



**UNIVERSIDAD DE SOTAVENTO A. C.
ESTUDIOS INCORPORADOS A LA UNIVERSIDAD
NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**



FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

**“PROPUESTA DE RECICLAJE PARA LOS RESIDUOS DE MADERA,
MEDIANTE LA ELABORACIÓN DE TABLEROS AGLOMERADOS EN LA
EMPRESA “LA CEIBA”, EN AGUA DULCE, VERACRUZ.”**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO INDUSTRIAL

PRESENTA:

ROSA GUADALUPE HERNÁNDEZ ARIAS

ASESOR DE TESIS:

ING. VIRGINIA ARIAS MÁRQUEZ

COATZACOALCOS, VER.

ENERO 2020



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

AGRADECIMIENTOS.

La vida que se nos ha prestado es muy hermosa, y sin duda una de las grandes causas que la hacen tan bella y cálida es la compañía que se encuentra a nuestro alrededor.

Primeramente quiero agradecer a Dios todo poderoso, porque me ha regalado la dicha de tener personas maravillosas a mi lado en el transcurso de este proceso, porque en mis oraciones él ha escuchado mi clamor y nunca me ha abandonado.

Quiero agradecer de manera especial y sincera a la Dra. Susana Elvira González Carrasco por haber sido mi asesora de tesis y haberme brindado su apoyo incondicional durante este largo proceso, ya que ha sido pieza fundamental no solo en la formación de este trabajo de investigación, sino también para mi formación como profesionalista, agradezco infinitamente su paciencia y perseverancia.

De igual forma agradezco con todo mi corazón el apoyo recibido por parte de mi novio Luis Renato, quien ha sido mi complemento a lo largo de la carrera y también de este trabajo de investigación, por alentarme a terminar mi tesis, por ayudarme y enseñarme algunos temas que han sido complicados para mí, pero sobre todo por estar ahí en los buenos y malos momentos, y por brindarme su amor incondicional. Te amo con todo mí ser.

Y por supuesto el agradecimiento más grande y profundo es para mis padres Marcos y Rosa, completamente a ellos dedico mi trabajo de tesis, por su gran amor incondicional, por todos los sacrificios que hicieron para poder formar en mí toda

una profesionalista. Ellos han sido mi completa motivación y orgullo para poder yo culminar esta etapa tan importante, sin su ayuda jamás habría llegado tan lejos.

Padres quiero que sepan que ustedes siempre han sido mi motor, y prometo algún día regresarles tan si quiera un poco de todo lo que ustedes me dieron. Los amo infinitamente, siempre serán mi mayor inspiración.

**PROPUESTA DE RECICLAJE PARA LOS RESIDUOS DE MADERA,
MEDIANTE LA ELABORACIÓN DE TABLEROS EN LA EMPRESA
“LA CEIBA” EN AGUA DULCE, VERACRUZ.**

INTRODUCCIÓN.

En la actualidad, el reciclaje es un tema que ha tomado fuerza gracias a los medios tecnológicos, y hoy en día es un acto de suma importancia para la sociedad ya que el mismo supone la reutilización de elementos y objetos de distintas materias que de otro modo serían desechados, contribuyendo a formar más cantidad de basura y, en última estancia, dañando de manera continua la ecología.

El reciclaje de la madera tiene muchas ventajas y, además, constituye uno de los procesos de reciclado más sencillos que se llevan a cabo, ya que se trata de un proceso físico en el que no es necesario la introducción de materiales químicos que implicarían la contaminación del medio ecológico y por esa razón, he aquí la gran importancia del aprovechamiento sostenible de estos residuos.

“La Ceiba” es una empresa maderera que da servicio al municipio de Agua Dulce, Veracruz, desde hace ya más de 20 años, dedicada a la fabricación de diferentes productos derivados de la madera de distintas especies, entre ellos pino, caoba y cedro. Actualmente la empresa tiene la posibilidad de ampliar su catálogo de productos, en los que podría añadir tableros aglomerados de partículas.

