

MASTER EN ENERGIA PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE



Universidad
Católica
"Nuestra Señora de la Asunción"



UNIVERSITAT POLITÈCNICA
DE CATALUNYA

TÍTULO

Aprovechamiento Térmico de la Biomasa de residuos forestales para el secado de maderas Industriales en la Región Autónoma del Atlántico Norte de Nicaragua.

- MEMORIA / ANEXOS -

Autor :

Ing. Manolo José Valle Mendoza

GRUPO G13/2011-EST-XXX

Tutores :

M. Sc. René Martín Miranda Urbina

M. Sc. Orbelith Murillo Jarquín

Presentación :

Estelí, a 14 de Enero de 2012

Palabras clave: Energías Renovables, Energía de la Biomasa, Industria Forestal, Residuos Forestales, Secado de madera.

Resumen del trabajo : La utilización de los residuos forestales como fuente de energía de la biomasa, se convierte en un banco energético renovable, enfocado en el uso eficiente y sustentable de la materia para el desarrollo de la industria forestal, principalmente en la generación de fuentes energéticas de calor para el secado de la madera con fines industriales y que a su vez es capaz de generar otras fuentes energéticas renovables para el desarrollo sostenible en la región, convirtiéndose en un sistema de generación socialmente aceptable, económicamente viable y las condiciones medioambientalmente sean duradera, sin comprometer su composición e integridad del entorno de su ecosistema.

Aprovechamiento Térmico de la Biomasa de residuos forestales para el secado de maderas Industriales en la Región Autónoma del Atlántico Norte de Nicaragua.

Por M. Sc. Manolo José Valle Mendoza.

La actividad forestal en Nicaragua, se encuentra concentrada en la región con mayor potencial silvícola, como es la Región Autónoma del Atlántico Norte (RAAN), en la que se autorizan anualmente 228,195.032 m³ de madera en rollo, disponible para su aprovechamiento; análisis hecho a partir de los permisos de aprovechamiento forestal otorgados en el periodo del año 2007 al año 2011.

Del volumen autorizado para el aprovechamiento Forestal, se derivan residuos forestal como subproducto de la transformación primaria y secundaria de la madera, la que es considerada banco de biomasa residual con potencial térmico energético como fuentes renovables de energía, para el tratamiento de secado de la madera procesada producto de su industrialización; cuyo rendimiento depende básicamente del tipo de industria utilizada, grosor de la sierra, habilidades del operador, nivel de transformación de la madera, especie, entre otros factores. A partir de los que se determinan factores de rendimientos propios de la Región de 1.9, lo que significa que por cada metro cúbico de madera procesada se necesitan transformar 1.9 m³ de madera en Rollo, dando como producción neta 1 m³ de madera procesada y 0.9 m³ son residuos de la primera transformación (ripio, aserrín, costaneras, recortes), un rendimiento de la industria del 52.6%.

Como resultado de estos análisis, se estima un volumen anual de madera procesada de 120,102.648 m³, una biomasa residual, procedente de la industria de primera transformación de 108,098.384 m³ en la RAAN, con un potencial energético de 2,738 kWh/m³ de madera seca disponible, con una densidad promedio de especies industriales comerciales de 0.740 t/m³, sabiendo que la disponibilidad energética de la madera seca es de 3700 kWh/t. Por cada 563 kWh generado de la combustión de la biomasa, convertidas en energía térmica, se seca 1 m³ de madera procesada.

Ahora en cuanto se evaluó financieramente la utilización de la Biomasa residual procedente de la industria forestal como fuente de energía térmica, en un horno con capacidad de secado de 20 m³ de madera procesada, en un periodo de 15 días, con tecnología rústica y con un crecimiento del 5 % anual proyectado a 5 años, nos da una ganancia actualizada neta de U\$ 11,042.92 dólares americanos, con una tasa interna de retorno sustantiva del 35%, la que podría soportar problemas de inflación moderado y devaluación controlada de la economía nicaragüense, con una relación beneficio costo de 1.99 (por cada dólar invertido se obtendrán 0.99 centavos de dólar americano), con un periodo de recuperación de la inversión de dos años cinco meses contemplado durante el período del proyecto.

El manejo y utilización de los residuos forestales de forma responsable y sostenible, además de brindarnos beneficios económicos, se logra atenuar los impactos generados al medio ambiente, como son los lixiviados liberados de la fermentación de los residuos, contaminando el suelo y fuentes de agua producto de las escorrentías, el Metano (MH₄) liberado a la atmósfera contribuyendo a mayores concentraciones de los gases del efecto invernadero (GEI); de igual manera se ha demostrado que el balance del CO₂ liberado de la combustión de la biomasa como fuente de energía es neutro, es decir que el mismo CO₂ liberado, es fijado por el bosque a través del proceso de fotosíntesis que en interacción con la energía del sol, es convertido nuevamente en biomasa vegetal.

ÍNDICE

I.	INTRODUCCIÓN.....	6
II.	OBJETIVOS.....	7
2.1	Objetivo General:	7
2.2	Objetivos Específicos:.....	7
III.	Definición del Proyecto.....	8
3.1	Alcance del Proyecto.....	8
3.2	Especificaciones Básicas	8
3.3	Justificación	10
IV.	Descriptiva de la Tecnología Implicada.....	11
4.1	Secado de madera	11
4.2.1	Secado Natural o Secado al Aire	12
4.2.2	Secado en Hornos o en cámara de secado	13
4.2.3	Sistema Combinado de secado	14
4.2.4	Secado en Deshumificadores	14
4.3	Componentes de un Horno o secador de madera.....	15
4.3.1	Cuerpo o parte estructural del Horno.	15
4.3.2	Vías de acceso o transferencia de la madera.	16
4.3.3	Cámara de secado (Terminal de la madera verde y seca).	16
4.3.4	Sistema de Calefacción.....	17
4.3.5	Sistema de Ventiladores de circulación.	17
4.3.6	Sistema de Ventilador aspirador de humedad.	17
4.3.7	Sistema de control, horario o programa de secado.	18
4.4	Factores determinantes en el secado de la madera	19
4.5	Factores que inciden en el proceso de secado en Hornos	19
4.6	Propiedades Físicas de interés en el secado de la madera.	21
4.6.1	Densidad de la Madera	21
4.6.2	Humedad de la Madera	21
4.6.3	Contracción de la Madera	22
4.7	Pasos a seguir durante el proceso de secado al horno	23
4.8	Defectos en la madera producto del secado	23
4.8.1	Defectos de la madera según su Origen.....	23
4.8.2	Industria Forestal.....	24
4.8.3	Residuos de la Industria forestal como fuente de Energía	25
4.8.4	Energía de la Biomasa Vegetal (Madera)	27
4.8.5	Producción estimada de la Biomasa de residuos Forestales industriales en Nicaragua.....	28
4.8.6	Referente a los términos empleados en el Proyecto	29

Definiciones Básicas	29
4.8.7 Clasificación de la Biomasa según su origen.....	30
4.8.8 Tecnologías para la transformación física de la Biomasa como combustible	30
4.8.9 Usos y Aplicación de la Biomasa Como Fuente de Energía.....	30
4.8.10 Tipología de Combustión	31
V. Desarrollo del Trabajo	33
5.1 Descripción del Área del Proyecto	33
5.2 Permisos Forestales en Nicaragua con particularidad en la RAAN (2007-2011).	34
5.3 Factores que determinan el rendimiento de la producción en la industria de primera transformación.....	36
5.4 Proyección de Residuos generados del volumen autorizado	37
5.4.1 Volumen disponible de la primera transformación	37
5.4.2 Volumen disponible de segunda transformación	38
5.5 Enfoque de la Resolución.....	38
5.6 Definición de muestras ó de población.....	39
5.6.1 Volumen de Madera	40
5.6.2 Volumen de Madera en Rollo (Troza)	40
5.6.3 Volumen de Madera Procesada.....	40
5.6.4 Volumen de Residuos	41
5.7 Resolución Tecnológica al aprovechamiento de residuos.	42
5.7.1 Sistema de Aprovechamiento Térmico de residuos forestales	42
5.7.2 Horno para el secado de madera con calderas de biomasa de residuos forestales en la RAAN.....	43
5.8 Flujograma del proceso de recolección de residuos y secado.	45
5.9 Evaluación Financiera del Proyecto de secado	46
5.9.1 Tamaño del Proyecto	46
5.9.2 Inversión del Proyecto	46
5.9.3 Estados de Resultados del Proyecto	47
5.9.4 Flujo del Proyecto.....	48
5.9.5 Comparación de indicadores financieros con diferentes tipos de combustibles.	50
5.9.6 Proyección Financiera del Proyecto.....	51
VI. Consideraciones del enfoque del proyecto.	51
6.1 Consideraciones Ambientales	51
6.2 Consideraciones Económicas.....	52
6.3 Consideraciones Temporales	53
6.4 Consideraciones de Seguridad.....	53
6.5 Consideraciones Sociales	53
VII. Evaluación del Impacto Ambiental	54
VIII. Conclusiones	55
IX. Bibliografía.....	57

Anexos.....	59
Anexo 1. Término de referencia para la elaboración de los Programas de Gestión Ambiental... 59	
Anexo 3. Recursos Energéticos en Nicaragua	62
Hidroenergía y Geotermia	62
Recurso Eólico.....	63
Hidrocarburos	64
El Bosque como Banco de Biomasa y Fijación de CO ₂ en Nicaragua.....	64
La Leña y Carbón Vegetal como fuente de energía.....	66
Recurso Bosque	67

I. INTRODUCCIÓN

El desarrollo de nuevas estrategias para la generación de energía, es parte importante en las políticas de gobiernos a nivel mundial, principalmente por el deseo de independizarse cada vez mas de los derivados del petróleo, como la fuente de energía sobre la que depende la actividad industrial en el mundo, viéndose mayormente en los países en vías de desarrollo, sin embargo, se encaminan propuestas para la puesta en práctica de nuevas tecnología, partiendo de fuentes renovables para la producción de energía en sus diferentes formas.

En la región Centroamericana y en países como el nuestro, se han impulsado programas sobre la generación de energía, aplicando tecnologías de desarrollo limpio a partir de fuentes renovables, las que han logrado proyectarse por su armonía con el medio ambiente y sus beneficios económicos, entre estas tenemos la Hidroelectricidad, Eólica, Geotérmica, Fotovoltaica, Fototérmicos y Biomasa principalmente.

Las tecnologías renovables de energía, por haber demostrado su factibilidad ambiental y económica, no es suficiente para su desarrollo e implementación, ya que contantemente se presentan barreras, principalmente por su grado de aceptación y deseo de aplicación, falta de conocimiento de la Tecnología y capital disponible.

Sin embargo en la Región Autónoma del atlántico norte de Nicaragua (RAAN), identificando su potencial en Biomasa, producto de la actividad industrial forestal, se propone el presente proyecto, dirigido a potenciar los residuos forestales derivados de la transformación primaria y secundaria de la madera, valorado por su potencial energético acumulado. Dicho proyecto consiste en el aprovechamiento de la biomasa para la generación de energía en forma de calor para el secado de madera con fines industriales, a través de un sistema de horno de secado de madera, como potencial valor agregado a la misma.

La implementación de este sistema con tecnología convencional, ha demostrado su factibilidad económica y ambiental, contribuyendo en la cadena de valor de los productos forestales. Dicha propuesta surge como un alternativa a las necesidades identificadas en la región sobre el manejo de los residuos forestales derivados de los volúmenes autorizado para su aprovechamiento y como un compromiso al desarrollo de tecnologías energéticas que parten de fuentes renovables, a la vez contribuyen a la protección y conservación de los recursos naturales existentes.

En el presente documento se aborda el Estado del Arte, Descripción de la tecnología a implementar, su respectivo análisis financiero, consideraciones económicas, ambientales, sociales, temporales y de seguridad, sobre la razón de este proyecto.

II. OBJETIVOS

2.1 Objetivo General:

- Aprovechamiento del potencial térmico – energético de la biomasa de residuos forestales, para el secado de maderas industriales en la Región Autónoma del Atlántico Norte en Nicaragua.

2.2 Objetivos Específicos:

- Determinar el volumen residual por metro cúbico de madera en rollo procesado y su potencial energético como fuente de energía.
- Proponer un sistema de aprovechamiento térmico eficiente de los residuos forestales, de industria de primera y segunda transformación para el secado de maderas industriales.
- Evaluar el Impacto Ambiental Generado, producto del almacenamiento de residuos derivados de la transformación, que contribuyen en el proceso de la cadena de valor del producto final.

III. Definición del Proyecto

3.1 Alcance del Proyecto

Con la ejecución de este proyecto se contribuirá al manejo y uso eficiente de los residuos industriales forestales, en la generación de energía en forma de calor para el secado de maderas industriales en la Región Autónoma del Atlántico Norte de Nicaragua; promoviendo un valor agregado al recurso forestal transformado, disminuyendo sus costos de transporte y desarrollando mecanismos mejorados y de desarrollo limpio en el manejo de los residuos, producto de la transformación primaria y secundaria de la madera en la industria forestal.

A través de la puesta en marcha y ejecución del proyecto, se logrará la clasificación de residuos, para promover la transformación hacia nuevos productos que pueden ser derivados de los residuos o subproductos forestales industriales; optimizando la clasificación de los subproductos, se utilizará su potencial energético como fuente de energía biomásica y poder generar energía en forma de calor para el secado de madera con fines industriales.

Como parte de este proceso, es también posible el mejoramiento de este sistema, de tal manera, que pueda generarse nuevas fuentes energéticas de calor (Carbón Vegetal) como fuente complementaria para otros servicios y la captura de gases y sustancias químicas, producto de la combustión ya sea completa e interrumpida.

3.2 Especificaciones Básicas

El presente proyecto se desarrollará en la Región Autónoma del Atlántico Norte (RAAN) de Nicaragua, ubicada al Nor-este del país, en la que recientemente se está desarrollando un modelo de **Forestería comunitaria**, donde el avance tecnológico en la industria forestal ha dado sus primeros pasos, con ayuda de organizaciones gubernamentales y no gubernamentales (MAGFOR, INAFOR, Gobierno Regional, FAO, GIZ).

Este primer principio en el desarrollo del sector Forestal en Nicaragua, se ha enmarcado en la participación comunitaria y especialmente en las comunidades indígenas de la Región; es necesario señalar que la inversión privada también ejerce un papel importante en el mismo, trabajando de forma conjunta en el aprovechamiento de los recursos forestales en la región y formando parte de una de las principales fuentes de trabajo que sustentan el ingreso familiar.

A pesar de los esfuerzos encaminados por las diferentes instituciones, la región se encuentra en una condición desventajosa en las actividades forestales, por su nivel de eficiencia tecnológico principalmente en la transformación primaria de la madera, infraestructura, aplicación de tratamientos silviculturales, sistemas de

extracción, capital invertido; esto acompañado que se encuentran lejos de los centros de mercado para su potencial comercialización.

Una infraestructura vial en muy malas condiciones, lo que eleva en gran medida los costos de transporte y por ende los costos de producción, disminuyendo los beneficios económicos a los beneficiarios del bosque, afectando de forma indirecta el valor comercial de la madera en rollo para su potencial comercialización, interrumpiendo el desarrollo forestal en la Región.

Acompañado de las dificultades antes expuestas, es necesario destacar que la RAAN, se caracteriza por una región que se ve azotada por fenómenos naturales de magnitudes alarmantes, entre ellas, un caso muy específico como es el paso del Huracán Félix en Nicaragua, ocurrido en Septiembre del año 2007, afectando un total de 1,166,579 ha, de las cuales 808,000 ha se identificaron como área de alta afectación en el ecosistema forestal; dentro del área afectada, el volumen total en pie estimado fue de unos 47,901,000 m³ de los que 27,753,000 m³ se estiman de valor comercial en pie. En cuanto al volumen caído se estimó un volumen de 9,322,000 m³ y un volumen comercial de 5,141,000 m³ de las especies predominantes (Fuente: resultados del Inventario Nacional Forestal, Nicaragua 2007-2008).

Es necesario mencionar estas cifras, ya que a partir del acontecimiento, las instituciones rectoras de los recursos forestales en la Región (INAFOR, Gobierno Regional, MARENA, etc.), han dispuesto centrar el aprovechamiento de la madera afectada por el Huracán Félix, lo que al cabo de 4 años el Recurso Forestal alterado, ha perdido calidad en sus propiedades físicas y gran parte del mismo ya no es aprovechable, aunque las especies existente tengan valor comercial; viéndose afectado los rendimientos del producto terminado.

Destacando la cantidad de materia prima existente en la región, rodeada de un ambiente de oportunidades para la comercialización de la materia prima, se ve opacada por las poblaciones dueñas de los bosques con muy pocas posibilidades económica, tecnológicas y de infraestructura, sobre saliendo ante todo el debate entre la pobreza y la miseria en que se vive, como lo afirma Narváez et al, (2003), citado por Rosales A. (2006). Esto no solo es notorio verlo a nivel de región sino es parte de las condiciones o posibilidades del país, sin capacidad industrial para producir.

En la RAAN, actualmente se encuentran registradas un total de 36 Industria forestales para la transformación primaria de la madera, con una capacidad instalada por encima de 300,000 m³ de madera en rollo para procesar anualmente; hablando directamente del material residual o subproducto de la industria forestal, esto genera un total de 47.4 % de residuos industriales forestales (Corteza, aserrín, costaneras, pedazos cortos de madera), quedando en proporción del rendimiento de madera procesada, correspondiente al 52.6%, estas cifras son propia de alguna de las industria de la Región (MAPIINICSA, 2010), sobre la que influyen otros factores, principalmente de mercado.

Estos factores demuestran un rendimiento bajo, aunque a nivel institucional se manejan factores ligeramente diferentes de un 43.4% de volumen residual por metro cúbico de madera en rollo y un 66.7% de volumen de madera procesada; es necesario destacar que los últimos factores señalados corresponden a variable evaluadas a nivel nacional en las diferentes industrias y tecnologías implementadas en el país (INAFOR, 2008), estas cifras para la industria de primera transformación en aserríos portátiles y estacionarios.

En industria como la motosierra, utilizada comúnmente en la industria forestal para la transformación primaria de madera, se maneja otras cifras, esta principalmente por el grosor de la sierra y los cortes pocos precisos que la caracterizan.

3.3 Justificación

Actualmente en Nicaragua, la Industria Forestal no ha experimentado grandes cambios tecnológicos, señalando como parámetros todas sus fases de producción, desde sistemas silviculturales de aprovechamiento a nivel del Bosque y el procesamiento de productos de primera, segunda transformación.

