilidad: 1.729

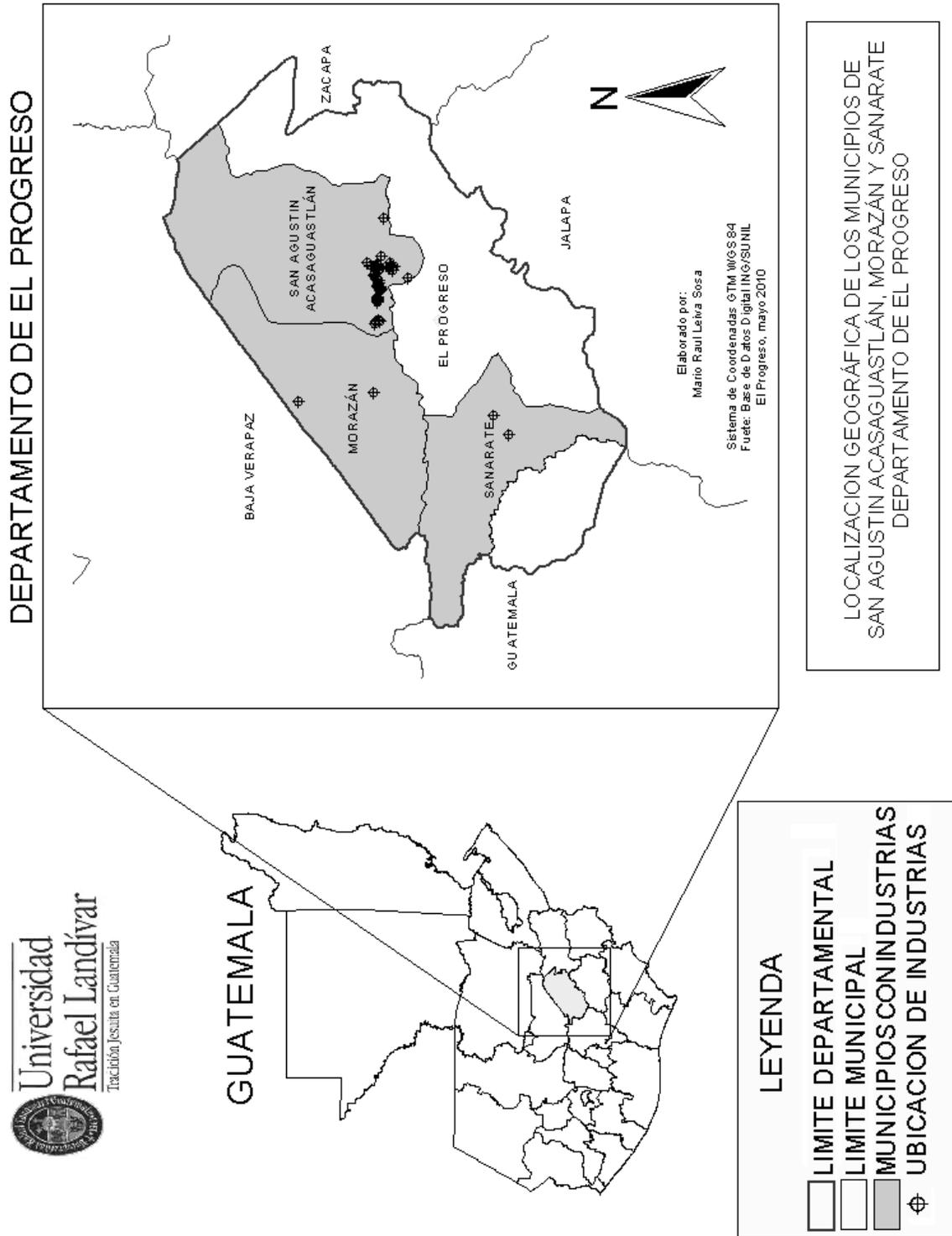
Troza No.	Volumen en Rollo (m ³)	Volumen Transformado (m ³)	Eficiencia (%)
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
Promedio de Porcentaje de Eficiencia			
Desviación Estándar			
Coefficiente de Variación			
Error Estándar de la Media Muestral			

Troza No.	Volumen en Rollo (m ³)	Volumen Transformado (m ³)	Eficiencia (%)
11			
12			
13			
14			
15			
16			
17			
18			
19			
20			
Error de Muestreo			
E. M. con porcentaje de la media			
Límite de Confianza Superior			
Límite de Confianza Inferior			

Observaciones Generales: _____

Fuente: INAB, 2003.

Anexo 6. Mapa de ubicación



Fuente: elaborado por el autor.

**Anexo 7. Innovación tecnológica de la industria forestal
(ANTES)**



(Fotografía: Mario Leiva, 2010)

(ACTUALIDAD)



(Fotografía: Mario Leiva, 2010)

Anexo 8. Proceso de transformación

Producto inicial



(Fotografía: Mario Leiva, 2010)

Sierra Principal



(Fotografía: Mario Leiva, 2010)

Sierra Secundarias



(Fotografía: Mario Leiva, 2010)

Producto Final



(Fotografía: Mario Leiva, 2010)