Dentro de sus procesos de aserrado y cortado de la madera, resulta una gran cantidad de desechos de estos mismos el cual el aproximado de residuos es de 2 toneladas por semana, los cuales no están destinados para ningún segundo procedimiento en el cual se les podría dar una oportunidad de ser aprovechados, y por el contrario solo son desechados y quemados, generando un problema social y

ecológico. Por lo tanto debido a las razones antes mencionadas no se requiere un 100% de inversión para la adquisición de la materia prima.

El presente trabajo de investigación da importancia a la historia del sector forestal, así como a las características del aprovechamiento para la madera como residuos de proceso.

En el capítulo II se estudian las técnicas que son posibles para el reciclaje de residuos madereros, tomando en cuenta los diferentes procedimientos de fabricación y las experiencias de éxito del reciclaje de residuos de madera para la elaboración de nuevos productos que se han registrado en México, al igual que a nivel internacional.

Posteriormente en el capítulo III se hace una elección de la técnica adecuada, de acuerdo a las características y requerimientos de la empresa, para regionalizar las experiencias de éxito con el sistema de estudio, mostrando paso a paso el desarrollo de la técnica escogida.

Por último en el capítulo IV, se analizará la aproximación del posible nuevo ingreso que puede obtenerse de los beneficios de los residuos madereros, se describirá de manera exhaustiva el análisis, estudio y evaluación financiera, así como el tiempo de recuperación de la inversión inicial.

Este trabajo de investigación asegura de acuerdo a información certera que los resultados implican una lista de ventajas y beneficios que resultan de una nueva vertiente del qué hacer, para darle un real aprovechamiento a los residuos de madera.

Queda demostrado que la Ingeniero Industrial puede desempeñar su potencial de conocimiento, generando propuestas rentables, involucrando no solamente un área económica, sino ms bien integrando conceptualizaciones que crean integración para dar respuestas reales a problemas de las empresas.

PROBLEMÁTICA.

La empresa “La ceiba”, localizada en el municipio de Agua Dulce, Veracruz, es una empresa de tipo mediana que ha ido incrementando constantemente y por tal motivo va en aumento la creación de diferentes productos que ofrece, al igual que el crecimiento de los desechos.

Por esta razón la compañía ha optado por cavar un hueco considerablemente grande sobre la tierra, dentro de su propiedad, con el fin de utilizarlos como basureros temporales, a lo largo de la semana todos los residuos de la madera como trozos grandes, el aserrín y la viruta son echados en dicho hueco, para posteriormente quemarlos y deshacerse de ellos.

Esto ha causado un problema ya que la empresa no va a dar abasto para el almacenaje de estos desechos, aunado que cuando este espacio improvisado alcanza su límite, los desechos suelen ser quemados, provocando la generación de CO₂ contaminando el medio ambiente.

Otro problema generado es el social, debido a que el CO₂ producido llega a las casas y demás locales que se encuentran alrededor de la empresa, incluso ya han llegado quejas directamente por parte de los vecinos que hacen notar su descontento porque el humo llega a sus patios, hogares, negocios, etc.

De acuerdo al Reglamento del Servicio Público de Limpia y Disposición de Desechos, la quema de estos residuos es el proceso de oxidación mediante la combustión no controlada de los residuos, incompleta, deficiente, generalmente

realizada a cielo abierto, por lo cual representa un problema ya que según el Artículo 1 en la fracción V, estaría causando una molestia hacia los habitantes.

“La ceiba” a lo largo de sus jornadas de trabajo, semanalmente generan aproximadamente 1 tonelada de desechos de madera entre ellos el aserrín y la viruta, que no han sido tratados para su reutilización, es por ello que se formula ésta propuesta.

Saber acerca de las diferentes técnicas de reciclaje para los residuos de madera nos ayuda para poder gestionarlos de una manera óptima, y además se pueden resolver algunos conflictos sociales y ambientales que estos residuos generan.

JUSTIFICACIÓN.