Tomando como referencia lo expuesto, producto de la transformación de la madera, se genera gran cantidad de residuos forestales, considerados sin ningún valor comercial e iniciativa para asignarle un valor agregado. Esta es la situación actual de la Industria Forestal en Nicaragua, volviéndose más evidente en sectores con el mayor potencial silvícola, como es la Región Autónoma del Atlántico Norte (RAAN).

La RAAN, es una Región caracterizada por abundantes riquezas naturales y culturales, manifestados hasta en el manejo sus sistemas productivos (forestales, agrícolas, ganaderos, pesca, entre otros). La actividad económica principal se centra en el aprovechamiento del bosque y la comercialización de sus productos, en el que se desarrolla un sistema tradicional de aprovechamiento que consiste en la “tumba del árbol y aserrado de la madera”, rectorado por los miembros de las comunidades indígenas quienes ejercen pleno derecho sobre toda la masa arbórea de la Región Autónoma.

El volumen de residuos producidos es tan alto que dificultan su manipulación o manejo adecuado, ocasionando impactos de tal magnitud que hasta para su almacenaje se tendría que disponer de aperturas de áreas, en el caso específico hasta de remover el vuelo forestal existente en la zona para crear espacios y propiciar el manejo de los mismos.

Ante las emergencias identificadas y las necesidades planteadas, se ha ideado una de las alternativas de solución en el manejo y uso eficiente de los Residuos Industriales Forestales de Primera y segunda transformación. Se estima que el rendimiento productivo de madera procesada sin diferenciar su calidad es de un 52.6% y el 47.4% restante corresponde a material residual de la madera producto

de su transformación primaria, esto para un metro cúbico (m³) de madera en rollo procesado, entre ellos corteza, costaneras, aserrín y pequeños trozos de madera (recortes). Estos factores varían en dependencia de la industria instalada, esta por el tamaño del corte de la sierra, precisión de la máquina, habilidades de los operarios, entre otros.

Como parte importante, en la determinación de la cantidad de residuos generados por industria forestal utilizada (Motosierras y Aserríos) como las más predominantes, se señala la dificultad de cuantificarlo, ya que en algunos casos se ve la combinación de ambas industrias, comúnmente vista en la RAAN, principalmente en la madera extraída de la zona afectada por el Huracán Félix, bajo la modalidad de Planes de Aprovechamiento Forestal (PAF).

Considerando el volumen generado de la transformación primaria de la madera se encamina una propuesta a desarrollar como es el uso eficiente de la biomasa residual como fuente alterna de energía en forma de calor para el secado de maderas industriales en la Región Autónoma del Atlántico Norte de Nicaragua (RAAN), asociado a desarrollar técnicas de manejo de los residuos Industriales forestales, aprovechando la condición de existencia de los mismos en los patios de industria.

Prácticamente la razón de ser de este proyecto, es por el abundante material residual que se genera, producto de la transformación primaria de la madera en la zona, provocando una serie de impactos tanto económicos, ambientales y sociales, desde su inicio en las actividades silviculturales (Tumba y Troceo de los árboles), hasta la etapa final de su transformación primaria (madera Procesada);

Por consiguiente, se le ha dado a la presentación del producto, un valor que se convierte, en una fuente de ingresos a partir de la energía generada, contribuyendo a mitigar sus impactos, proporcionar un valor agregado al producto final, disminuir las amenazas ambientales del material residual por la permanencia en las industrias, reducir el espacio destinado para su almacén, interrumpir de forma anticipada los procesos de descomposición de la materia, de esta forma atenuar los posibles impactos generados y esto se convierte en una solución de desarrollo limpio en el manejo y utilización de una fuente de energía, como es la biomasa de los residuos forestales.

IV. Descriptiva de la Tecnología Implicada

4.1 Secado de madera

De forma generalizada, el secado de la madera, se define como el proceso que conlleva a la pérdida del exceso de agua del material de consistencia leñosa, el que se origina a partir del corte de su componente arbóreo (árbol en pie), con el propósito de perfeccionar su utilización en el acabado, favoreciendo su transporte y manipulación.

En la industria forestal, como se ha dejado entrever, el secado de la madera, es uno de los mecanismos esenciales para la transformación del producto, para ello se han desarrollado diferentes métodos de secado de madera, los que se pueden diferenciar por la *técnica utilizada, nivel tecnológico empleado*, básicamente diferenciados por la exposición del recurso y las fuentes energéticas empleadas para la generación de energía en forma de calor, para el secado de la madera.

Entre los sistemas más comunes tenemos:

- Secado completo Natural (Secado al Aire):
- Secado completo En Hornos o en cámara de secado:
- Sistema Combinado (Natural / Horno)
- Sistema por Deshumificación

4.2.1 Secado Natural o Secado al Aire

Este es uno de los sistemas alternativos más comunes, principalmente por el bajo costo que este representa, para el secado de la madera, el que se puede considerar el más económico de los sistemas utilizados con estos fines, destacándose por su sencillez en la implementación del mismo, dependiendo su éxito de las condiciones medioambientales de un sector o región, de manera que favorezca este proceso, sin ejercer algún tipo de control sobre los factores de Temperatura, humedad relativa y velocidad del viento; en algunos casos se trata de incidir sobre los factores de temperatura y velocidad del aire principalmente.

Este sistema contempla variables que actúan de manera desfavorable, ante las exigencias y principios del secado de madera, como es la durabilidad del proceso (mayor tiempo de secado), exposición del producto (expuesto directamente a factores externos, mayores defectos y variabilidad en el contenido de humedad) afectando su calidad, contraproducente a los beneficios económicos que conducen al establecimiento de este mecanismo; sin embargo es considerado, el más económico debido a que el consumo energético para su funcionamiento es nulo.



Sistema de secado al aire acelerado

- Secado bajo techo con ventiladores
- Secado al aire con ventiladores
- Secado con ventiladores y calefacción
- Secadores bajo techo con recirculación del aire.

4.2.2 Secado en Hornos o en cámara de secado

Este es un sistema, conocido también como secado de la madera de forma artificial o industrial; este sistema de secado, conlleva a consideraciones tecnológicas que permite la inducción al control de factores determinantes en el secado de la madera, el cual se origina, a partir del espacio utilizado para el acopio de la madera destinada al secado, desde su diseño y tamaño, hasta su manipulación de las condiciones interna del recinto (*microclima - invernadero*).

La descripción del proceso, consiste, en el ordenamiento de la madera que va ser secado dentro del recinto (horno de secado), herméticamente aislado a factores externos, colocados según la posición que más convenga, de manera que contribuya a un proceso con mayor eficiencia y permita la circulación del aire ya sea este de forma forzada con ventiladores o por convención, vector determinante en la circulación de la temperatura de secado y el transporte para la liberación de la humedad extraída de la madera.

Dentro de un sistema convencional, los tratamientos de secado parten de indicadores iniciales de *temperatura (requerimientos energéticos)* de 37 °C - 77 °C, alcanzando temperaturas finales de hasta 66 °C – 93 °C, esta variación de temperatura a lo largo del proceso de secado, se debe, que a medida que la madera va perdiendo humedad, las fuerzas higroscópicas de la madera son cada vez más fuertes; se ha liberado el agua que se encuentra de forma libre en los canales o hendiduras de la madera, y la concentrada en las paredes celulares, necesitan de mayor temperatura o energía en forma de calor, para poder romper las fuerzas con las que se encuentran adheridas las moléculas de H₂O, de esta manera, llegar a las condiciones requeridas sobre el contenidos de humedad de la madera.

Como parte de este proceso de secado de madera, el control de la *velocidad del aire (movimiento del aire)* juega un papel determinante, sobre los que se registran datos de 1-2 m/s dentro de un horno, con los que se han logrado resultados satisfactorios muy por encima a las condiciones naturales. Como es señalado anteriormente, su principal función es de ser el vehículo de transporte de la energía aplicada en forma de calor (T°) y esta a su vez transporte la humedad extraída de la madera, que a través de un sistema de ventilación o extractor de la humedad, es liberada hacia el espacio exterior.

De forma conjunta actúa otro factor, como es la *Humedad relativa* del entorno o espacio libre dentro del recinto de secado, este es un factor que de forma concluyente influye en el proceso, variable sobre la que depende el contenido de humedad final de la madera; ahora es importante señalar que el medio en el que se está realizando el proceso de secado debe de ser capaz de absorber la humedad liberada de la madera, por consiguiente, la humedad relativa del medio debe ser por debajo del 100%, valor que debe ir bajando de forma gradual, conforme avanza el proceso de secado.

De manera influyente sobre el secado de la madera y para reducir los defectos a causa de la pérdida y ganancia de la humedad, la humedad y la temperatura se pueden modificar, preparando el producto para el control de sus defectos y de esta manera llevarla a las condiciones requeridas y nivel de humedad deseada.

Como está entre dicho, en un Horno, los factores determinantes en el secado de la madera, pueden ser controlados (*requerimientos energéticos, movimiento del aire y Humedad Relativa*), en los que cada uno sufrirá variaciones graduales, que favorecen la pérdida de humedad y estabilidad en la madera.

4.2.3 Sistema Combinado de secado

Este es un sistema implementado, por la combinación del proceso de secado de forma natural y en Hornos; la madera en condiciones naturales pasa hasta alcanzar el Punto de Saturación de las Fibras, equivalente a un contenido de humedad aproximada a 30% (CH), posteriormente es sometida a la finalización del proceso de secado, en un horno, para alcanzar humedad por debajo del PSF, lista para su proceso de transformación o acabado de la madera (CH del 12%), considerando esta última etapa del proceso, la de mayor demanda en sus requerimientos energéticos.

4.2.4 Secado en Deshumificadores

La deshidratación de la madera a través de Deshumificadores, ha sido considerada una técnica exitosa en los últimos años, desarrollándose en los países Europeos, la que consiste en un recinto construido lo más hermético posible, colocando la madera en forma de bultos, ordenados de forma horizontal a lo largo de la recámara o recinto; sobre el espacio interior se induce una corriente de aire seco, con humedad relativa entre 15 – 40 % y este es calentado a una temperatura no mayor a 60 °C, forzando su circulación dentro de la recámara a través de un sistema de ventiladores, finalmente absorbe la humedad de la madera.

Una vez el aire contenido dentro del recinto ha elevado su humedad relativa, por la ganancia de agua liberada de las piezas de madera, este es circulado a través de un sistema de refrigeración, enfriado a una temperatura por debajo del punto de rocío, proceso a través del cual, parte de la humedad absorbida, es condensada y liberada hacia el exterior de la cámara de secado, una vez el aire ha perdido

humedad, es nuevamente circulado por el horno de secado, para cumplir la misma función.

En los hornos convencionales para el secado de madera, una vez que el aire circulado en su interior se ha cargado de humedad, este es liberado hacia el exterior y sustituido por aire fresco y seco; he aquí una de las diferencias primordiales en comparación al funcionamiento de los Deshumificadores, y sobre el cual incurre ahorros en el consumo energético de hasta un orden del 50%, en relación a los hornos de secado convencionales.

4.3 Componentes de un Horno o secador de madera.

4.3.1 Cuerpo o parte estructural del Horno.

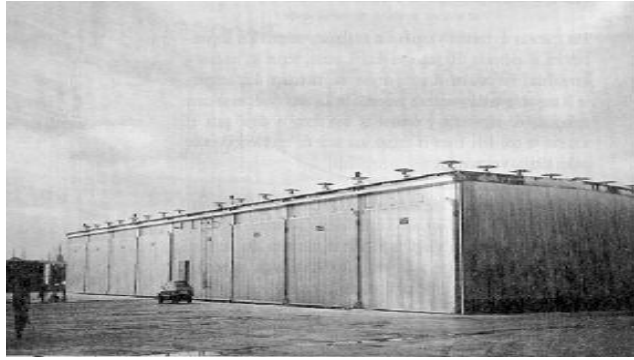
Es la parte estructural o compartimento de un Horno, sobre el que se montan los demás componentes sirviendo de soporte, permitiendo la interacción y control de los factores determinante en el proceso de secado. Este componente se encuentra debidamente aislado de factores externos, sirviendo como cuerpo protector de la madera a secar, entre sus principales funciones.

El material con el que debe ser construido debe ser resistente a la corrosión y a altas temperaturas, hermetizado completamente y puertas con vías de acceso accesible y de fácil manejo.

El tamaño del cuerpo del horno es variable y está en dependencia de la cantidad de madera que se va a secar; de igual manera su capacidad de secado se determina en función de su volumen; el tamaño de la industria forestal juega un papel determinante, debido a su capacidad de producción y etapa del proceso se encontrará madera disponible para el secado (Industria de primera y segunda transformación. La capacidad de los hornos puede oscilar entre 4m³ hasta 200 m³ de madera.



Imagen de un Horno Modular de secar madera (Wood – Mizer / Modular KilnSystem)

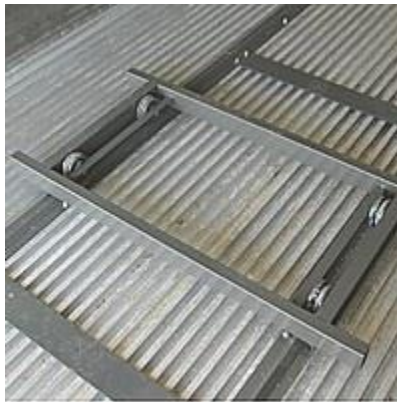


Conjunto de recámara de secado

4.3.2 Vías de acceso o transferencia de la madera.

Básicamente consiste en una estructura metálica sobre la que se apila la madera, esta a través de un rodaje, permite la movilización del producto sujeto a secar dentro de la cámara de secado, este va estar en dependencia del tipo de horno utilizado y nivel tecnológico empleado.

En otros sistemas de hornos, el apilado de la madera se hace de forma manual o con la utilización de maquinaria, según sea el caso o el espacio de la recámara permita su manipulación.



4.3.3 Cámara de secado (Terminal de la madera verde y seca).

Esta no es más que el espacio interno del horno, disponible conforme a su capacidad de secado, medido en unidad del volumen de madera.

En el interior del compartimento, existen secciones en las que se ubica la madera con diferentes contenidos iniciales de humedad, de manera que se pueda proteger a condiciones severas de secado; generalmente en las secciones más internas del

horno la temperatura de secado es mayor, lo que sería incompatible a piezas de madera con CH mayor a otras piezas, ingresadas dentro del mismo sistema, provocando de forma acelerada su secado y aparición de defectos en la madera.

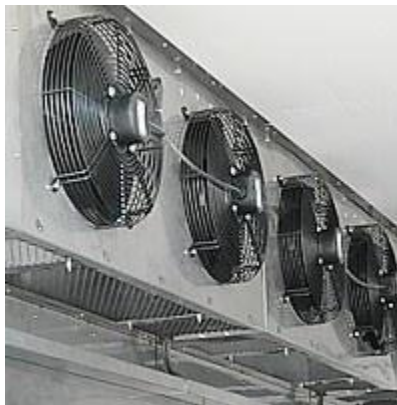
4.3.4 Sistema de Calefacción.

En los hornos de secado, la calefacción, es un sistema de calentamiento controlado, que permite la regulación de la temperatura en el interior de la recámara. Este se puede diferenciar en dos tipos:

- Calefacción utilizada a partir del vapor caliente, proveniente de calderas; el calor generado es conducido a través de tuberías hacia el interior de la recámara de secado; en este prototipo de calefacción, también se origina calor a partir de resistencia eléctricas, utilizando el mismo sistema de conducción.
- Calefacción directa o calor generado a partir de la aplicación directa de un quemador, complementados con radiadores que permiten un control adecuado de las condiciones de humedad en el interior del horno.

4.3.5 Sistema de Ventiladores de circulación.

Este sistema es el que define la dirección y velocidad del aire, cuyo funcionamiento puede ser de circulación forzada aplicada con ventiladores o por la influencia de diferencias de temperatura (convección).



4.3.6 Sistema de Ventilador aspirador de humedad.

Su aplicación radica en la extracción del aire húmedo, contenido dentro de la recámara de secado, humedad procedente del agua liberada de la madera por gradientes térmicos.



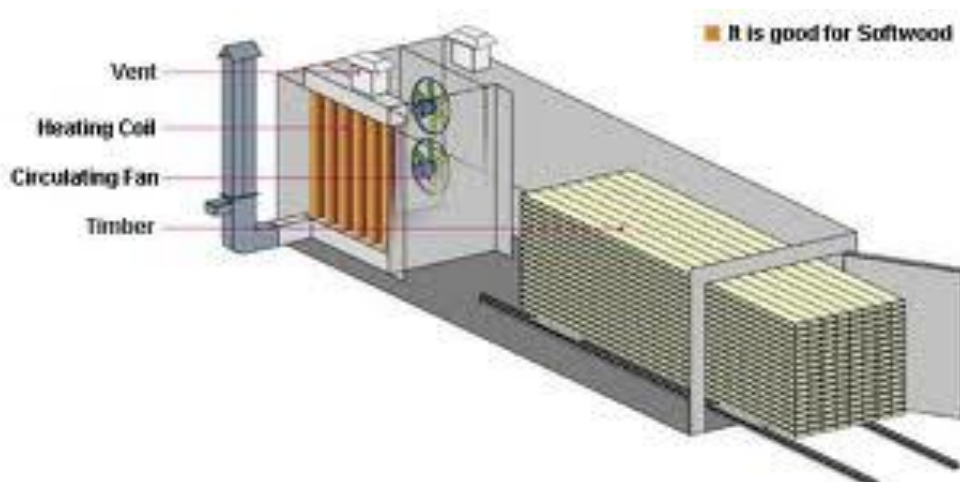
4.3.7 Sistema de control, horario o programa de secado.

A través de este mecanismo de funcionamiento se permite controlar las condiciones de secado, indispensable durante todo el proceso, principalmente por la manipulación constante de los factores de temperatura y humedad relativa en el interior de la cámara, determinantes en el secado de la madera, este control se puede llevar de forma automatizada y manual.

En sí, el horario o programa de secado consiste en una serie de procedimientos recomendados para garantizar la deshidratación de la madera, de forma que se pueda favorecer las condiciones de secado en un momento dado, influyendo sobre la Temperatura, Humedad Relativa y movimiento del aire; sobre estos tres factores se debe de manejar un control fiel de las condiciones de secado (horario de secado), que después de cierto periodo de tiempo serán modificado.



Ejemplo gráfico de un Horno de secado de madera.



4.4 Factores determinantes en el secado de la madera

Valorando estas primicias, el desarrollo de sistemas adecuados al control de variables o factores determinantes en el secado de madera, como son los requerimiento energéticos, Humedad Relativa de su entorno (H%) y el Movimiento del aire que la rodea; son los principales factores, determinantes en el éxito de las operaciones de liberación de la humedad de la madera (secado de la madera).

Los *requerimientos energéticos*, basados principalmente en fuentes generadoras de energía en forma de calor, capaces de eliminar el agua de la madera, basada en la temperatura proporcionada; asociado a un ambiente *con humedad relativa*, capaz de recibir la humedad proveniente del interior de la estructura física de la madera; esta a su vez, este acompañado de un componente como es la circulación o *movimiento del aire*, ya sea este de forma libre o inducida, permitiendo el transporte del calor proporcionado, y a su vez la humedad liberada del tratamiento de secado de la madera, este último sirviendo de vehículo de transporte, de la humedad que es liberada dentro del sistema de secado.

De un excelente control de estos tres factores, depende el éxito de secado de la madera, lo que está de manifiesto en todos los sistemas desarrollados para encaminar esta actividad, según sean los fines requeridos o bien con el nivel de secado que se quiere alcanzar.

4.5 Factores que inciden en el proceso de secado en Hornos

- **Movimiento del Aire:** La dirección del viento así como la velocidad en su desplazamiento es uno de los factores determinante en el secado, al punto que influye tanto en su calidad como en la velocidad con que se seca la madera.

- **La especie de la madera:** que se está secando: cada especie maderable tiene sus propiedades, las que difieren una en relación a otra, como es la densidad, factor determinante en el secado.
- **Proporción de albura y duramen en las piezas de la madera:** la proporción desigual de los componentes de la madera, hace un desequilibrio en el proceso de secado, encontrándose en un mismo componente diferencias de propiedades de permeabilidad y difusión del agua, determinantes en su conducción para su gasificación.
- **El grano o fibra de la madera:** en dependencia del tipo de corte en las piezas de madera, va a favorecer en el tiempo de secado; una mayor exposición de los radios medulares favorecen la circulación del agua en forma de calor hacia el exterior.
- **Espesor de las piezas a secar:** entre más gruesas sean las piezas de madera, mayor van hacer los requerimientos energéticos, paralelamente el tiempo requerido para su secado. Una aceleración en el tiempo incita a la aplicación de una mayor temperatura, trayendo consigo deformaciones.
- **Espacio de secado (Patio de secado):** es necesario contar con suficiente espacio, de manera, que la ubicación de la madera a secar, pueda ubicarse de forma requerida y el espacio para circulación del aire sea de forma libre.
- **Altura y tipo de fundación de las pilas:** se recomiendan alturas adecuadas, de manera que garanticen la estabilidad del producto, evitando daños mecánicos y riesgos laborales (1.2 – 9 mts alturas recomendadas). Las fundaciones de las pilas deben ser establecidas a no menor de 50 cm, de manera que faciliten la circulación del aire, creando el espacio necesario para que el aire húmedo pueda alojarse.
- **Método de apilado:** de un buen apilado de los bultos de madera, depende la interacción exitosa de los factores determinantes en el secado, principalmente sobre el movimiento del aire que actúa como guía de la Temperatura y transporte de la humedad relativa de su entorno.
- **Condiciones climáticas:** aunque los Hornos para el secado de la madera, cuentan con un sistema de aislamiento, los factores externos, influyen en las condiciones de su interior, principalmente sobre la temperatura.

En condiciones naturales o secado al aire, la temperatura ambiente, es el factor más determinante en el proceso de secado, aunque se ven opacados en momentos por abundantes lluvias provocando su enfriamiento y dejando alta humedad relativa (en regiones húmedas o periodo lluviosos). En zonas secas sucede lo contrario, al encontrarse con altas temperaturas, humedad

relativa baja y el movimiento del aire es ligeramente apreciable, trayendo consigo desperfectos en la madera.

4.6 Propiedades Físicas de interés en el secado de la madera.

Existen propiedades físicas de la madera que están directamente relacionadas y que de forma paulatina varían durante el secado, estas son: Densidad, Humedad y Contracción.

La relación intrínseca de las propiedades, son determinantes a partir de la ganancia o pérdida en el contenido de humedad, experimentando cambios en sus dimensiones y densidad de la madera.

4.6.1 Densidad de la Madera

La densidad de la madera se define, como la relación de la masa, a un volumen medio, con determinado contenido de humedad.

En la industria de la madera, el estudio de las especies maderables se hace de forma particular, ya que para cada una, la densidad es independiente y de esto depende mucho su utilización, además que permite hacer comparaciones entre las propiedades físicas de la madera de cada especie. Estas comparaciones en términos de tecnología de la madera, se hacen a partir de contenidos de humedad definido:

- Densidad anhidra o seca al horno, para un CH = 0%
- Densidad seca al aire o normal, para un CH = 12%
- Densidad verde, para un CH > al 30 %.

Un dato importante en los estudios comparativos, es la densidad anhidra o densidad de la madera seca al Horno (0% de humedad), encontrando resultados entre diferentes especies de madera, entre ellas las maderas suaves, representadas por el Balsa con una densidad anhidra de 0.1 g/cm³ y 1.4 g/cm³ para las maderas duras, representada por el Guayacán. Estos valores, son la base para determinar el contenido de humedad de la madera.

4.6.2 Humedad de la Madera

El término contenido de humedad de la madera se define como la cantidad de agua que una pieza de madera contiene, expresada su relación en base al porcentaje del peso anhidro o peso seco al horno de la pieza de madera y su peso actual. Para alcanzar el peso anhidro de la madera significa que esta ha sido llevada a una temperatura en horno o estufa de 103 °C alcanzando una humedad del 0%, basado en este procedimiento el contenido de humedad se calcula de la siguiente manera:

$$\text{CH (\%)} = \frac{\text{Peso original} - \text{Peso seco al horno}}{\text{Peso seco al horno}} \times 100$$

El contenido de agua en la madera, se ve concentrado de dos maneras, agua libre y agua higroscópica; el agua libre es la que se encuentra adherida con menos fuerzas y esta es disipada fácilmente por el calor de su entorno, esta condición tiene su límite cuando la madera ha alcanzado un contenido de humedad aproximado al 30%, punto considerado de equilibrio entre las concentraciones de agua libre y agua higroscópica, a lo que también se le conoce como Punto de Saturación de las Fibras (PSF), bajo estas condiciones la madera no ha experimentado cambios significativos en sus dimensiones, los que se consideran despreciables ante sus propiedades;

El agua higroscópica es la que se encuentra concentrada dentro de las paredes celulares, llamada también “agua límite”, que para interactuar sobre ella para el secado de la madera se necesitan mayores requerimientos energéticos y así poder remover el agua concentrada dentro de las paredes celulares, es aquí donde se ven mayormente las contracciones, evidenciando cambios en sus dimensiones y aparición de defectos en la madera

4.6.3 Contracción de la Madera

La contracción de la madera, es una de las propiedades físicas características del proceso de secado, esta se ve de manifiesto conforme va perdiendo humedad; por ser un material con propiedades higroscópicas, este tiende a sufrir cambios en sus dimensiones, se contrae y se crece según sea el caso, estas variaciones se realizan en tres planos, longitudinal, radial y transversal.

Este fenómeno trae consigo defectos en la madera, los que comúnmente se ven de manifiesto de diferentes maneras, sufriendo cambios en su estructura natural por las deformaciones que experimentan las piezas, entre ellas: alabeos, torceduras, rajaduras, grietas y colapsos.

Toda esta experiencia en el proceso de secado, depende básicamente de la especie que se está secando, sean estas suaves (menos densas) o duras (más densa), estas últimas poseen mayores fuerzas de contracción que la madera suave, caracterizadas por paredes gruesas y cavidades celulares pequeñas, diferenciadas por paredes delgadas y cavidades celulares grandes en la madera suave.

Parte influyente en la dinámica de estas propiedades o bien en la emergencia de las mismas, es la velocidad de secado, interviniendo grandemente en los cambios dimensionales de la madera, por eso el éxito de la utilización de sistemas, con los que se controlen los factores determinantes del secado de la madera, influyendo directamente en sus propiedades físicas. La expresión matemática de la

contracción de la madera, se basa en % de las dimensiones originales de las piezas.

4.7 Pasos a seguir durante el proceso de secado al horno

- Selección de la madera
- Apilado y cargado del Horno
- Muestras para el control del secado
- Horario o programas de secado
- Calentamiento e Inicio de la Operación del Horno
- Tratamiento de Igualación y Acondicionamiento
- Pruebas Finales de Control de Humedad, su Distribución y las Tensiones de la Madera.
- Fin del Proceso y Descarga del Horno
- Control del Horno
- Tiempo de secado

4.8 Defectos en lamadera producto del secado

Durante este proceso de secado, se experimentan cambios de diferentes dimensiones, principalmente sobre la estructura natural de la madera.

Los defectos se definen como todo cambio o alteración en la estructura o apariencia natural de la madera, producido durante el proceso de secado, afectando su valor comercial, duración y capacidad industrial; este fenómeno se ve de manifiesto en todos los procesos industriales de la madera, desde que el árbol es cortado, consecuentemente cuando es convertido en troza, madera procesada y producto terminado, trayendo consigo defectos por diferentes causas.

4.8.1 Defectos de la madera según su Origen.

Defectos asociados con las contracciones

- Endurecimiento artificial o aconchamiento.
- Grietas capilares
- Hendiduras internas
- Alabeos o deformaciones
 - a) Abarquillado
 - b) Arqueduras
 - c) Encorvaduras
 - d) Torceduras
 - e) Adiamantado

- Grietas superficiales
- Rajaduras
- Acebolladuras o escamaduras
- Nudos sueltos y agrietados
- Agrietamiento de nudos
- Colapso celular
- Apanalamiento o grietas en forma de botella

Defectos asociados con cambios químicos

- Manchas Marrón
- Marcas de listones separadores
- Otros cambios químicos

Defectos asociados con ataque de hongos

- Hongo de la mancha azul

4.8.2 Industria Forestal

La industria forestal en el mundo, tiene como herramienta fundamental la Silvicultura, la cual se centra en el cultivo del bosque, o bien como lo afirma Solá, R. (2008), “La Silvicultura abarca todo el trabajo necesario para fijar, regenerar, gestionar y proteger los bosques y para cosechar sus productos”. En el que también señala su importancia comercial a nivel mundial, representando el 0.4% del PIB mundial, siendo la madera el producto forestal más importante, cifras como las estimadas en el 2005 correspondientes a 2,800 millones de metros cúbicos cosechados a nivel mundial, en el que se hace referencia a que más del 80% de la madera cosechada en países industrializados se utiliza para la industria de la madera y cerca del 80% de la producción en los países en vías de desarrollo es utilizada como combustible. Esta última cifra es semejante a las estimadas para Nicaragua, en cuanto al consumo de leña como fuente energética.

Hablando un poco más de la región, Centroamérica también es conocida por sus riquezas forestales, pero en términos de su consumo e industrialización ha sido explotado de forma indiscriminada desde hace cientos de años y que en la actualidad no ha cambiado ese escenario en busca de los bienes y servicios que generan los bosques en la industria forestal y como fuente de energía.

Tomando en cuenta las cifras estimadas por la FAO, *Situación de los Bosques en el Mundo 2005*, citado por Solá, R. (2008), sobre la *Situación de los Recursos Forestales en Centroamérica (año 2005)*, el volumen de madera en rollo industrial extraída de los bosques de la región, en muchos casos, hablando de países, sobre pasa el volumen autorizado, igualmente pasa con el volumen de leña extraído versus volumen autorizado, en este contexto no se puede hablar de manejo de

bosque, está por fuera de todos los parámetros de regulación, los que no son minúsculos sino abrumadores.

Un caso particular, Costa Rica por ser un país más industrializado el volumen de madera en rollo industrial extraída (1,932,000 m³) es 4.3 veces más que el autorizado (446,000m³) sin incluir lo superado por el volumen extraído para leña (468,000m³); y Nicaragua por ser un país donde la industria forestal es mas rudimentaria, el volumen de madera en rollo industrial extraída (106,000 m³) es casi dos veces menor que el volumen de extracción autorizado (211,000 m³), pero que las cifras sobre el consumo de leña reflejado en el volumen de leña extraído (1,740,000 m³) es superior a 8 veces el volumen de extracción autorizado, sin incluir en esta fracción el VMRIE (ver anexo cuadro 9.3).

En el caso particular de Nicaragua, es una realidad contar con un potencial de recursos sin tener la capacidad de aprovecharlos, esto se ve en las cifras de la madera en rollo industriales extraídas menores al volumen autorizado, la maquinaria necesarias para el aprovechamiento del bosque existentes son muy atrasadas y en mal estado, lo que encarece aún más las actividades de extracción, viéndose afectado por otras causas de carácter tecnológico, climático y administrativo, sobre lo que es necesario contar con equipos modernos adaptados a las necesidades del medio y lograr las metas propuestas.

Este mismo escenario se ha manifestado en registros estadísticos de Nicaragua de los años 1992-1996, con 400,000 m³ autorizados y 74,287.54 m³ aprovechados, cifras específicas para el año 1995 (MARENA, 1996), como no es de sorprender, este comportamiento se ha repetido en todos los períodos de zafra del sector forestal, lo que en la actualidad es aún evidente.

Como producto del proceso de industrialización de la madera en Nicaragua, existe un potencial energético, concentrado mayormente en la RAAN, en la actualidad se encuentran registradas 38 industrias forestales, de un total de 111 industrias forestales autorizadas, representando el 35% de las industrias de todo el territorio nacional.

4.8.3 Residuos de la Industria forestal como fuente de Energía

En necesario también mencionar, que además de representar el bosque uno de los más importantes recursos naturales para Nicaragua, como fuente de muchos servicios medioambientales, su potencial energético se ve de manifiesto en la industria forestal, no como fuente primaria de energía si no, como subproducto de la transformación primaria de la madera, considerados **residuos forestales industriales**.

Por el poco avance tecnológico que existe en la industria de la madera, y la constante demanda de material principalmente de combustible, estos son utilizados como fuentes energética en los hogares (Corteza, Ripio, Costaneras,

Aserrín, Recortes) y en menor proporción para solucionar otras necesidades inmediatas de la sociedad (Construcción); esto cuando la industria forestal se encuentra cerca de zonas urbanas.

Cuando las instalaciones de la Industria Forestal se encuentra en las zonas rurales, la utilización de los residuos forestales industriales son abandonados y como principal alternativa son incinerados para el control y manejo de los mismos, caso particular de las Regiones Autónomas del País (RAAN, RAAS), sobre lo que influyen varios factores (distancia, infraestructura, disposiciones actuales, alternativas, tecnologías, entre otras).

Además de lo antes expuesto, la importancia en el manejo de los residuos forestales industriales recae, en que el potencial del Recurso forestal se encuentra mayormente concentrado en la Costa Caribe de Nicaragua, en lo que a partir de los estudios más recientes, el 25 % del territorio a nivel nacional es Bosque, lo que representa 3,254,145 ha, de acuerdo a las estimaciones realizadas indican que el 62.7% de los Bosques se encuentran en la Costa Caribe Nicaragüense, de esta cifras el 43.4% corresponde a la Región Autónoma del Atlántico Norte (RAAN) y el 19.3% a la Región Autónoma del Atlántico Sur (RAAS).

Como parte de los resultados del Inventario Nacional Forestal (INF, Nicaragua, 2007-2008), el 80.9 % de los Bosques del país, están en territorios con muy baja densidad poblacional y altos índices de pobreza, sin embargo siempre se ven amenazados por cambio de uso del suelo, sustituido por las actividades agropecuarias.

Es importante resaltar en términos de Biomasa las estimaciones volumétricas con las que actualmente cuenta el país de unos 665,160,936 m³ de madera en pie, dividiéndose en áreas de bosque con unos 481,738,041 m³ con un volumen unitario de unos 148.22 m³/ha, de igual forma las estimaciones para área fuera de bosque, en el que existe un volumen total de 183,422,894 m³ con un volumen unitario de 18.82 m³/ha (INF, Nicaragua. 2007-2008).

Desde el punto de vista de la industria forestal, es importante retomar las estimaciones volumétricas correspondientes al volumen comercial existente en el país, las que parten principalmente de la superficie de bosque productivo existente de 1,235,755 ha, el que representa un volumen estimado de 120,000,097 m³ (INF, Nicaragua. 2007-2008). Este último está regulado por las Normas Técnicas Obligatorias (NTON 18 001-04), Disposiciones Administrativas (2011) y por la Legislación Forestal vigente, las que están encaminadas al Manejo Sostenible de los Bosques Tropicales latifoliados y de coníferas en el País.

Este principio de aprovechamiento sostenible enmarca las directrices técnicas para el desarrollo sostenible del sector forestal, tomando como base un indicador productivo del bosque como es el incremento medio anual (IMA), sobre el que se rigen los indicadores silviculturales como es la intensidad de corta (IC), la que está condicionada al área basal disponible para el aprovechamiento y el área basal

disponible para la recuperación del área basal a aprovechar (g/G), esto último, parte de los diámetros mínimos de corta dispuesto para cada especie en las normas técnicas vigentes; en síntesis se trata de aprovechar lo que el bosque produce sin alterar su estructura natural como un sistema productivo, definiendo finalmente el volumen de corta anual permisible (VCAP) para un ciclo de corta (CC), durante su aprovechamiento.

4.8.4 Energía de la Biomasa Vegetal (Madera)

La Biomasa del material vegetal, es una forma eficiente de almacenamiento de energía proveniente del Sol, la que se debe gracias al proceso conocido como fotosíntesis. Producto de este proceso se deriva material de estructura leñosa, visto como combustible.

La fuente primaria de los combustibles forestales se derivan principalmente de áreas de bosque y áreas fuera de bosques, en esta última cuando el componente leñoso forme parte del sistema.

Estas áreas consideradas como un sistema productivo, generan a partir de sus actividades silviculturales e industriales, una gran cantidad de residuos forestales, que durante mucho tiempo han representado el sustento energético para muchos hogares en el mundo y por otro lado ha sido material desaprovechado, considerado sin potencial para otras aplicaciones.

Dada su importancia como fuente renovable de energía y su peculiaridad como la única fuente renovable de carbón, existen equivalencia o forma de medir la energía sobre la cantidad de biomasa forestal consumida y la energía producida en forma de calor, las que se expresa en unidades de medidas basadas en el poder calorífico de la biomasa a la que se hace referencia, entre las más utilizadas tenemos:

Kcal / Kg : aplicada a un combustible nos indica el número de Kilocalorías que obtendríamos en la combustión de 1 Kg de ese combustible.

tec : tonelada equivalente de carbón. Representa la energía liberada por la combustión de 1 tonelada de carbón.

tep : tonelada equivalente petróleo (1 tep = 1.428 tec).