Es importante conocer los efectos que se producen al generar CO₂, ya sea de manera natural o antropogénica. El aumento de los gases de efecto invernadero afecta el suministro de agua, el aire limpio y a la agricultura, así como a los recursos energéticos. Las plantas y los animales mueren o se trasladan a otros hábitats, cuando los ecosistemas de los que dependen para se ven amenazados.

Cuando hay un cambio en el hábitat, automáticamente se traduce en un aumento de las enfermedades en todo el mundo.

Las temperaturas más cálidas, inundaciones y sequías, se combinan y crean las condiciones adecuadas para que las ratas, mosquitos, así como otras plagas que son portadoras de enfermedades prosperen.

La presente propuesta contribuye a la reducción de las emisiones de CO₂ que se generan semanalmente en la empresa maderera “La ceiba”, además de la procreación de un nuevo ingreso, debido a que con el tratamiento adecuado a los residuos de madera que resultan, podrían estar a disposición para su reciclaje y posteriormente su venta.

Este proyecto contribuye a darle un enfoque ecológico que muestra la oportunidad de proyectos diversos que se pueden llevar a cabo con el aserrín y la viruta de madera, los cuales son reciclables siempre y cuando no lleven barnices ni impresiones que incorporen otras sustancias. Cuando se tiene un gran volumen de estos desechos pueden ser aprovechados de forma que generan un nuevo ingreso a la compañía.

En los aserraderos se genera hasta casi un 45% de desperdicios por tonelada procesada, lo que genera un problema ambiental y de reutilización de residuos en el proceso, lo que da lugar a una oportunidad de aprovechamiento.

Este trabajo coadyuva a atacar problemas como la reducción de residuos de madera en los almacenes de la empresa: se sabe que a lo largo de los años desde que la empresa dio inicio a sus operaciones, han ido en aumento los productos que generan y con el tiempo va creciendo la diversidad de dichos productos. En la empresa hasta la fecha se generan aproximadamente 2 toneladas de aserrín y viruta, que podrían ser tratados para una mejor disposición.

Por lo anterior resulta de gran importancia generar opciones ingenieriles al sector industrial que aporten y acerquen a soluciones sobre el aprovechamiento de los residuos sólidos como es el caso que se presenta en la problemática de esta propuesta.

HIPÓTESIS.

El aprovechamiento de los residuos de aserrín y viruta puede generar un nuevo ingreso en la empresa “La ceiba”, a partir del reciclaje.

OBJETIVO GENERAL.

Proponer un plan para reciclar los desechos de madera, como lo son el aserrín y la viruta, para su aprovechamiento y elaboración de tableros aglomerados en la empresa “La ceiba”, localizada en Agua Dulce, Veracruz.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- Realizar un estudio de porcentaje de desechos producidos semanalmente.
- Desarrollar un plan de reutilización para el aprovechamiento de los desechos de la madera.
- Realizar un análisis costo-beneficio.

ÍNDICE

CONTENIDO	PÁG.
INTRODUCCIÓN.	5
CAPÍTULO I	17
1. MARCO TEÓRICO.	18
1.1 Reseña histórica e importancia del sector forestal en Veracruz.	18
1.2 Importancia de la madera para la construcción.	23
1.3 Propiedades y características de la madera.	26
1.4 Proceso de obtención de la madera.	31
1.5 Importancia de los residuos de aserrín y viruta.	33
1.6 Marco normativo-Normas Oficiales Mexicanas.	40
CAPÍTULO II	45
2. TÉCNICAS PARA EL RECICLAJE DE RESIDUOS MADEREROS.	46
2.1 Técnicas de reciclaje para el aserrín y viruta de madera.	46
A) Fabricación de tablero aglomerado.	51
B) Fabricación de compost y usos ganaderos.	61
2.2 Estado del arte.	65
A) Experiencias internacionales.	67

B) Experiencias nacionales.	70
CAPÍTULO III	74
3. ELECCIÓN Y DESARROLLO DE LA TÉCNICA.	75
3.1 Empresa maderera “La ceiba”.	75
3.2 Elección de la técnica: Tableros aglomerados.	76
3.3 Estructura organizacional.	84
3.4 Características de la resina.	87
3.5 Maquinaria y hojas de especificación.	89
3.6 Materiales.	102
CAPÍTULO IV	104
4. ANÁLISIS FINANCIERO.	105
4.1 Costos de los tipos de inversión.	105
4.2 Estudio financiero.	108
4.3 Evaluación financiera.	110
4.4 Beneficios.	112
4.5 Ventajas.	114
4.6 Recomendaciones.	116
CONCLUSIÓN.	117
GLOSARIO.	119
LISTA DE TABLAS.	122

LISTA DE ILUSTRACIONES.	122
BIBLIOGRAFÍA.	123

CAPÍTULO I
MARCO TEÓRICO.

1. MARCO TEÓRICO.

1.1 RESEÑA HISTÓRICA E IMPORTANCIA DEL SECTOR FORESTAL EN VERACRUZ.

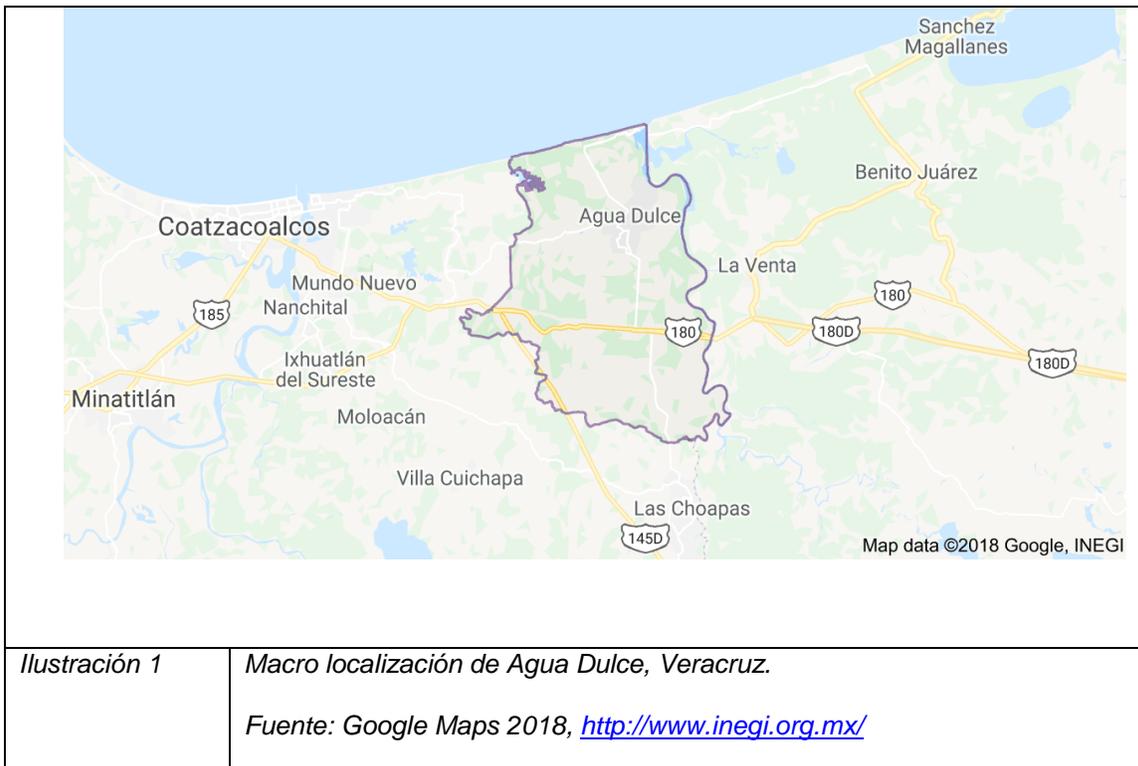
Cuenta su mito fundacional que Agua Dulce nace cuando los petroleros ingleses, que llegaron por la costa del Golfo de México, se establecen en las orillas de un arroyo de agua potable, llamando al lugar, por la característica del líquido, Agua Dulce. Surge por la obra de la exploración petrolera.