En el caso específico de la madera, como se trata de biomasa residual seca, las medidas, las medidas hacen referencia a su poder calorífico, pero si se trata de biomasa residual húmeda o de biocarburantes , lo que se mide es el poder calorífico del recurso una vez tratado.

Entonces podemos decir que la energía que proporciona la biomasa por unidad de medida (Kg de Biomasa) es aproximadamente de:

- 1 Kilogramo de Biomasa proporciona 3,500 kilocalorías

Comparándola a la gasolina esta equivale:

- 1 litro de gasolina proporciona 10, 000 kilocalorías.

Esto significa que se necesita 3 Kg de biomasa para obtener la misma cantidad de energía que nos proporciona un litro de gasolina, o lo que es lo mismo, cuando desperdiciamos 3 Kg de biomasa estamos desaprovechando el equivalente a un litro de gasolina.

Otra equivalencia energética de mucha importancia es la acumulada en la madera seca, lo que equivale a 3,700 kWh/t.

En el caso particular de la RAAN, la densidad de las especies predominantes es de 740 Kg/m³ (0.740 t/m³) de madera, lo que equivale a 2,738 kWh/m³.

4.8.5 Producción estimada de la Biomasa de residuos Forestales industriales en Nicaragua.

La Industria de la Madera en Nicaragua representa una de las principales actividades económicas de la región, especialmente en la Región Autónoma del Atlántico Norte (RAAN), lugar, que en la actualidad está mayormente concentrada la actividad forestal, en primer lugar por la abundancia del recurso del que se dispone y otro asociado a la madera afectada por fenómenos naturales como fue el paso del Huracán Félix en Nicaragua.

La transformación primaria de la madera se inicia a partir de las actividades silviculturales en el bosque, como es la Tala de árboles, desrame y troceo, dispuesto para la extracción de la madera del bosque y el transporte hacia la industria forestal.

Producto del alistado de la madera en el bosque, se generan residuos forestales de diferentes partes del árbol, entre ellas: hojas, frutos, ramas, corteza, tocón y raíces. Sobre estos residuos vegetales no se realiza ningún tratamiento de recolección para sus potenciales usos, como fuentes renovables de energía, considerándose como insustentable sus operaciones.

La cifras estimadas de la generación de residuos por árbol son del 27 % del volumen extraído, pero también tomando en cuenta todas las partes vegetativas del árbol, incluyendo las raíces, se dice que solamente se aprovecha un 20% del volumen total de un árbol, un 40% de este volumen se queda tirado en el Bosque y el otro 40% se convierte en residuos producto de la transformación primaria y secundaria de la madera.

En Nicaragua el potencial de la industria de la madera de primera transformación se encuentra distribuido en las Regiones autónomas del país, principalmente en la RAAN.

4.8.6 Referente a los términos empleados en el Proyecto

Definiciones Básicas

- **Biomasa**

¿Qué es la Biomasa?

“Todo material de Origen Biológico excluyendo aquellos que han sido englobado en formaciones geológicas sufriendo un proceso de mineralización” (Definición Según Especificaciones técnicas Europeas CEN/TS14588 (CENa, 2003).

Entre esto últimos estarían el carbón, el Petróleo y el Gas, cuya formación y composición hace miles de años no es comparable con lo que llamamos “el Balance neutro de la Biomasa” en las emisiones de dióxido de carbono (CO₂).

“También puede definirse como aquella fracción Biodegradable de los productos, los desechos y los residuos procedentes de la agricultura, de la silvicultura y de las Industrias conexas (incluidas las sustancias de origen animal), así como las fracciones Biodegradables de los residuos industriales y municipales” (Almecija, J. Torres, P. 2010).

La Biomasa es el nombre dado a cualquier materia orgánica de origen reciente que haya derivado de animales y vegetales como resultado del proceso de conversión fotosintético. La energía de la Biomasa deriva del material vegetal y animal, tal como madera de bosques, residuos de procesos agrícolas y forestales, y de la basura industrial, humana o animales (SNA, Texto Científico).

- **Biomasa Forestal**

Es todo el material vegetal provenientes del Bosque principalmente de estructura leñosa, viva o muerta, sea esta como un proceso natural o inducido por la actividad del hombre en el ecosistema.

- **Residuos Forestales**

Los residuos forestales es toda la biomasa residual generada de la actividad industrial de la madera (Industria forestal), empezando por los que se quedan en el campo, producto del saneamiento de los fustes de los árboles (raíces, ramas, recortes), también los procedentes de la industria de primera transformación (ripio, aserrín, recortes, costaneras) y finalmente los procedentes de la industria de segunda transformación (colocho, ripio, recorte, aserrín, partículas finas).

- **Manejo de residuos:**

Es toda actividad enmarcada sobre los residuos del proceso de industrialización de la madera, ya sea para utilizarlo como fuente de materia prima para su conversión en alguna fuente de energía o para favorecer su descomposición y no causar mayores impactos.

4.8.7 Clasificación de la Biomasa según su origen

Estos se clasifican en Biomasa de origen Forestal (Pellet, Astilla Forestal, Leña y Bricquetas), Origen Agrícolas, Cultivos Energéticos, Residuos o subproductos industriales y Origen Urbano (RSU).

4.8.8 Tecnologías para la transformación física de la Biomasa como combustible

La tecnología para la transformación física de la biomasa como combustibles se clasifican según el producto a presentar:

- El Astillado
- El Pelletizado
- La Briqueta
- El Empacado

4.8.9 Usos y Aplicación de la Biomasa Como Fuente de Energía

El uso y aplicación de la Biomasa como fuente de energía, es un tema que cada vez está alcanzando mayores proyecciones, principalmente por la fuente de energía renovable que representa, considerada ante todas las demás fuentes de energía renovable como la más importante para su generación, es por eso que a nivel de aplicaciones tecnológicas han desarrollado diversos campos, entre los que señala Almencija, J. Torres P. (2010) descrito más adelante;

Es necesario identificarlos como una preocupación que se ha venido estudiando en los países desarrollados, como una fuente de alternativas para la generación de energía limpia y encontrarle una solución y uso eficiente de la biomasa generadas de un sin número de actividades comunes en una región, dejando entrever lo que significa el potencial energético de la Biomasa como fuente alterna de generación y depender cada vez menos de los combustibles derivados del petróleo.

Entre los señalamientos en el uso y aplicación de la biomasa según Almencija, J. Torres P. (2010) son los siguientes:

- **Agua Caliente y ACS**

“Las Aplicaciones térmicas con producción de calor y agua caliente sanitaria son las más comunes dentro del sector de la biomasa. En un nivel menor se sitúa la producción electricidad”.

Considerada dentro de las aplicaciones más comunes, esto también se debe a la sencillez de los sistemas de conversión de energía para los fines estimados, dado que los mecanismos para el calentamiento del agua y posteriormente su uso, no es tan complicado, ya que se cuentan con tecnologías sencillas para su construcción lo que significa una referencia del costo para su adopción. A diferencia de los sistemas o tecnologías utilizados para la generación de energía eléctrica, la cual dispone de sistemas más complejos para su funcionamiento. Esto influye grandemente en el alcance que puede tener un consumidor.

La principal fuente de energía para la generación de calor, proviene casi exclusivamente de la combustión de la biomasa, esta última principalmente de origen Vegetal. El producto principal de esta combustión es el calor, que principalmente es utilizado para la cocción de alimentos (cocinar) en países como el nuestro (Nicaragua); es cierto que también nos caracteriza un clima tropical pero por eso no ha dejado de ejercer un papel importante en la calefacción de hogares en países con climas templados.

- **Producción de Electricidad**

La tecnología de esta fuentes generadoras de electricidad puede alimentarse con diferentes formas en la que se puede presentar la biomasa, esta energía producida es conocida en algunos casos como energía verde, partiendo que su principal combustible proviene de fuentes renovables, trayendo consigo un sin número de ventajas para la protección del medio ambiente.

Entre otras aplicaciones se pueden mencionar:

- Cogeneración
- Biocombustible
- Gas Combustible

4.8.10 Tipología de Combustión

En este campo se han desarrollado tecnologías con la finalidad de cumplir con las proyecciones energéticas a partir de fuentes renovables como combustible la Biomasa Leñosas, entre las que se señalan según Almecija, J. (2010):

- **Tecnología de combustión de pequeña escala**

Esta la describe como una forma de energía térmica en estufas y hogares a partir de la combustión de biomasa en una parrilla fija plana, con propagación del calor desde la fuente generadora mediante el aire. Esta está indicada más específicamente a calefacción residencial y consumo sanitario.

- **Tecnología de combustión de mediana escala**

Esta tecnología de combustión se caracteriza por el consumo de astillas de madera en la totalidad de los casos debido a su menor coste en relación a los Pellets. Producción de energía térmica en las en las experiencia de menor potencia para la calefacción de edificios.

- **Tecnología de combustión de Gran escala**

Este tipo de tecnología la compara a los sistemas de mediana escala, señalándose un aumento de dimensiones y complejidad técnica de los componentes. Se da la generación de energía térmica y eléctrica combinadas mediante turbinas de vapor (eficiencia media 85-88%), o solamente eléctrica cuando mayor es la potencia instalada (eficiencia media 25-30%). Se caracteriza también por su compatibilidad de diversos combustibles de biomasa en un mismo horno (astillas de madera, residuos vegetales, etc.).

- **Quemadores autónomos. Una tecnología diferente**

Estos se caracterizan por ser quemadores, normalmente de Pellets, que permiten sustituir quemadores de gas o gasoil en muchas aplicaciones.

- **Tecnologías de Combustión para cogeneración**

Es necesario mencionar que este tipo de implementación de tecnologías se ha desarrollado en otros países.

V. Desarrollo del Trabajo

5.1 Descripción del Área del Proyecto

La Región Autónoma del Atlántico Norte (RAAN), comprende la mayor parte de la Región Atlántica, una de las tres Regiones en las que se divide fisiográficamente el Territorio Nicaragüense, situada en la parte este del país y a orilla del mar Caribe en el Océano Atlántico, limita al Norte con Honduras, al Sur con la Región Autónoma del Atlántico Sur (RAAS), Al este con el Mar Caribe y al Oeste con los departamentos de Matagalpa y Jinotega; tiene una extensión superficial de 32,127.28 Kilómetros cuadrados, comprendido en 8 municipios: Waspam, Puerto Cabezas, Rosita, Bonanza, Siuna, Prinzapolka, Waslala y Mulukukú, los dos últimos actualmente adscrito provisionalmente al departamento de Matagalpa, regidos por el Consejo y Gobierno Regional en materia de política y desarrollo de la Región.

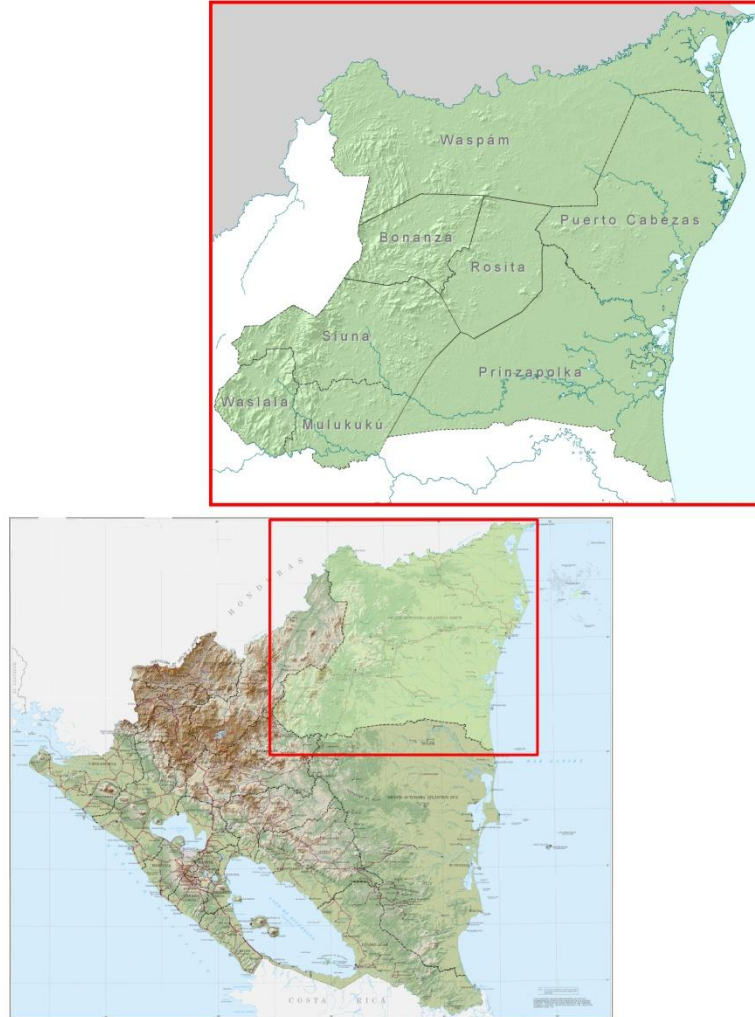
Referente a proyecciones estimadas para el año 2009, la población propia de la región corresponde a 394,792 habitantes (INEC, 2005, INIDE, 2008), para un 72% de la población habita en el sector Rural distribuidas en 411 comunidades rurales y un 28% correspondiente a la zona urbana. Referente a la media general del país (43 hab/km²), la región presenta una densidad poblacional relativamente baja de 12 hab/km².

Característica que también forma parte de la región son sus grupos étnicos, los que son representados por las etnias Miskitas en un 46% de su población, Sumu – Mayangna constituyen el 5.93% de la población de la RAAN, Creoles o población Negra angloparlante constituyen el 1.15% y finalmente los mestizos con una representación del 57% de la población de la RAAN constituyendo el grupo más numerosos de la región y es el más joven en su inmigración.

A nivel Nacional, la mayor concentración del bosque se encuentra en la RAAN, localizada en los territorios de las comunidades indígenas, lo que destaca su potencial productivo, ambiental, escénico y científico. De los que se derivan actividades principalmente del sector forestal, Inventarios, Aprovechamiento, Transporte de Madera en Rollo y finalmente Industria de la Madera de primera y segunda transformación.

El aprovechamiento y transformación de los productos forestales, constituida como una de las principales actividades económicas de la región, ha sido para muchos la idea de proponer alternativas de desarrollo sostenible en el uso y manejo eficiente del recurso y sus derivados, siendo el momento de la ejecución de algunas de las iniciativas planteadas.

Mapa 1. Ubicación de la Región Autónoma del Atlántico Norte (RAAN), en el Territorio Nacional.



5.2 Permisos Forestales en Nicaragua con particularidad en la RAAN (2007-2011).

Información referida del Sistema de Registro y Control de Operaciones Forestales de Nicaragua, durante el periodo del año 2007, se han aprobado un total de 591 permisos de aprovechamiento forestal de diferentes índoles, soportando un volumen autorizado de 30,881.25 metros cúbicos de madera en rollo con fines industriales, sin incluir los permisos con finalidad energética (leña y carbón).

Como parte de una actividad continua del aprovechamiento forestal, para el año 2008, las operaciones forestales se centraron en una de las Regiones más representativa del País, como es la RAAN, caracterizada por su potencial y riqueza silvícola de sus bosques, precedido por uno de los fenómenos naturales más grandes de la historia de las Regiones Autónomas, como fue el paso del Huracán Félix en el año 2007, donde arrollo cerca de 1,166,579 millones de

hectáreas de Bosque Tropical, afectando un volumen aproximado a 47,901,000 de m³ de madera en rollo.

Durante ese periodo del año 2008, en la RAAN, se autorizaron un total de 115 Planes de Aprovechamiento Forestal (PAF), como una herramienta al aprovechamiento de la madera tumbada por el Huracán Félix, cubriendo dicha permisos una superficie de 86,960.04 hectáreas, lo que soporta un Volumen Autorizado de 678,278.74 m³ de madera en rollo, en bosques afectados y relativamente fragmentados por las diferentes actividades de subsistencia que se practican en la Región.

Consiguientemente en el año 2009, en la misma región autónoma, se autorizó un total de 962 permisos de aprovechamiento forestal, de los cuales 798 permisos correspondieron a especies comerciales industriales, donde apenas el 6% de estos pertenecieron a Planes de Aprovechamiento Forestal (PAF) autorizados en la RAAN de Nicaragua para el aprovechamiento de la madera caída por el Huracán Félix, pero si representando significativamente, un volumen de 158,462.13 m³ de madera en rollo (77% del volumen total), de un total de 205,558.18 m³ autorizados para ese año en todo el territorio nacional.

Otro acontecimiento importante en la actividad silvícola de la Región, concerniente a la disponibilidad de materia prima para la actividad industrial forestal, es que para el año 2010 se aprobaron un total de 953 permisos de aprovechamiento forestal, y solo un 3.57% (34 permisos de aprovechamiento forestal) de estos permisos, corresponde a, los PAF, POAs derivados de los Planes Generales de Manejo Forestal (PGMF) y aprovechamiento forestal en sistemas productivos Silvopastoriles en la RAAN de Nicaragua, pero si abarcando la mayor parte de la volumetría de madera en rollo disponible para el aprovechamiento y transformación primaria de la madera en todo el país, representando un total de 62.62% o sea 142,319.98 m³ de madera en rollo, de un total autorizado a nivel nacional de 221,063.50 m³.

La parte correspondiente al aprovechamiento forestal para el año 2011, se otorgaron en el territorio nacional -1081- permisos de aprovechamientos forestal, 38 de ellos correspondieron a la Región Autónoma del Atlántico Norte (RAAN) figurando un 3.5 % de las autorizaciones forestales a nivel nacional, en lo que cifra un volumen autorizado para el aprovechamiento de 131,033.06 m³ representando el 58 % del volumen autorizado a nivel nacional de 226,820.69 m³ de madera en rollo, para un Área efectiva de 28,855.13 hectáreas

Durante el periodo del 2007-2011, la actividad forestal se centro en el aprovechamiento de, 1,140,975.16 m³ de madera en rollo, disputa para la transformación primaria.

Cuadro N°1. Resultados comparativo sobre permisos y volumen autorizado para el aprovechamiento forestal, periodo comprendido entre el año 2007 al 2011, enfocados primeramente para el volumen autorizado en la RAAN.