Por decreto del 20 junio de 1934 se eleva a la categoría de congregación el poblado de Agua Dulce, del municipio de Puerto México (Coatzacoalcos). El 12 de julio de 1984, la congregación de Agua Dulce se eleva a la categoría de ciudad. El decreto número 195 de 25 de noviembre de 1988 crea el municipio libre de Agua Dulce, con congregaciones que se segregan del municipio de Coatzacoalcos.

Se encuentra ubicado en la llanura del río Tonalá en la zona sur del Estado, a una altura de 20 metros sobre el nivel del mar. Limita al norte con el Golfo de México, al sur con el arroyo El Pesquero, al este con el estado de Tabasco, al oeste con Coatzacoalcos. Su distancia aproximada a la capital del Estado es de 330 Km. al sudeste.

A continuación en la ilustración 1 se muestra la macro localización del municipio de Agua Dulce, Veracruz.

Ilustración 1 Macro localización de Agua Dulce, Veracruz.



Tiene una superficie de 372.03 Km². la cual representa el 0.52% del total del territorio del estado.

La importancia, en términos de uso forestal del estado de Veracruz radica en que tiene casi la quinta parte de su territorio compuesta por bosques. En 2007 se obtuvieron más de 295 metros cúbicos de maderas. Y aunque por su variedad Veracruz ofrece desde coníferas como pino y oyamel hasta latifoliadas como el encino, su valor más marcado está en las maderas tropicales cuyas variedades abundan en nuestras tierras.

En 2007 el estado de Veracruz fue el primer productor nacional de maderas preciosas, y los 113, mil 340 metros cúbicos de madera en rollo que se obtuvieron

representaron la cuarta parte (25.5%) del total nacional. Actualmente en el estado se cuenta con 13 unidades de manejo forestal las cuales son: Pánuco, Papantla, Pico de Orizaba, Uxpanapa, Rodríguez Clara, Las Choapas, Alvarado, Huayacocotla, Sierra de Otontepec, Veracruz, Sierra de Misantla, Los Tuxtlas y Cofre de Perote. En cada una de las 13 unidades de manejo forestal existe una asociación regional de silvicultores, las cuales engloban en total 19, 799 asociados.

Las especies forestales maderables con más demanda en Veracruz son: Tropicales: Cedro rojo, Caoba, Teca, Primavera, Melina, Roble, Ramón, Ébano, Guaje y Casuarina.

De clima templado frío: Pino rojo, Pino chamaite, Pino blanco, Pino ocote, Pino montezuma, Pino chiapense, Pino ayacahuite, Oyamel, Cedro blanco ó Ciprés, Liquidambar, Cedro Nogal, Nogal, Encino y Grevilea.

La ciudad de Agua Dulce colinda al sur con el municipio de Las Choapas, según datos del Fondo Nacional Forestal (FONAFOR), dicha ciudad es uno de los principales productores forestales del país junto con Huimanguillo, Tabasco, por su gran cantidad de hectáreas con sembradíos de distintos arboles maderables.

Lo que convierte al municipio de Las Choapas en un excelente proveedor de recursos madereros para la ciudad vecina Agua Dulce, que viajando por medio de un automóvil u otro medio de transporte similar, el tiempo estimado entre ambas ciudades es de 30 minutos.

Las principales especies maderables son: Cedro rojo, eucalipto, teca, melina y pino, las cuales concentran el 80 por ciento de las superficies establecidas de este tipo de plantaciones. El estado de Veracruz, se considera como "campeón nacional" en plantaciones forestales comerciales, aunque se talan de forma ilegal hasta dos mil hectáreas arboladas y se considera a los municipios de Pico de Orizaba y Zongólica, como los principales focos rojos.

Los manejos forestales son importantes para la región debido a que, si bien, un sector tiene que ver con la manera en que se distribuye la actividad económica, en el Sector Forestal el actico económico se encuentra en la explotación de la madera de forma legal.

Dentro de este marco se encuentra el Inventario Estatal Forestal y de Suelos, este es un instrumento de política estatal y nacional en materia forestal, que contiene información geográfica y estadística de los ecosistemas forestales del estado para apoyar el desarrollo forestal sustentable e impulsar las actividades del sector con información útil, proporcionada por la Comisión Nacional Forestal.

A continuación en la Tabla 1 se muestra la cobertura forestal en las Unidades Regionales de Manejo Forestal del estado de Veracruz:

Tabla 1 Cobertura Forestal en las Unidades Regionales de Manejo Forestal del Estado

Unidad Regional de Manejo Forestal	Sup. Total UMAFOR (ha)	Núm. municipios	Cobertura forestal 2001 (ha)	Sup. Reforest. y plantación (ha)
P. Orizaba/ S. Zongolica	458 841	50	229 875	36 061
Uxpanapa	437 894	3	182 507	10 980
Huayacocotla	249 450	8	93 519	2 873
Cofre de Perote	270 354	19	101 627	25 637
Las Choapas	700 632	9	251 676	19 856
Veracruz	588 200	22	125 653	11 581
S. Misantla/ Chicinquiaco	431 460	20	65 372	16 143
Los Tuxtlas	496 645	11	61 227	18 376
Sierra de Otontepec	772 601	18	101 329	12 878
Rodríguez Clara	800 478	14	87 974	15 143
Pánuco	778 323	6	84 528	3 054
Papantla	454 834	16	155 556	8 335
Cuenca del Papaloapan	632 969	14	53 951	4 973
Total	7 072 681	210	1 454 800	185 890

Tabla 1 Cobertura Forestal en las Unidades Regionales de Manejo Forestal del estado.

Fuente: INEGI, 2006/ SEDARPA, 2006, <http://ow.ly/g8SY30mQXtS>

Como se puede observar en la tabla 1, Las Choapas ocupa el primer lugar en la cobertura forestal a nivel regional en el estado de Veracruz, convirtiéndose en el principal productor de este sector y uno de los más importantes en toda la extensión de la República Mexicana, con una cantidad 251, 676 hectáreas en donde la superficie de reforestación y plantación es de 19, 856 hectáreas.

1.2 IMPORTANCIA DE LA MADERA PARA LA CONSTRUCCIÓN.

La industria maderera es el sector responsable de producir madera para la construcción, como: tablas, vigas, tablones y planchas, para la fabricación de postes, barcos, contrachapados, ebanistería y muebles. Los principales países productores de madera son Rusia, Estados Unidos, Japón, Canadá, Suecia, Polonia, Francia, Alemania, Finlandia y Brasil.

La madera es un material de gran importancia tecnológica e industrial, desde la antigüedad se ha utilizado en la fabricación de máquinas y herramientas, en la construcción de viviendas, en la elaboración de muebles, como fuente de energía y en la fabricación de papel.

El desarrollo forestal es básico en un país como México, donde más del 71 por ciento de su territorio está cubierto por ecosistemas forestales y donde más de 11 millones de personas habitan en estas áreas. Además, lo es también porque una de las principales razones de nuestra biodiversidad radica en el hecho de tener representados todos los ecosistemas terrestres que existen en el mundo.

Somos, según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación (FAO, por sus siglas en inglés), el lugar número 11 a nivel mundial en términos de superficie arbolada con 66 millones de hectáreas.

En 2017 se reporta, como dato preliminar, una producción de nueve millones de metros cúbicos de madera, lo que representa un incremento de 52% respecto a la producción de 2012. Se han certificado en aprovechamiento sustentable 2.75 millones de hectáreas, 233% más, respecto a lo que se tenía certificado en 2012 y

otras 1.2 millones de hectáreas están en proceso. Con una inversión privada de 412 millones de dólares se establecieron, entre 2016 y 2017, tres nuevas plantas para la fabricación de tableros de fibras de madera de mediana densidad en Chihuahua, Durango y Tabasco.