Autorizaciones	Periodo de concesiones de permiso					Total periodo
	2007	2008	2009	2010	2011	
PermisosAprov.	591	115	45	34	38	823
Volumen	30,881.25	678,278.74	158,462.13	142,319.98	131,033.06	1,140,975.16

Durante todo este periodo descrito (2007-2011), se contabilizan un total de 178,780.94 hectáreas de Bosque bajo manejo forestal en todo el territorio Nacional, antecediendo un área acumulada de bosque al año 2006 de 102,378.00 hectáreas, representando a la fecha el 7.86% de la cobertura boscosa del País, bajo un sistema silvicultural (Manejo de Bosque), según información producto de los resultados del Inventario Nacional Forestal (INF) de Nicaragua 2007-2008.

Es Necesario destacar, que del total de área bajo manejo forestal, 127,328.92 hectáreas, están manejadas bajo la modalidad de los Planes de Aprovechamiento Forestal (PAF), como una emergencia al aprovechamiento de la madera caída por el Huracán Félix, centralizada en la Región Autónoma del Atlántico Norte (RAAN), valorada una afectación en el rango de un 80 - 100 %, sobre las especie forestales latifoliadas, afectadas en el trayecto del paso del fenómeno natural.

5.3 Factores que determinan el rendimiento de la producción en la industria de primera transformación

Como parte de un sistema regulatorio, los índices de producción en la Industria Forestal en Nicaragua, se encuentran normados bajo factores de rendimiento, establecidos por las mismas instituciones rectora de los recursos forestales (INAFOR – MARENA) en su boletín sobre “Estandarizaciones de unidades de medidas”, para ello existen valores establecidos que determina la producción neta por metro cúbico de madera en rollo convertida a primera transformación completa.

Los valores que definen, el rendimiento en la transformación primaria de la madera, dependen principalmente de la Industria Utilizada (tipo de la sierra), las que se agrupan en Industria de Aserrío (Aserraderos Portátiles y estacionarios) y Motosierras, para la primero se establece un factor de rendimiento de 1.5 lo que significa que por cada metro cúbico de madera procesada necesitamos 1.5 metros cúbicos de madera en rollo (y para la segundo se aplica un factor de rendimiento del 2.1, lo que equivale que para obtener un metro cúbico de madera procesada con industria de Motosierra, necesito 2.1 metro cúbico de madera en rollo. Para unificar estos dos factores de rendimiento se recomienda utilizar 1.9 (recomendado por el Registro Nacional Forestal - INAFOR)

En la práctica estos factores tienden a variar y van a estar en dependencia de agentes como el grueso de la sierra, tamaño de las piezas o producto a obtener, especie procesada, calidad de la troza y habilidades del operador, entre sus principales parámetros a considera.

Existen variante en algunas experiencias particulares, en las que se han registrados en industrias de motosierras, factores de rendimientos de hasta 2.9, en el caso particular de producción de t mber en el bosque, en industrias registradas como sierra principal; y otro factor de rendimiento de hasta 2.04 en industrias de aserríos, determinado a través de registros estadísticos de la transformación primaria de la madera (Industria MAPIINIC.S.A., registros del año 2011).

5.4 Proyección de Residuos generados del volumen autorizado

5.4.1 Volumen disponible de la primera transformación

Durante ese periodo del año 2007-2011 se autorizaron 1,140,975.1 m³ de madera en rollo, los que se proyectan a generar **540,461.889** m³ de madera convertidos en residuos producto de la transformación primaria de la madera, y si incluimos, los residuos generados, de las actividades silviculturales en el bosque, relacionada al proceso naciente de la primera transformación de la madera, según Gerwin et al (1996), citado por Venegas y Louman (2001) esto representa el 27 % del Volumen extraído del bosque, equivalente a un adicional de 308,063.277 m³(una vez cortados los fustes en trozas), que queda como residuos provenientes del saneo de los fustes, las copas de los árboles desprendidas por la misma actividad, acompañado de árboles viejos caídos como parte de un proceso sucesional y dinámico del Bosque.

Este comportamiento se puede considerar también en una proporción estimada sobre la generación de residuos y aprovechamiento neto de todo el potencial leñoso del que se compone un árbol; esto se estima en proporciones en las que solamente el 20% del volumen total de un árbol es aprovechado, un 40% pertenece a los residuos producto de las actividades silviculturales en el bosque (Saneos del fuste) incluyendo el volumen de tocones y raíces dejados en el campo; y el otro 40% pertenece a los residuos generados de su industrialización (aserrín, astillas, corteza, recortes, costaneras).

Es importante resaltar, que en relación, a las industrias de segunda transformación en la RAAN, el consumo de madera en esta modalidad de industria, es difícil cuantificar ya que no se ha llevado un registro o control de operaciones de este consumo, generalmente esta materia prima disponibles en las carpinterías, se transporta de forma ilegal; en relación al volumen transportado fuera de la Región hacia otras ciudades del país o la destinada para la exportación, el consumo en las carpinterías es relativamente bajo.

En todo el proceso o cadena de transformación primaria de la madera en la RAAN, se estima que en los últimos 5 años, se ha acumulado un volumen de material residual de 848,525.166 m³ de biomasa, disponible como fuente renovable de energía, con un acumulado anual de 169,705.033 m³.

Este volumen residual se queda acumulado en la RAAN; por disposiciones administrativas del gobierno regional y los entes reguladores de los recursos forestales en la Región (SERENA, GRAAN, INAFOR, Alcaldías), no se permite el transporte de madera en rollo fuera de territorio de la Región Autónoma del Atlántico Norte.

5.4.2 Volumen disponible de segunda transformación

En las carpinterías el volumen residual está compuesto por el acabado de la madera, el que está representado por el 38% de residuos sólidos (7% aserrín, 13% ripio y 18 % colucho), el restante 62% corresponde al rendimiento absoluto de la madera que llega a la industria de segunda transformación (muebles); estos resultados corresponden a la industria utilizada en la RAAN, típicas en el país.

5.5 Enfoque de la Resolución

Partiendo de la finalidad del proyecto, se tiene como principal meta el “Aprovechamiento Térmico de la Biomasa de residuos Forestales para el secado de maderas Industriales en la Región Autónoma del Atlántico Norte de Nicaragua (RAAN)”, el que estará enmarcada en cuantificar los residuos procedentes de la transformación primaria y secundaria de la madera por metro cúbico de madera en rollo procesada en la industria forestal, de esta forma tener en términos numéricos lo que significa el potencial energético del producto “Residuos Forestales Industriales”.

Este mecanismo está montado en una estrategia de uso eficiente de la biomasa generada, transformándola en energía limpia en forma de calor para el secado de la madera, contribuyendo a su mecanismo de la cadena de valor del producto terminado en las diferentes facetas de la Industria de la Madera.

Finalmente, poder evaluar los impactos generados por la acumulación de residuos forestales industriales en el medio, estos mostrados de forma que se puedan interpretar y poder tomar acciones que puedan mitigar, atenuar o más bien a reducir a su menor expresión la cantidad de impactos generados por la existencia de estos residuos producto de la transformación primaria y secundaria de la madera.

El Área de incidencia del proyecto estará enmarcada en las industrias de primera y segunda transformación conformadas en la RAAN, en las que se medirán la cantidad de residuos que estas generan, de manera que su utilización contribuya a un manejo sustentable y pueda contribuir en el proceso de la cadena de valor al producto terminado, proporcionando a demás de un aumento en su valor

comercial, estabilidad en sus propiedades físicas, facilidad en el manejo, transporte y acabado como producto terminado.

Esto se traduce a la utilización del potencial energético de la Biomasa de residuos forestales industriales, como combustible para la generación de energía en forma de calor y el secado de madera en sus diferentes transformaciones.

5.6 Definición de muestras ó de población.

Para determinar la cantidad de biomasa forestal producto de la transformación de la madera en la RAAN, se cuantificará el volumen generado en un total de 38 industrias forestales de primera transformación, inscrita legalmente ante el ente regulador de los recursos forestales en la región (INAFOR), y como una segunda variable se medirá el volumen residual de la transformación secundaria de la madera, que generalmente está centrada en pequeños talleres de carpintería, donde la dependencia de la cantidad de residuos producidos por unidad de volumen van a estar en dependencia de las tecnologías implicadas y de la cantidad de madera que estas industrias procesan.

Para los efectos se seguirán los lineamientos propuestos, entre ellos la definición de las especies forestales que comúnmente son transformadas en las industrias madereras y propias de la Región, las que sobre salen:

Cuadro. N°2. Representa los datos de una industria con mayor diversidad de especie comerciales. Fuente, INAFOR – 2011.

N°	Especie	Volumen	Volumen
		Total (m ³)	%
1	Caoba	47.297	0.30
2	Cedro macho	6070.993	38.57
3	cortez	122.474	0.78
4	Genízaro	295.412	1.88
5	Granadillo	18.588	0.12
6	Guapinol	254.991	1.62
7	Guayabo Negro	174.735	1.11
8	Leche María	64.670	0.41
9	Mora	121.405	0.77
10	Nancitón	8009.143	50.88
11	Quebracho	53.649	0.34
12	Quitacalzón	18.203	0.12
13	Santa María	471.810	3.00
14	Coyote	2.555	0.02
15	cedro real	8.149	0.05
16	genízaro	6.582	0.04
	Total	15740.656	100

5.6.1 Volumen de Madera

Ante este proceso es un paso importante determinar el volumen de madera en rollo previo a la transformación primaria de la madera, considerando la especie del producto a transformar, de tal manera que se pueda cuantificar con la mayor precisión el volumen en metros cúbicos (m^3) de una troza, tomado como punto de partida, para determinar el volumen útil o sea madera aserrada (%) y el volumen residual de la madera (%) por metro cúbico de madera en rollo procesado.

Es importante tomar como referencia la especie maderable industrial, ya que características fenotípicas como la forma y la rectitud de las trozas son determinantes en el rendimiento, siendo muy particular de las especies tropicales (Latifoliadas y Coníferas), en el que el volumen aserrado y volumen de residuos es diferente para cada caso, viéndose modificado un factor de rendimiento.

5.6.2 Volumen de Madera en Rollo (Troza)

El Volumen de madera en rollo calculado tomará como base la Fórmula de Smalian, utilizada en especificaciones técnicas en Nicaragua, la que representará la cantidad de madera que una troza rinde, según una unidad de medida determinada (metros cúbicos); aunque existen otros mecanismos para su medición, la fórmula es la siguiente:

$$VR = 0.7854 \times D^2 \times L$$

0.7854 = Constante de $\pi/4$ ($3.1416/4$)

VR = Volumen en m^3 de la Troza (madera en rollo)

D = Diámetro promedio de las dimensiones de la troza en metros

$$D = \frac{(D_1 + D_2)}{2}$$

D_1 = Diámetro menor de la troza en metros

D_2 = Diámetro mayor de la troza en metros

L = Longitud de la Troza en metros

5.6.3 Volumen de Madera Procesada

Este Volumen corresponde al rendimiento de madera procesada a partir de la madera en rollo transformada, la que se determina midiendo el producto aserrado según unidad de medida determinada (metros cúbicos, pie tablar, pulgada vara), la que está definida por el Ancho (A), Grosor (G) y Largo (L) de la pieza de madera, ,

$$Vp = A \times G \times L$$

Vp = Volumen de Madera Procesada (m^3)

A = Ancho en metros

G = Grosor en metros

L = Largo en metros

5.6.4 Volumen de Residuos

Para el cálculo o medición de los residuos forestales industriales producto de la transformación de la madera, se debe de tomar en cuenta el tipo de cambio que está experimentando, el que quedará definido por la transformación primaria y secundaria de la madera, para ello se desarrollarán mecanismos sencillos para su medición.

Volumen de residuos de la transformación primaria de la madera

El volumen de la transformación primaria de la madera estará determinado por la diferencia del volumen de madera en rollo o troza y el volumen de madera procesada como rendimiento a su transformación.

$$V_{r1} = VR - V_p$$

V_r = volumen de residuos de la transformación primaria de la madera (m^3).

VR = Volumen en m^3 de la Troza.

V_p = Volumen de Madera Procesada (m^3).

En este proceso van incluidos todos los residuos generados de la transformación primaria de la madera, entre ellos: aserrín, ripio, recortes, corteza, etc.

Volumen de residuos de la transformación secundaria de la madera

Para ello se tomará como referencia el volumen de madera procesada y el volumen de de los residuos, este último se determinará tomando en cuenta el peso de los residuos de la especie maderable y su densidad básica, la que estará expresada de la siguiente manera:

$$V_{r2} = P_r \times P_e$$

V_{r2} = Volumen de residuos de la transformación secundaria de la madera por especie

P_r = peso de los residuos en Kilogramo por metro cúbico (kg/m^3) de la especie

P_e = peso específico de la madera en Kg/m^3 de cada especie.

O bien como la propuesta por Rosáles, A. (2006); para determinar la producción de desechos en talleres de carpinterías:

$$X = P \times M^3 / D_b$$

X = Volumen calculado (m^3)

P = Peso (Kg)

M³ = metros cúbicos

Db = Densidad básica (Kg/m³)

En este proceso van incluidos todos los residuos generados de la transformación secundaria de la madera, entre ellos: aserrín, ripio, colochos, recortes.

5.7 Resolución Tecnológica al aprovechamiento de residuos.

La Tecnología que se va implementar, consiste, en el aprovechamiento de la biomasa residual de las actividades forestales de manera eficiente, capaz de convertirla en una fuente de energía renovable, productora de energía térmica en calderas de combustión, dirigida por conductos hacia recamaras de secado, a través de corrientes de aire, impulsadas por ventiladores, enfatizadas en la pérdida de humedad de la madera.

5.7.1 Sistema de Aprovechamiento Térmico de residuos forestales

Consiste en el tratamiento aplicado a los residuos forestales producto de la transformación primaria y secundaria de la madera.

Iniciativa al desarrollo de Tecnologías para el secado de madera, a partir de la utilización de residuos forestales, proveniente de las actividades silviculturales del Bosque (aprovechamiento forestal) y de la transformación primaria y secundaria de la madera (madera procesada y producto terminado).

El sistema es alternativo, altamente eficiente, que da confianza y estabilidad de trabajo de la materia prima para sus fines propiciados, como procedimiento anticipado a su manejo y uso del recurso maderable.

Para ello se define un sistema, de secado de madera, cuyos componentes nos lleven a alcanzar un producto en condiciones requeridas, en el menor tiempo posible, con un menor costo y que el producto sea mejor ante sus estándares de calidad, principalmente donde su fuente energética tenga su origen en fuente renovables de la energía, como es la energía de la biomasa procedente de la industria forestal, con principios tecnológicos ambientalmente sanos.

Basado en estas necesidades, el secado de la madera, ejerce un papel determinante en el valor agregado del producto, principalmente sobre su manufactura.

En esta oportunidad se plantea un proyecto con la intención de condicionar la materia prima de la industria forestal, a partir de los subproductos generados de su transformación, como fuente generadora de calor, valorada por la abundancia y disposición de la materia prima en la Región Autónoma del Atlántico Norte del País (RAAN).

5.7.2 Horno para el secado de madera con calderas de biomasa de residuos forestales en la RAAN.

Se ideó un sistema capaz de potenciar la utilización de la biomasa forestal disponible como subproducto de la transformación primaria y secundaria de la madera, apropiada para ser adaptada a las industrias forestales que operan en la RAAN, para el manejo de sus residuos sólidos, entre sus otros beneficios la utilización de la energía que son capaces de generar.

Se parte de la innovación de un horno de secado de madera, con materiales disponibles o con accesibilidad en la Región o en el País. Las consideraciones tecnológicas, van encaminadas a regular principalmente los factores determinantes en el secado de madera como es la Temperatura (energía), Humedad Relativa (H%) y la corriente de aire seco y húmedo.

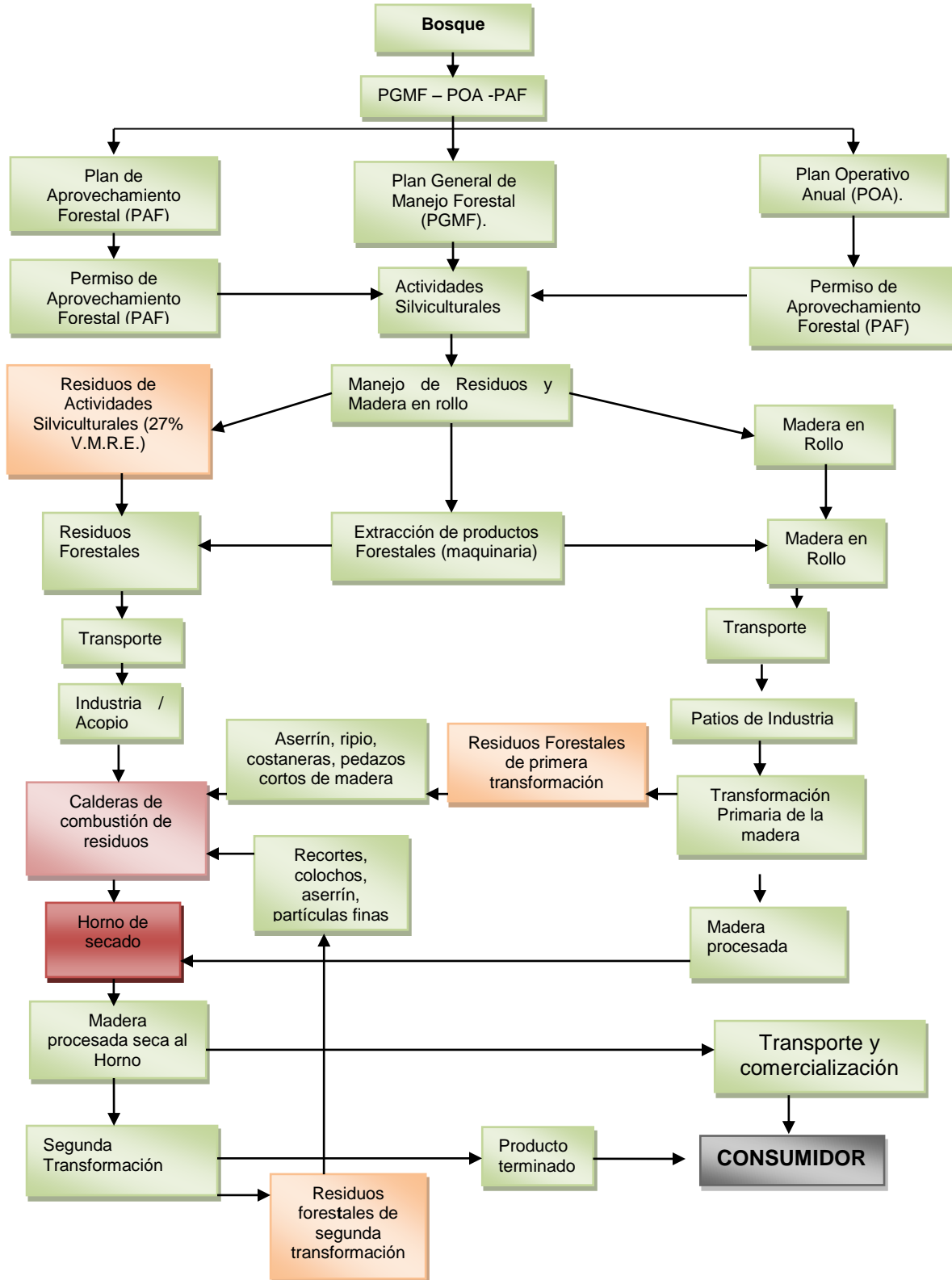
- La parte estructural del horno o recipiente al estilo contenedor, con capacidad para secar 20 m³ de madera procesada, su tamaño es de 14.63 m de largo, 2.3 m de ancho y 2.5 m de alto (84.1455 m³ de espacio interior).
- En la parte interior se reforzarán sus paredes, principalmente sobre el aislante térmico de las condiciones externas e internas que interactúan sobre el secado al horno; así como el material de la recámara de secado que debe ser resistente a la temperatura, humedad y ante agentes oxidantes.
- Se adjuntará sus sistema de Ventilación, de manera que se pueda regular la velocidad de circulación de aire y el caudal del aire caliente necesario para secar madera, se manejará a un rango de velocidad de 1-2 m/s, considerado como un comportamiento que ha dado excelentes resultados en todos los sistemas convencionales para este fin, el que se estará monitoreando para alcanzar un nivel óptimo de secado.
- El transporte de los residuos forestales, se hará directamente hacia el sitio destinado al almacén, aprovechando la inversión en la movilización de los residuos (horas máquinas), desde el sitio de primera transformación hasta su destino final, contiguo a las calderas de combustión. El transporte de la madera se realiza entera, desde el bosque hasta las industrias de primera transformación, lo que hace el costo de transporte del rubro de residuos forestales cero; todos los residuos estarían ya en su lugar.
- El manejo de los residuos, se dispondrán cerca del espacio destinado para la combustión de los residuos, es decir cerca de las calderas de combustión; el espacio destinado para el almacén de los residuos forestales, estará cubierto con techo, lo que va a permitir proteger a la biomasa residual de la humedad proveniente de las precipitaciones,

garantizando el material seco y contenido de humedad bajo, garantizando consigo mayor eficiencia energética en la generación de calor.

- La energía en forma de calor necesaria para el secado de madera, partirá de la combustión de la biomasa residual procedente de la industria forestal. El material residual se transportará a sitios de acopio de residuos cerca de la Caldera de combustión, al estilo fragua, capaz de producir aire caliente y limpio.
- La temperatura subirá gradualmente, empezando con temperaturas bajas según las necesidades de secado (35°C – 40°C), con la finalidad de aproximarse a las temperaturas ambientes sometidas, así subir la temperatura según las exigencia y monitoreo del secado. Este monitoreo se hará, con instrumentos como son los termómetros de bulbo seco y bulbo húmedo instalados en el interior de la recamara de secado, a partir de los que se determinará la humedad relativa u condicionarlas conforme al programa de secado
- El sistema de alimentación es convencional, alimentado de forma manual, esta alimentación se estima sea de 6.9468 kg/h (0.0019 kg/s) de biomasa, así producir 25.69kWh con un nivel de eficiencia energética del 20%, lo que significaría una utilización real de 5.13kWh/h. Esto para secar 20 m³ de madera procesada en un periodo de 15 días, con esto cumple su ciclo de secado.
- La implementación de tecnologías para la presentación de los residuos (pellets, astillas, briquetas, bastones, etc.) es posible hacerlo para mejorar la eficiencia energética de la biomasa, pero la Tecnología y la Inversión es alta así como los costos y técnicas de operación, por tal razón no está contemplada en la etapa inicial del proyecto, pero si en consideraciones futuras.
- La caldera de secado constará con un tubo (posiblemente de cobre) dispuesto de forma que capture la mayor cantidad de calor a manera de resistencia. Al calentarse el tubo, el aire dispuesto en su interior es impulsado por un ventilador ubicado en uno de sus extremos (parte externa de la caldera de combustión) y dirigido a la recámara de secado.
- La maderaprocada ingresada a la recamara de secado, se controla la humedad de la madera con el propósito de monitorear su nivel de secado (Higrómetro), así favorecer las condiciones internas de la recamara de secado, conforme los niveles de exigencia para liberar la humedad en la madera.
- Este sistema contará con capacidad para secar 20 m³, en un periodo de 15 días, con una caldera con capacidad de combustión de 3.38 m³ durante el

ciclo, produciendo 18.124 m³ promedio de madera procesada seca al horno.

5.8 Flujograma del proceso de recolección de residuos y secado.



5.9 Evaluación Financiera del Proyecto de secado

5.9.1 Tamaño del Proyecto

N°	ANOS	NECESIDADES DE BIOMASA				PRODUCCION DE SECADO		RESULTADOS ECONOMICOS	
		CAPACIDAD TOTAL M³	CAPACIDAD TOTAL KWh	CAP QUINCENAL M³	CAP QUINCENAL KWh	CAPACIDAD TOTAL M³	CAP QUINCENAL M³	PRECIO M³	INGRESOS \$
1	2012	81.06	221943.12	3.38	9247.63	393.6	16.40	127.20	50065.92
2	2013	85.11	233040.28	3.55	9710.01	413.28	17.22	133.56	55197.68
3	2014	89.37	244692.29	3.72	10195.51	433.94	18.08	140.24	60855.44
4	2015	93.84	256926.90	3.91	10705.29	455.64	18.99	147.25	67093.12
5	2016	98.53	269773.25	4.11	11240.55	478.42	19.93	154.61	73970.17
TOTAL		447.91	1226375.84	18.66	51098.99	2174.89	90.62	702.86	307182.32

En este cuadro se representa la capacidad que va a tener el proyecto para un ciclo de producción de 15 días, los resultados esperados en un año así como su demanda energética y beneficios económicos, inferidos a 5 años.

5.9.2 Inversión del Proyecto

No	CONCEPTO	CANTIDAD	UNID MEDIDA	COSTO UNIT U\$	COSTO TOTAL U\$
Inversión Fija					8608.70
1	Compra de Contenedor Metálico	1	Contendor	4000.00	4000.00
2	Compra de Extractores de Aire	4	Extractores	217.39	869.57
3	Compra de Ventiladores	4	Ventiladores	217.39	869.57
4	Aspersores de Humedad	4	Aspersores	173.91	695.65
5	Compra de Caldera de Combustión	1	Caldera	2173.91	2173.91
Inversiones Diferidas					1800.00
5	Formulación del Proyecto	1	Formulación	500.00	500.00
6	Diseño del Horno Y Caldera	1	Diseño	500.00	500.00
7	Gestión de Ejecución del Proyecto	1	Ejecución	800.00	800.00
Inversiones de Capital de Trabajo					20248.09
8	Administración del Negocio	14	Meses	434.78	6086.96
9	Mano de Obra Directa	14	Meses	365.22	5113.04
10	Costo de Materia Prima en Kwh	221943.12	Kwh	0.0016	352.44
11	Gastos de Comercialización	12	Meses	217.39	2608.70
TOTAL		222000.12	0	9600.00	30656.78

Se refleja toda la inversión necesaria para iniciar el proyectos, agrupadas en las inversiones fijas, diferidas y capital de trabajo que se necesita para iniciar el proyecto.

5.9.3 Estados de Resultados del Proyecto

ESTADO DE RESULTADO DEL PROYECTO							
	INGRESOS	U\$	U\$	U\$	U\$	U\$	U\$
1	Ingresos por Servicio de Secado	50065.92	55197.68	60855.44	67093.12	73970.17	307182.32
	Total de Ingresos	50065.92	55197.68	60855.44	67093.12	73970.17	307182.32
	EGRESOS	U\$	U\$	U\$	U\$	U\$	U\$
1	Gastos de Administración	6086.96	6391.30	6710.87	7046.41	7398.73	33634.28
2	Costos de Mano de Obra Directa	5113.04	5368.70	5637.13	5918.99	6214.94	28252.79
3	Costos de Materia de Combustión	352.44	370.06	388.56	407.99	428.39	1947.43
4	Gastos de Comercialización	2608.70	2739.13	2876.09	3019.89	3170.89	14414.69
	Total de Egresos	14161.13	14869.19	15612.65	16393.28	17212.94	78249.19
	UTILIDAD BRUTA	35904.79	40328.49	45242.79	50699.84	56757.22	228933.13

Se reflejan los ingresos y egresos proyectados a 5 años con un nivel de crecimiento del 5% anual.

5.9.4 Flujo del Proyecto

Flujo Financiero con Biomasa

FLUJO FINANCIERO DEL PROYECTO CON BIOMASA								
	INGRESOS	0	1	2	3	4	5	Total
1	Ingresos por Servicio de Secado		50065.92	55197.68	60855.44	67093.12	73970.17	307182.32
	Total de Ingresos		50065.92	55197.68	60855.44	67093.12	73970.17	307182.32
	EGRESOS							
1	Gastos de Administración		6086.96	6391.30	6710.87	7046.41	7398.73	33634.28
2	Costos de Mano de Obra Directa		5113.04	5368.70	5637.13	5918.99	6214.94	28252.79
3	Costos de Biomasa en KW h		352.44	370.06	388.56	407.99	428.39	1947.43
4	Gastos de Comercialización		2608.70	2739.13	2876.09	3019.89	3170.89	14414.69
5	Depreciación		1721.74	1721.74	1721.74	1721.74	1721.74	8608.70
6	Amortización de Diferidos		360.00	360.00	360.00	360.00	360.00	1800.00
	Total de Egresos		16242.87	16950.93	17694.39	18475.02	19294.68	88657.89
7	Utilidad Bruta		33823.05	38246.75	43161.05	48618.10	54675.48	218524.43
8	Impuestos del Rubro Madera		10146.91	11474.02	12948.32	14585.43	16402.64	65557.33
9	Depreciación		1721.74	1721.74	1721.74	1721.74	1721.74	8608.70
10	Menos las Inversiones	-30656.78						
	UTILIDAD BRUTA	-30656.78	11868.65	13195.76	14670.05	16307.17	18124.38	74166.03

VAN	C\$ 11,040.92
TIR	35%
RBC	1.99
PRI	2 Anos 5 Meses

Análisis de Indicadores Financiero Utilizando Biomasa de residuos forestales de primera transformación.

Cuando evaluamos financieramente los resultados de la utilización de la Biomasa procedente de los residuos forestales, como fuente de energía para el secado de madera en un horno con capacidad de producción de 20 m³ de madera procesada, en un periodo de 15 días, con tecnología rústica y con un crecimiento del 5% anual, proyectado a 5 años, nos genera los siguientes indicadores financieros:

- Un Valor Actual Neto (VAN) de U\$ 11,040.92 dólares americanos, de ganancia actualizada neta que dejaría este mini proyecto en un periodo de 5 años.
- Una Tasa Interna de Retorno (TIR) del 35 %, la que es sustantiva y podría soportar problemas inflacionarios moderados, devaluación controlada de la economía nicaragüense que es de, 9% de inflación y 5 % de devaluación (14% total).

- Después de pagar impuestos, la Relación Beneficios / Costos (RB/C) es 1.99, que es un alto rendimiento, por cada dólar invertido se obtendrá 0.99 dólares americanos.
- Un periodo de recuperación de la inversión (PRI) de 2 años y 5 meses, representando menos del 50% del tiempo de proyección o del periodo del proyecto.

Con estos indicadores financieros, esta inversión es factible, viable y rentable, para que se ponga en práctica este proyecto, además de ser ecológico y ambientalmente sano para la Región y el País. Por tal razón propongo desarrollarlo como proyecto piloto y proyectarlo en toda la Región del Atlántico Norte (RAAN) de Nicaragua.

Flujo Financiero con Bunker

FLUJO FINANCIERO DEL PROYECTO CON BUNKER								
	INGRESOS	0	1	2	3	4	5	Total
1	Ingresos por Servicio de Secado		50065.92	55197.68	60855.44	67093.12	73970.17	307182.32
	Total de Ingresos		50065.92	55197.68	60855.44	67093.12	73970.17	307182.32
EGRESOS								
1	Gastos de Administración		6086.96	6391.30	6710.87	7046.41	7398.73	33634.28
2	Costos de Mano de Obra Directa		5113.04	5368.70	5637.13	5918.99	6214.94	28252.79
3	Costos por Bunker en Kwh		4088.33	4292.75	4507.39	4732.75	4969.39	22590.61
4	Gastos de Comercialización		2608.70	2739.13	2876.09	3019.89	3170.89	14414.69
5	Depreciación		1721.74	1721.74	1721.74	1721.74	1721.74	8608.70
6	Amortización de Diferidos		360.00	360.00	360.00	360.00	360.00	1800.00
	Total de Egresos		19978.77	20873.62	21813.21	22799.79	23835.69	109301.07
7	Utilidad Bruta		30087.15	34324.06	39042.23	44293.34	50134.48	197881.25
8	Impuestos del Rubro Madera		9026.15	10297.22	11712.67	13288.00	15040.34	59364.38
9	Depreciación		1721.74	1721.74	1721.74	1721.74	1721.74	8608.70
10	Menos las Inversiones	-30656.78						
	UTILIDAD BRUTA	-30656.78	10747.89	12018.96	13434.41	15009.74	16762.08	67973.07

VAN	U\$ 7,482.91
TIR	31%
RBC	1.82
PRI	2 Anos 7 Meses

Flujo Financiero con Energía Eléctrica

FLUJO FINANCIERO DEL PROYECTO CON ENERGIA ELECTRICA								
	INGRESOS	0	1	2	3	4	5	Total
1	Ingresos por Servicio de Secado		50065.92	55197.68	60855.44	67093.12	73970.17	307182.32
	Total de Ingresos		50065.92	55197.68	60855.44	67093.12	73970.17	307182.32
	EGRESOS							
1	Gastos de Administración		6086.96	6391.30	6710.87	7046.41	7398.73	33634.28
2	Costos de Mano de Obra Directa		5113.04	5368.70	5637.13	5918.99	6214.94	28252.79
3	Costos por Energía en Kwh		11947.75	12545.14	13172.40	13831.02	14522.57	66018.87
4	Gastos de Comercialización		2608.70	2739.13	2876.09	3019.89	3170.89	14414.69
5	Depreciación		1721.74	1721.74	1721.74	1721.74	1721.74	8608.70
6	Amortización de Diferidos		360.00	360.00	360.00	360.00	360.00	1800.00
	Total de Egresos		27838.19	29126.01	30478.22	31898.05	33388.86	152729.32
7	Utilidad Bruta		22227.73	26071.67	30377.22	35195.08	40581.31	154453.00
8	Impuestos del Rubro Madera		6668.32	7821.50	9113.17	10558.52	12174.39	46335.90
9	Depreciación		1721.74	1721.74	1721.74	1721.74	1721.74	8608.70
10	Menos las Inversiones	-30656.78						
	UTILIDAD BRUTA	-30656.78	8390.06	9543.24	10834.90	12280.26	13896.13	54944.60

VAN	(U\$ 2.28)
TIR	21%
RBC	1.54
PRI	4 Anos 2 Meses

5.9.5 Comparación de indicadores financieros con diferentes tipos de combustibles.

COMPARACION DE DIFERENTES FUENTES DE ENERGIA					
	TIPO DE ENERGIA	VAN	TIR	RBC	PRI
1	BIOMASA	U\$ 11,040.92	35%	1.99	2 Anos 5 Meses
2	BUNKER	U\$ 7,482.91	31%	1.82	2 Anos 7 Meses
3	ENERGIA ELECTRICA	(U\$ 2.28)	21%	0.00	4 Anos 2 Meses

Se hizo la comparación del secado de madera en un periodo de 5 años con diferentes fuentes de energía, en la que sobresale la energía procedente de fuentes renovables de energía, como es la biomasa de residuos forestales de primera transformación.

Los resultados con combustible fósil, da resultados financieros factible para la ejecución de este proyecto, pero desde el punto de vista ecológico y ambiental no es viable, los beneficios económicos son menores que utilizando biomasa forestal.

La aplicación de energía eléctrica como fuente generadora de calor para el secado de madera, no es financieramente rentable, o más bien da lo mismo invertir como no invertir.

5.9.6 Proyección Financiera del Proyecto.

POTENCIAL ECONOMICO DE LA BIOMASA DE LA REGION ATLANTICO NORTE APROVECHABLE								
	20	CAPACIDAD TOTAL KWh		PRODUCCION DE SECADO		RESULTADOS ECONOMICOS		UTILIDAD U\$
NO	ANOS	CAPACIDAD TOTAL KWh	CAP QUINCENAL KWh	CAPACIDAD TOTAL M ³	CAP QUINCENAL M ³	PRECIO M ³	INGRESOS \$	
1	2012	295704000.00	12321000.00	524409.4488	21850.39	127.20	66704881.89	16009171.65
2	2013	310489200.00	12937050.00	550629.9213	22942.91	133.56	73542132.28	17650111.75
3	2014	326013660.00	13583902.50	578161.4173	24090.06	140.24	81080200.84	19459248.20
4	2015	342314343.00	14263097.63	607069.4882	25294.56	147.25	89390921.43	21453821.14
5	2016	359430060.15	14976252.51	637422.9626	26559.29	154.61	98553490.88	23652837.81
	TOTAL	1633951263.15	68081302.63	2897693.24	120737.22	702.86	409271627.32	98225190.56

En este cuadro se refleja el potencial energético acumulado que tiene la Biomasa de los residuos forestales por año y proyectado a 5 años, así como las utilidades económicas, cuando esta energía proveniente de fuentes renovables es utilizada para el secado de madera, encontrándose disponible **1,633,951,263.15** de kWh y una utilidad neta del 24%, figuran **\$U98,225,190.56 dólares** en los 5 años.

VI. Consideraciones del enfoque del proyecto.

6.1 Consideraciones Ambientales

Es una iniciativa que no compromete las condiciones del medio ambiente, partiendo de fuentes renovables de energía como es el bosque, encargado de fijar el Dióxido de Carbono (CO₂) liberado por la combustión de la masa vegetal sobrante del proceso de industrialización.