En Chihuahua, específicamente en el ejido Caborachi dentro del municipio de Guachochi donde el 85 por ciento de su población es tarahumara, la silvicultura es la principal actividad económica productiva de la región, pues la ganadería y la agricultura que se practican son para autoconsumo. Desde 2009, Caborachi se conformó como una empresa ejidal forestal y se hace cargo, tanto de los trabajos de silvicultura en el monte, como del proceso de industrialización y comercialización de su madera.

Con el paso del tiempo y con el objetivo de ser más competitivos, adaptaron su programa de manejo forestal a la Estrategia Nacional de Manejo Forestal Sustentable para el Incremento a la Producción y Productividad (ENAIPROS), de la Comisión Nacional Forestal (Conafor).

La modernización de su industria formó parte de los cambios realizados, de esta forma comenzaron a aprovechar los arbolados de diámetros delgados con lo cual disminuyó el desperdicio en el aserradero. El responsable de la administración de la Empresa Ejidal Forestal de Caborachi, Óscar Chaparro, aseguró que uno de los resultados de estas acciones es que la producción forestal maderable incrementó y se aumentó de 80 a 200 empleos totales en el proceso silvícola completo.

La industrialización de los diámetros delgados e intermedios representa 54 por ciento del total de la producción del ejido y se usa para la producción de tarima, polín, caja para empaque, así como aserrín y astilla para elaboración de aglomerados o MDF. La creación de nuevos espacios laborales en la industria de transformación de Caborachi logró que, de manera natural, se generaran espacios para la incorporación de las mujeres a la plantilla laboral.

Respecto al estado de Veracruz el área forestal se encuentra cubierta por árboles grandes y frondosos como pinos, cedros, encinos o magnolias por citar algunos, representa el 29.26 por ciento de la superficie de todo el estado; de esta superficie (29.26 por ciento) el 62 por ciento corresponden a selvas. El 66% de superficie del estado posee potencial forestal y de esta solo conserva el 20% de su vegetación original. En Veracruz los aprovechamientos forestales generan más de 150 millones de pesos anuales.

La Comisión Nacional Forestal a través de los programas de restauración forestal, han inyectado en el estado de Veracruz un total de 577 millones de pesos para restaurar 53, 912 hectáreas beneficiando un total de 5 mil setecientos treinta y siete familias, según los datos oficiales de la comisión. En datos de la CONAFOR, de 2013 a 2016 se han reforestado 36 mil ochocientos veintinueve hectáreas con apoyos de componentes de restauración forestal y reconversión productiva, invirtiendo 179.2 millones de pesos en beneficio de 5 mil sesenta y dos productores.

1.3 PROPIEDADES Y CARACTERÍSTICAS DE LA MADERA.

La madera es una materia prima de origen vegetal que se obtiene de la tala, serrado y posterior secado de troncos de árboles. Está formada por fibras de celulosa, sustancia que constituye el esqueleto de los vegetales, y por lignina, sustancia que le proporciona rigidez y dureza.

Un tronco de árbol está formado por un 60 % de celulosa, un 30 % de lignina y el resto, por agua, resinas, almidón, taninos y azúcares. Los árboles son seres vivos de crecimiento lento pero continuo. En primavera el árbol crea un anillo claro, mientras que en otoño el anillo es más oscuro. Al talarlo se pueden observar los anillos de crecimiento. Cada anillo corresponde a un año de vida.

La xilología es la ciencia que estudia los caracteres estéticos, estructurales, físicos, mecánicos, químicos y anomalías de la madera. La caracterización de las propiedades de la madera nos brinda información para su posterior procesamiento: que usos posibles tendrá, que tareas de industrialización serán necesarias y que problemas pueden ocurrir a la hora de procesar la madera. (Vignote Peña, 2003)

La silvicultura por tanto es una manera para mejorar o potenciar ciertas propiedades de la madera dependiendo del destino final que se quiera.