Es cierto que se puede ver, como un mecanismo que libera CO₂, producto de la combustión del material vegetal, pero esto no compromete su aplicación, ya que el CO₂ emitido es nuevamente capturado por las plantas, a través del proceso de fotosíntesis, simbiosis alcanzada con la energía del sol; la masa vegetal es considerada un sistema de almacenamiento eficiente de energía solar y almacén natural del CO₂.

Un manejo y uso eficientes de los residuos forestales de las actividades silviculturales, contribuye en la dinámica natural del bosque, actuando como tratamiento de liberación, favoreciendo la emergencia de especies forestales de futuras cosechas.

La recolección de residuos forestales producto de las actividades silviculturales en el Bosque, es visto como la limpieza del bosque, lo que viene a reducir los riesgos

de propagación de los incendios forestales, de esa manera se reduce el material existentes como focos de combustible seco.

El aprovechamiento se convierte en una estrategia de desarrollo limpio a partir de fuentes renovables de energía, convirtiéndose en una medida atenuante a los impactos generados por la permanencia de los residuos forestales en un lugar dado, generalmente el utilizado para el derroche de estos.

Se calcula que se produce un 4 % de aserrín (Centro Producción más limpia Nicaragua) del volumen total de madera procesada; sin embargo es difícil tener un cálculo exacto de los volúmenes totales de residuos como aserrín producido en las industrias del país por una serie de factores como dependiendo de factores como nivel de producción, tipos de aserraderos, tecnología utilizada en el proceso, etc.

Entre los aspectos ambientales para el manejo de los residuos como aserrín se pueden mencionar los siguientes:

- La acumulación progresiva de aserrín representa peligros de incendios por el aumento progresivo de la temperatura por los procesos de descomposición de la materia,
- Impactos visuales en el paisaje,
- Producción de lixiviados que se integran al suelo y fuentes de agua,
- Pérdida de espacio útil para otras actividades de la empresa,
- Infracciones a las leyes ambientales del país por el inadecuado manejo y disposición final de los residuos,

6.2 Consideraciones Económicas

El proceso desecado, es determinante en el valor agregado de la madera, así como puede implicar un aumento en los costos de producción en la industria forestal.

Sin embargo en el interior de este mismo círculo, se cuenta con fuentes de energía que sustituyen la aplicación de otras fuentes generadoras; la aplicación de energía calorífica procedente de la combustión de la biomasa residual, se convierte en una remuneración de los costos iniciales de la madera, como un producto que a través de este proceso se le asigna un valor económico.

La madera, al alcanzar un determinado nivel de secado, garantiza su valor económico en todas sus condiciones, manifestándose principalmente sobre su durabilidad, capacidad de acabado y mayor valor comercial.

Se convierte, en la oportunidad de reducir los costos, en relación, al consumo de energía proveniente de fuentes derivadas del petróleo y de la electricidad.

Un uso eficiente de estos recursos, permite reducir los costos de aprovechamiento en un bosque, considerado entre los bienes y servicio que este produce.

La biomasa financieramente, es una fuente generadora de energía, que son rentables su aplicación, además de considerar los beneficios económicos por los servicios ambientales que puedan derivarse de este sistema.

6.3 Consideraciones Temporales

La materia prima para suplir las necesidades energéticas del sistema de secado, es abundante en la región; en la actualidad es desaprovechado y existe la necesidad de emprender cambios en el manejo y uso eficiente de los residuos forestales de la primera y segunda transformación.

La necesidad de manejo y uso eficiente de los residuos forestales, viene a atender lo establecido en la legislación forestal y ambiental vigente que establece la obligatoriedad de manejar adecuadamente los residuos y disponerlos en sitios autorizados como rellenos sanitarios o vertederos municipales.

La disposición inadecuada de los residuos como aserrín, crea ambientes inmediatos donde se reducen las colonias de bacterias, microorganismos del suelo y plantas vecinas al sitio de acumulación de aserrín que tienden a desaparecer por el efecto alelopático y ácido de los mismos, situación que cambia progresivamente con la disolución de sustancias como taninos en el aserrín.

6.4 Consideraciones de Seguridad

La actividad forestal en la región, es la mayor fuente de generación de empleo, destacando su potencial silvícola y de esta forma se garantiza la permanencia de esta actividad económica, con necesidad de desarrollar y emprender cambios tecnológicos en la industria forestal.

6.5 Consideraciones Sociales

En la aplicación de técnicas de desarrollo en la industria forestal, con el propósito de lograr un mejor perfeccionamiento de la madera, se promueve la generación de empleos y mejoramiento de nuevas técnicas de acabado y presentación del recurso para su comercialización, finalmente contribuyendo a las necesidades y exigencias del consumidor.

Es una oportunidad de promover la concientización y educación ambiental sobre el manejo de desechos sólidos, promoviendo la generación de energía a partir de fuentes renovables, que contribuyan al desarrollo sostenible de una región.

Potenciar el valor agregado en la madera, trae beneficios económicos, paralelamente una mejor calidad de vida para los dueños de la madera.

Además, la incorporación de estrategias encaminadas al uso de la biomasa, como fuente generadora de electricidad, promueve la generación de empleo.

El uso eficiente de la biomasa, mejora las condiciones ambientales y evita desagrado a las personas, principalmente por la exposición inadecuada de la materia y por sus procesos de descomposición.

VII. Evaluación del Impacto Ambiental

Actualmente la legislación ambiental regula las actividades forestales, en especial a lo relacionado a la extracción de la madera y a la transformación primaria del recurso forestal, no así para industrias pequeñas de segunda transformación. El marco legal es el sistema de evaluación ambiental o resolución 76 2006, donde se establece que un aserrío o industria de primera transformación si debe pedir autorización ambiental al Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales (MARENA) a través de una propuesta de Programa de Gestión Ambiental (PGA), el que se rige en los siguientes términos de referencia y sobre los cuales se efectuará su implementación (Anexo 1).

VIII. Conclusiones

Durante el proceso de elaboración del presente proyecto, atendiendo los objetivos planteados ha sido posible llegar a las siguientes conclusiones:

- La Biomasa residual, proveniente de las actividades silviculturales e industrialización de la madera, es una fuente palpable de energía renovable, principalmente para la generación de calor y otras formas de energía.
- En la RAAN se encuentra concentrada la mayor actividad forestal del país, donde se procesa un volumen anual de 228,195.032 m³ de madera en rollo, producto de su transformación primaria se genera un volumen procesado de 120,102.6484 m³, y 108092.3836 m³ de residuos de madera seca aproximadamente a lo largo del año; lo que significa una energía acumulada de 295,956,946.2 kWh, partiendo de sus equivalencia energéticas de 2738 kWh/m³ (para una densidad promedio de 740kg/m³ = 0.740 t/m³ de las especies existentes en la RAAN).
- El potencial energético acumulado en los residuos forestales, nos permite secar un metro cúbico de madera procesada por cada 563.88 kWh generados por la combustión de 0.2059 m³ de residuos forestales (madera seca).
- De acuerdo a la disponibilidad energética en la RAAN se es posible secar 524,858.0304 m³ de madera procesada; secando la madera procesada como producción neta en un año y sobra para la aplicación de otra forma de energía.
- La aplicación de un sistema artesanal eficiente para el secado de madera, permite el aprovechamiento de los residuos sólidos, proveniente de la transformación primaria y secundaria de la madera, lo que ha demostrado su rentabilidad financiera, partiendo de la biomasa forestal, como fuente generadora de energía en forma de calor para el secado de la madera.
- El proceso de secado, asigna un valor agregado a la madera de U\$127.2 dólares por metro cúbico de madera procesada, alcanzando una utilidad neta del 24 % sobre la venta de este valor agregado (U\$ 30.528 dólares por metro cúbico).
- El secado al horno se hará con el propósito de optimizar las propiedades de la madera, bajo un sistema que permite controlar los factores determinantes en el secado, como: temperatura, humedad y movimiento del aire.
- El secado de la madera, es un tratamiento anticipado e innovadores en los procesos productivos, sistemas constructivos de las piezas de

maderarelacionados con la transformación y conservación de la misma, volviendo más eficiente su utilización.

- El estudio de impacto ambiental se hará conforme a lo establecido por MARENA / SERENA / GRAAN, atendiendo los términos de referencia emitidos y referidos al caso, según aplique (Resolución ministerial 76-2006).
- El estudio de impacto ambiental, permitirá encaminar estrategia para mitigar o atenuar los impactos generados, por las malas prácticas en el manejo y uso de los residuos forestales.

IX. Bibliografía

Cátedra Unesco de Sostenibilitat. Universitat Politècnica de Catalunya. (2010). Máster en Energía para el Desarrollo Sostenible. *Energía de la Biomasa*. Modulo 7 (Cuarta Edición). Fundació UPC.

Cátedra Unesco de Sostenibilitat. Universitat Politècnica de Catalunya. (2010). Máster en Energía para el Desarrollo Sostenible. Evaluación de Impacto y Gestión Económica. Modulo 9 (Cuarta Edición). Fundació UPC.

Dirección General Forestal. (1992-1995). Boletín Estadístico Forestal. Managua (Nicaragua): MARENA.

Instituto Nicaragüense de Recursos Naturales y del Medio Ambiente. Cooperación Sueca al Sector Forestal. Servicio forestal Nacional, Departamento de Investigación Forestal, Laboratorio de Tecnología de la Madera. (1993) Secado al Aire de 37 Maderas Nicaragüenses (Primera edición) Managua (Nicaragua): HISPAMER S.A.

Recopilado por: Zamora, J. Quiros, D. (2000) Manejo Forestal Tropical. *Terminología Forestal De Uso Común En Centroamérica*.(No. 14) CATIE. UMBN.

Rosales, R. (2005). La Formulación y La Evaluación de Proyectos Con Énfasis en el Sector Agrícola. (Primera edición) San José (Costa Rica): EUNED Editorial Universidad Estatal a Distancia.

Sola, R. (2008). Estructura Económica de Nicaragua y su Contexto Centroamericano y Mundial. (Primera edición) Managua, (Nicaragua): Facultad de ciencias económicas y empresariales, Universidad Centroamericana. HISPAMER S.A.

Fortalecimiento de la Capacidad en Energía Renovable para América Central (2002). Biomasa, Manual sobre Energía Renovables. (Primera Edición) San José (Costa Rica). PENUD, GEF, BUN-CA.

Bibliografía en Línea

Aprovechamiento con tratamiento silvicultural de impacto reducido ... - Página 35
books.google.com.ni/BastiaanLouman, Geoffrey Venegas - 2001 - 55 páginas - Vista previa

Aprovechamiento con tratamiento silvicultural de impacto reducido ... - Resultado de la Búsqueda de libros de Google
books.google.com.ni/books?isbn=9977573778...BastiaanLouman, Geoffrey Venegas - 2001 - 55 páginas

Definición y Enumeración de Principios y Criterios...
www.geogra.uah.es/simurban/docs_noticias/Resumen-Tarea4.pdf
Bloquear todos los resultados de www.geogra.uah.es
Vista rápida Artículos relacionados

Familia de secadores solares SecSol
www.cubasolar.cu/biblioteca/energia/Energia30/.../articulo02.htm

Guía para el secado de la madera en hornos
www.ritim.org.ar/espanol/Descargas/i007.pdf
Formato de archivo: PDF/Adobe Acrobat - Vista rápida
de S Viscarra - 1998 - Citado por 3 - Artículos relacionados

Horno Modular de Secar Madera
www.woodmizer.es/main/products.aspx?type=3&lc=ES
www.woodmizer.es

Sistemas de Secado | banrepcultural.org
www.banrepcultural.org › ... › Seminario sobre: Secado de la madera
www.banrepcultural.org

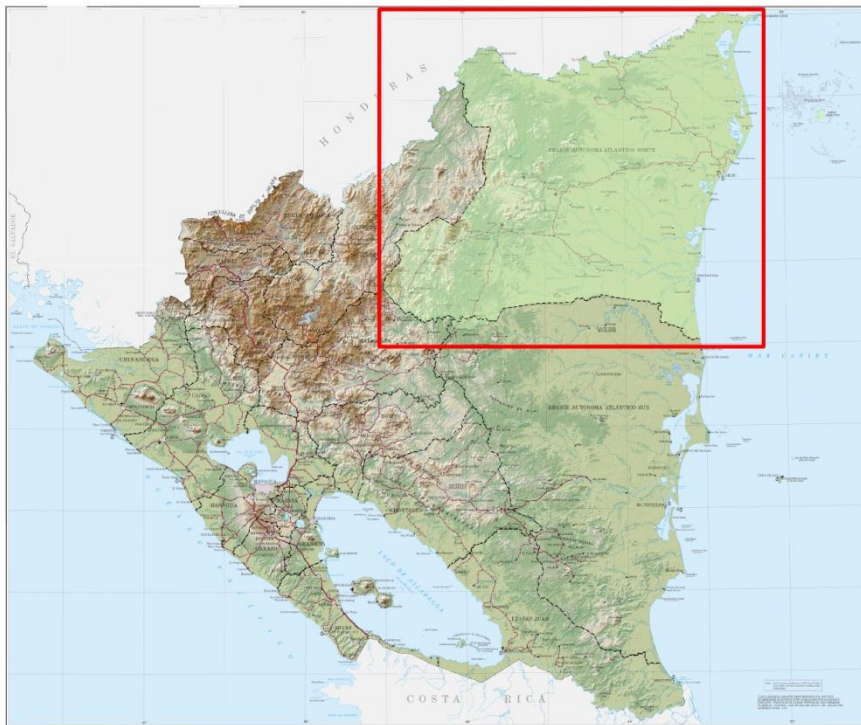
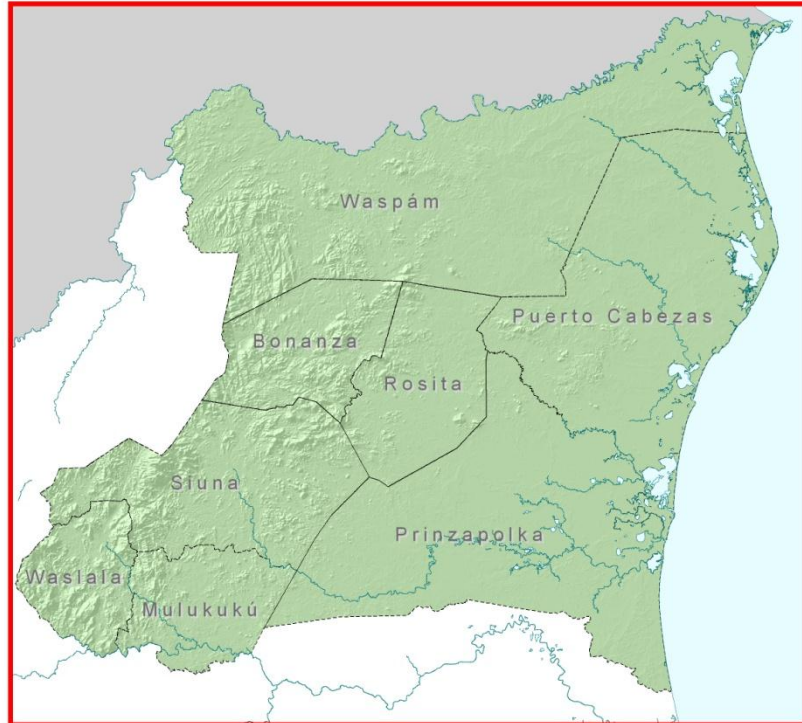
Anexos

Anexo 1. Término de referencia para la elaboración de los Programas de Gestión Ambiental.

- Introducción o antecedentes: localización, desde cuando esta la operación, propósito de la empresa, nombres y datos de la empresa, y su representante legal.
- Objetivos del PGA: general y específico.
- Descripción de la empresa: descripción de los componentes de la empresa, disposición y localización física, flujogramas de proceso, insumos utilizados, volúmenes de producción, volúmenes de materia prima.
- Diagnostico:
 1. Diagnostico Institucional: funcionamiento de la empresa, tipos de actividades potencialmente generadoras de impactos, principales proveedores y clientes, recursos humanos de la empresa, nivel de formación ambiental, (esquemas ordenadores de la información), misión, visión, organigramas, necesidades de capacitación y entrenamiento.
 2. Diagnostico Ambiental: alcances ambientales de la empresa (en relación al barrio, comarca, ciudad y municipio), breve descripción del estado del ambiente en el entorno de la empresa, principales problemas ambientales, tipos de acciones que desarrolla la empresa que ocasionan impactos ambientales y clasificación jerárquica para las medidas, análisis de los componentes con sus acciones que generan efectos ambientales adversos con diagramas de flujo, sus entradas y salidas, efectos ambientales adversos que se generan en el proceso productivo o de transformación, efluentes, emisiones y desechos y residuos (su caracterización física y química con monitoreo puntual), los impactos generados y los factores ambientales afectados y el nivel de importancia de cada impacto, valoración de importancia de los impactos.
- Política Ambiental: declaración de la empresa o compromisos y principios en relación a su desempeño ambiental global que permite establecer sus objetivos y metas ambientales. El desempeño ambiental se refiere a los resultados medibles relacionados al control que ejerce la empresa sobre las acciones basados en su política. La política expresa el compromiso de los dueños de la empresa en relación al desempeño ambiental. Sea apropiada a las características, la escala y tipos de impactos ambientales generados por la empresa. Basada en el reconocimiento y cumplimiento del marco

- legal y normativo. Que permita establecer y revisar los objetivos y metas para el mejoramiento continuo del desempeño ambiental de la empresa. Que sea documentada, implantada, mantenida y comunicada a todos los trabajadores. Que este disponible para todo el que la desee consultar.
- Medidas ambientales: pueden ser:
 1. Plan de manejo de los residuos sólidos peligrosos y no peligrosos.
 2. Planes de manejo de los efluentes.
 3. Planes de manejo de las aguas pluviales.
 4. Planes de manejo de la contaminación ambiental.
 5. Planes de manejo de sustancias toxicas peligrosas y similares.
 6. Planes de manejo del agua.
 7. Planes de manejo de la energía.
 8. Planes de manejo del paisaje.
 9. Planes de manejo de la biodiversidad.
 10. Plan de reforestación.
 11. Plan de restauración de las áreas degradadas.
 12. Plan de mantenimiento de maquinaria y equipo.
 13. Plan de manejo de hidrocarburos.
 14. Plan de cierre temporal o plan de cierre definitivo.
 15. Plan de capacitación.
 16. Plan de educación ambiental.
 17. Cada plan se estructura en actividades, responsables, indicador para medir desempeño, plazos, costos.
 - Plan de Implementación: necesidades de capacitación (cronograma con actividades y tiempos para cada actividad. Procedimientos para emergencias, medidas de respuestas y planes de entrenamiento de los trabajadores. Incluye comunicación constante interna entre los diferentes niveles de la empresa, entrenamiento en responsabilidades ambientales, recepción, documentación y respuesta de inquietudes de la población y otros actores locales. Elaborar una tabla de responsabilidades ambientales. Tabla con: *actividades, procesos, periodicidad, acciones, desempeño.*
 - Plan de Monitoreo: objetivos del monitoreo, responsable, tipos de monitoreo, datos requeridos para el monitoreo, seleccionar indicadores de impacto, determinar la frecuencia y el tiempo de recolección de datos necesarios para análisis de tendencia, observación de regulación y correlación de causa – efecto, definir los sitios de monitoreo o áreas de recolección, definir el método de recolección de datos, tipo de dato y forma de almacenamiento, definir el método de análisis de los datos, definir el costo del monitoreo (personal, tiempo y recursos)

Anexo 2. Mapa de ubicación de la RAAN en el territorio nacional y su división política.



Anexo 3. Recursos Energéticos en Nicaragua

Hidroenergía y Geotermia

Considerando el potencial energético a partir de sus distintas fuentes de generación, Nicaragua posee una diversidad de recursos energéticos, lo que es notorio ob

servar es que su aprovechamiento o explotación de los mismos ha sido muy deficiente. Para el año 2003, según la Agencia internacional de la Energía, la energía total aprovechada por el país procedía en un 49.8% de la leña y del carbón vegetal, en un 41.7% del petróleo (importado), en un desalentador 0.83% de centrales hidroeléctricas y en un 7.51% de centrales geotérmicas (IEA 2003, *EnergyStatistics*), citado por Solá, R. (2008).

La Oferta de la energía del País ha estado conformada históricamente por los recursos importados del petróleo, con menor relevancia recursos hidroenergía y geotermia. Sin embargo el país posee un potencial geotérmico del orden de los 1,200 MW, y un potencial hidroeléctrico de 1,700 MW; aunque solo se aprovecha en la actualidad el 7% y el 6 % de esos potenciales respectivamente (PNUD, 2005, Estrategias, 35), citado por Solá R. (2008).

A como se ha mencionado según lo expuesto por Solá, R. (2008), Nicaragua destaca su potencial energético a partir de diferentes fuentes renovables para la generación de electricidad, pero que en estos últimos años se han descuidado dichas fuentes, hasta el punto que proyectos iniciados han sido abandonados, reflejándose en la deficiencia de sus instalaciones, y una generación actual muy por debajo de la estimaciones realizadas antes del inicio del proyecto. Esto tiene que ver mucho con el contante cambio de gobernantes, con ideologías distintas encaminando sus propios proyectos de administración.

Para esto último se ha enfocado a establecer proyectos en la que la dependencia de los combustibles derivados del petróleo es contante, considerados como la opción inmediata para resolver la crisis energética por la que ha estado pasando el país en los últimos años, significando una dependencia de los derivados del petróleo, trayendo consigo una verdadera crisis económica que arrastra los cambios inesperados en el aumento de los precios del petróleo, cifras que se pueden mencionar desde U\$ 30 dólares el barril en 1985 hasta U\$ 139.2 dólares para el año 2008, esta última como la crisis más reciente de los elevados precios del crudo a nivel mundial y considerado como algo nunca visto en el mercado del crudo.

Es importante resaltar las comparaciones o análisis evolutivos en el consumo histórico de energía a partir de diferentes fuentes generadoras en Nicaragua,

comparándolo con los demás países en la Región, en los que señala Solá, R. (2008): Nicaragua y el Salvador son los dos países más dependientes del petróleo, en el área centro americana, mientras que los demás vecinos países han encaminado sus proyectos generadores de electricidad a fuentes alternas renovables diversificadas.

Teniendo como ejemplo inmediato los alcances del país vecino de Costa Rica, en el que actualmente casi el total de su energía depende específicamente de fuentes energéticas renovables como es la generación a partir de centrales hidroeléctricas y Geotérmicas, algo que se compara y que forma parte del pasado en Nicaragua. En la que también señala la importancia de hacer comparaciones en el tiempo sobre la evolución que ha tenido Nicaragua en el tema a partir del año 1970. En ese año la hidroelectricidad representaba el 54.3% superando a la energía generada a partir de fuentes térmicas la que representaba el 45.7% del consumo nacional; en el que también se hace comparaciones en el año 2002, donde la hidroelectricidad ha quedado reducida al 7.9%, el aporte de otra fuentes renovables es pequeño como es el caso de la geotérmica representando el 8.3% y la fuente generadora que ha alcanzado sus mayores éxitos es la térmica, la que se ha disparado hasta representar el 83.7% del total consumido en el país para ese mismo periodo.

Cuadro 1.10

Fuente: CEPAL 2004 y BCN 40 años.

Citado por Solá R. (2008).

Producción de energía eléctrica por tipos de central en Nicaragua Millones de kilovatios hora (GWh) y porcentajes.

	TOTAL			HIDROELECTRICA			GEOTÉRMICA			TÉRMICA		
	1970	1980	2002	1970	1980	2002	1970	1980	2002	1970	1980	2002
Costa Rica		2226	7473		2127	6092			1262		99	119
					95.6	81.5		0.0	16.9		4.4	1.6
El Salvador		1543	4467		1078	1341		365	1113		1339	3639
					69.9	30.0		23.7	24.9		86.8	81.5
Guatemala		1617	6491		278	2347		0	205		1339	3639
					17.2	37.9		0.0	3.3		82.8	58.8
Honduras		928	4099		783	1989					145	2110
					84.4	48.5		0.0	0.0		15.6	51.5
Nicaragua	509	1068	2554	276	511	203	0		213	233	557	2138
				54.3	47.8	7.9		0.0	8.3	45.7	52.2	83.7
Panamá		1957	5380		963	2624					994	2756
					49.2	48.8		0.0	0.0		50.8	51.2

CEPAL 2004 y BCN 40 años. Citado por Solá R. (2008). Pág. 23

Recurso Eólico

Otro de los recursos potenciales con fines energéticos de los que se dispone en el país son los **Recursos Eólicos**, los que se han venido estudiando desde hace mucho tiempo, considerando estimaciones hechas para los años 80 una capacidad de generación de al menos unos 200 MW de potencias. Sin embargo

resientes estudios realizados por el proyecto “Evaluación del Potencial Energéticos Solar – Eólico” (SWERA; por sus siglas en Inglés), en sus resultados afirman que su potencial de generación eólica es mucho mayor a los señalado anteriormente (200 MW), PENUMA (2005) citado por Solá, R. (2008)

Tomando en consideración los potenciales evaluados, ya en el territorio se empezaron a encaminar proyectos con inversiones que permiten generar 40 MW de Potencia, como es el caso particular del **Parque Eólico AMAYO**, experiencia que ha dado sus primeros pasos y a su vez sus primeros frutos, como alternativa a desarrollar y aprovechar las fuentes renovables de energía con las que cuenta Nicaragua, y es necesario destacar que también hay otros proyectos con inversión eólica inmediatos a favorecer el potencial energético del país, y a su vez dar respuesta a la demanda energética que actualmente enfrenta, principalmente en el sector rural, donde es incipiente.

Otro de los recursos que figura como potencial generador de energía eléctrica es la energía solar, por su ubicación geográfica y el clima tropical que la caracteriza , entre sus particularidades la incidencia del sol sobre el territorio nacional es de forma directa o muy perpendicular a la superficie. Estas condiciones han sido tomadas muy en cuenta para favorecer programas de electrificación en las zonas rurales del país, impulsados por el Banco Mundial y el Banco Interamericano de Desarrollo, favoreciendo las necesidades del sector, que son muy evidentes en la región. (

Hidrocarburos

Según estudios realizados, Nicaragua también posee dentro de sus recursos energéticos, potenciales de hidrocarburos, en la que la presencia de petróleo y gas natural fue confirmada después de 76 años de estudios. Las Regiones consideradas con mayores posibilidades de explotación corresponden a las regiones marítimas llamadas “cuenca de Miskito”, frente a la Costa Atlántica, y “cuenca de Sandino”, frente a la costa del Pacífico. Las condiciones geológicas en las costas de Nicaragua se consideran favorables para la acumulación de petróleo y gas. Solá, R. (2008).

El Bosque como Banco de Biomasa y Fijación de CO₂ en Nicaragua

El Bosque considerado como un Ecosistema con predominancia de la vegetación arbórea, la cual se encuentra en relación recíproca con otros componentes bióticos y abióticos (NTON 18 001-04), es una fuente renovable y permanente de energía en forma de biomasa, la que también representa un almacén natural de dióxido de carbono (CO₂), capturado a través del proceso conocido como fotosíntesis, simbiosis que es fruto gracias a la energía del sol y que también es considerado como un sistema eficiente de almacenamiento de esta fuente de energía.

La importancia de este fenómeno ocurrido de forma natural, radica, en que el gas con mayor concentración en lo que se llama gases del efecto invernadero (GEI), es el dióxido de carbono (CO₂), el que es almacenado contribuyendo a disminuir sus concentraciones en la atmósfera, fenómeno conocido como fijación o secuestro de carbono (INF, Nicaragua. 2007-2008). Es por eso la importancia de relacionar el **Bosque, CO₂ y Biomasa**, esta última como indicador de la fijación del dióxido de carbono en el Bosque concentrado en forma de Biomasa.

En el caso particular de Nicaragua, de acuerdo a los resultados del Inventario Nacional Forestal 2007-2008, se obtuvieron **estimaciones de biomasa** del recurso forestal llamada Biomasa Total Arriba del Suelo (BAS), considerada como la biomasa viva en pie, la que fue estimada en unas 396,441,572.3 toneladas de materia seca (Tms) que equivale según sus cálculos a 186,337,804.6 Toneladas de Carbono (tC). Otra variable evaluada para determinar la biomasa siempre procedente de recursos forestales es la Biomasa y carbono de madera muerta (BMM), la que resultó en 30,601,120.53Tms con valores de 9.4 Tms/ha, mientras los valores de carbono estimados de BMM corresponden a unas 14,382,470.39 tC y 4.42 tC/ha (INF, Nicaragua. 2007-2008).

Cuadro 46

Biomasa total arriba del suelo (BAS) de materia seca (Tms) y de carbono (tC), con árboles en pie con DAP ≥ 10 cm en áreas de bosque y áreas fuera de bosque.

Uso de la tierra	Biomasa total en pie				
	Ton MS	tMS/ha	Ton C	tC/ha	%
Bosque	296,207,493.5	91.0	139,222,546.2	42.8	75
Áreas fuera de bosque	100,234,078.8	10.3	47,115,258.4	4.8	25
Totales	396,441,572.3	30.43-9	186,337,804.6	14.33	100.0

Fuente: Resultados Del Inventario Nacional Forestal (2009). Pág.103 y 48 inventario

Biomasa de madera muerta (BMM) de materia seca (Tms) de carbono (tC) para los bosques naturales y plantados según su estado de desarrollo.

Uso de la tierra	Tms	Tms/ha	tC	tC/ha	% según la BMM total de bosques
Bosque	30,601,120.53	9.4	14,382,470.39	4.42	100
Bosque natural	30,592,980.91	9.62	14,378,637.91	4.52	99.97
Latifoliados	30,260,100.15	10.96	14,222,244.61	5.15	98.91
• primario	11,263,183.45	9.13	5,293,726.99	4.29	37.22
• Intervenido	1,190,371.74	6.89	559,489.31	3.24	3.93
• Secundario	17,806,544.97	13.16	8,369,028.32	6.18	58.84
Coníferas	332,880.76	0.89	156,393.30	0.42	1.09

Bosque de plantación de coníferas joven.	8,139.62	0.11	3,832.48	0.05	0.03
--	----------	------	----------	------	------

Fuente: Resultados Del Inventario Nacional Forestal (2009). Pág.106

Aplicaciones energéticas de la Biomasa Forestal en Nicaragua

La Leña y Carbón Vegetal como fuente de energía.

Históricamente en Nicaragua la leña es su principal fuente generadora de energía, principalmente para el hogar, según datos registrados, el consumo de estos productos ha tenido sus variantes, como lo señalado por MARENA (1996), durante su informe estadístico forestal que durante el periodo 1993-1995, el consumo controlado y registrado de leña fue de 62,074 tm (1993), 42,747 tm (1994) y de 34,664 toneladas métricas (1995); este volumen aprovechado, proviene principalmente de las actividades silviculturales realizadas en los bosques secos, ubicados en la zona del Pacífico y central del país. Aunque esto último lo comparte la producción de carbón, existe una variante en la dinámica del producto, manifestando en los registros estadísticos un aumento en el consumo y comercialización de esta fuente de energía, donde para el año 1994 MARENA controló un total de 29,359 sacos de carbón vegetal y 41,081 para el año 1995, cifras que reportan el consumo a nivel nacional durante ese periodo.

Es preocupante señalar, que aunque en Nicaragua se disponga de abundante recurso energético, para el consumo en forma de leña y carbón proveniente de sus bosques, la leña figura como el principal producto que se extrae de ellos, representando de 10 a 15 veces lo que del bosque se extrae para la industria forestal (FAO, *Cambios en la Cobertura Forestal*), citado por Solá, R. (2008).

A pesar que la leña es considerada como la principal fuente generadora de energía en la familia Nicaragüense, en la que se destaca su mayor importancia, esta no es vista como una fuente renovable de energía.

Citando cifras estadísticas actuales sobre lo que significa el consumo de Leña y de Carbón Vegetal, con fines domésticos en Nicaragua representa 86.7% de todo el uso (IEA, 2003), según otros análisis esto significaba el 80% (Nitlapán, 2001), 93% (Incer 2000), esto como resultado en diferentes periodos de estudio. Cifra que es necesario destacar es que, producto del censo realizado en el 2005 el 59.2 % de los hogares Nicaragüense cocinan con leña.

Este comportamiento no ha dejado de ser notorio en la Región Centroamericana, en la que Nicaragua figura entre los tres países en el que la leña representa un mayor aporte energético, entre los que sobre salen Guatemala (53.3%), Nicaragua (49.9%), Honduras (40.9%) y Costa Rica que representa el país con menor consumo de leña en sus necesidades energéticas (8.2%).

Cuadro 1.12

Soplá, R. (2008)

Fuente: IEA, EnergyStatistics 2003

La leña como fuente de energía y uso doméstico (2003)

(En miles de toneladas de petróleo equivalente (Ktoe) o valor básico calorífico neto)

Países	Energía total	Leña y residuos vegetales	% de la energía total	Uso doméstico	% doméstico
Costa Rica	3,675	300	8.2	123	41.0
El Salvador	4,487	1,441	32.1	1,055	73.2
Guatemala	7,293	3,890	53.3	3,171	81.5
Honduras	3,597	1,472	40.9	1,174	79.8
Nicaragua	3,099	1,546	49.9	1,340	86.7
Panamá	2,607	446	17.1	349	78.33

IEA, EnergyStatistics 2003. Citado por Solá, R. (2008). Pág. 26

Recurso Bosque

Prácticamente, todas esas necesidades energéticas caen sobre el bosque, que aunque se hayan encaminados esfuerzos para el aprovechamiento sostenible como fuentes permanentes de energía (Solá, R. 2008), las prácticas silviculturales para el aprovechamiento del mismo no contribuyen a la dinámica natural de las formaciones forestales, ya que contantemente por dichas prácticas se ven interrumpidas, las que se hacen mas de forma cultural que bajo un sistema de manejo que conlleve al uso eficiente y sustentable del bosque.

Aunque anteriormente se manejen cifras del consumo exacto de leña y carbón, es necesario destacar que estas son cifras controladas por los entes reguladores de los recursos naturales en la región, si sabemos que todo el producto resultante de estas actividades proviene del bosque natural y sobre los cuales deberían de estar las base para el control del aprovechamiento, a través de Planes de Manejo Forestal, y en los que se planifica el volumen disponible para el aprovechamiento a través de indicadores de sostenibilidad como es la Intensidad de Corta, Posibilidad Silvícola, el Volumen de Corta Anual Permisible (VCAP), tomando como base el incremento medio anual del bosque y no atender en contra de la capacidad productiva del vuelo forestal.

A pesar de estas consideraciones técnicas en la legislación forestal del país, se manejan cifras aun mas desalentadoras en relación al control de estas operaciones, como es el caso de datos reflejados por el proyecto PROLEÑA, en los que manifiestan que el 95% de la Leña que se comercializa a nivel Nacional es ilegal (citado por Solá, R. 2008). Esto impide tener un dato confiable sobre lo que realmente significa este recurso en términos cuantificables tanto para sus

mediciones volumétricas y económicas a nivel del país. Sin embargo estimaciones hecha, el consumo de leña con fines energéticos representa a nivel nacional un ahorro neto de aproximadamente US \$140 millones de dólares anuales.

Cuadro 9.3
Anexo
Solá 2008

Situación del Recurso Forestal en Centro América (año 2005)

(Todas las cifras representan miles: de ha, personas o metros cúbicos)
Solá(2008), pág. 278

	Costa Rica	El Salvador	Guatemala	Honduras	Nicaragua	Panamá
Superficie (ha)*	5,106	2,072	10,843	11,189	12,140	7,443
Población 2004	4,061	6,658	12,628	7,141	5,604	3,028
Bosque (ha)**	2,391	298	3,938	4,648	5,189	4,294
Tierras Boscosas (ha)***	10	201	1,672	710	1,22	1,288
% de superficie cubierta por bosque	46.8	14.4	36.3	41.5	42.7	57.7
% de superficie cubierta por bosque o por tierras boscosas	47.0	24.1	51.7	47.9	51.2	75.0
Reducción del bosque 1990-2005 (ha)	-173	-77	-810	-2.737	-1.349	-82
% de pérdida en 15 años	-6.7	-20.5	-17.1	-37.1	-20.6	-1.9
% de bosque que son plantaciones	0.2	0.2	3.1	0.6	1.0	1.4
% de bosque que está protegido	53.9	2.3	81.2	47.8	43.2	68.5
Madera en rollo industrial extraída (m ³)	1,932	682	623	1,009	106	53
Leña extraída (m ³)	468	4,519	18,622	14,567	1,740	410
Volumen de extracción autorizado (m ³)	446	300	800	759	211	95
Leña extraída por habitante	0.1	0.7	1.5	2.0	0.3	0.1

* No incluye lagos. **Las copas han de cubrir por lo menos el 10 % de la superficie. ***Las copas han de cubrir entre el 5 y el 10% de la superficie.