Existen muchos tipos de madera según las distintas características que posean. A continuación se muestran las propiedades y características que posee la madera de manera general:

Propiedades estéticas

Las características estéticas le otorgan los valores decorativos a las maderas y se vinculan con los sentidos; textura, color, brillo, grano, diseño.

- *Textura*: Refiere al tamaño de los elementos que constituyen la madera. Básicamente se diferencian tres tipos de texturas: gruesa, mediana y fina.

Textura gruesa: los elementos del leño se observan a simple vista (madera de roble porosa, coníferas) Los anillos de crecimiento bien demarcados como en el pino pinaster.

Fina: los elementos del leño no son de tan fácil observación y la madera es homogénea a la vista. (quebracho colorado)

Mediana: es intermedia entre las dos mencionadas.

- *Color*: Es una característica muy importante para identificar maderas y es originada por la acumulación de sustancias colorantes en el interior de las células de los tejidos.
- *Grano*: Es la dirección o alineamiento de los elementos constitutivos de la madera en especial los alargados verticalmente. Por ejemplo los vasos y fibras en las latifoliadas y las traqueidas en las coníferas. Esta característica es determinante para la trabajabilidad mecánica de la madera.
- *Diseño*: Es el dibujo o formas que se ven en las caras longitudinales de una pieza de madera. Como otras propiedades se debe a la disposición de los

elementos leñosos. Tipos de diseño: rayado, parabólico, veteado, floreado, espigado, cromático, liso.

Propiedades físicas

Determinan el comportamiento de la madera ante los factores del medio sin interferir en la composición química o modificar mecánicamente la estructura de la madera.

Contenido de humedad, contracción e hinchamiento y peso específico aparente.

- *Contenido de humedad:* La madera como material higroscopio tiene la capacidad de absorber y liberar agua en intercambio con el ambiente. Si la madera llega a perder el agua de sus paredes celulares (punto de saturación de las fibras) puede sufrir modificación que son defectos al alterarse sus características físicas.
- *Contracción e hinchamiento:* Esta muy vinculada con la propiedad anterior, ya que la madera como material poroso e higroscópico puede sufrir variaciones en sus dimensiones y formas debido a la pérdida o incorporación de agua de sus paredes celulares.
- *Peso específico aparente:* Aquí se considera que la madera como material poroso también puede contener aire. El peso específico es la relación entre una madera que se supone sin poros por tanto despreciando el peso del aire y el volumen que ocupa la madera. El peso específico aparente relaciona el volumen con el peso de la madera considerando los poros. Generalmente se mide este valor con una humedad del 12 %.

Propiedades eléctricas

La madera no es buena conductora de la electricidad y si se encuentra con un bajo contenido de humedad es un excelente material aislante.

Propiedades térmicas

- *Calor específico:* Es la cantidad necesaria de calor para elevar en 1° C la masa de un gramo o un kilogramo de una sustancia. Depende mayormente del contenido de humedad.
- *Combustibilidad:* En presencia de altas temperaturas se da la descomposición química y producción de gases inflamables de una manera progresiva la madera va perdiendo humedad, se evaporan sustancias volátiles, se carboniza y luego comienza la ignición con los gases inflamables.

La combustibilidad es afectada por varios factores: la especie, la estructura del leño, la dirección, humedad y el tamaño de las piezas.

- *Poder calorífico:* Es el calor desprendido por kilogramo de combustible considerando temperatura y presión normales y en una combustión completa. La composición química de la madera es estable entre distintas especies pero siendo la lignina el compuesto que más influye en el poder calorífico y recordando que la humedad también es un factor determinante.

Propiedades mecánicas

Indican el comportamiento frente a situaciones donde se aplican, cargas, fuerzas o se somete a la madera a sollicitaciones externas.

- *Módulo de elasticidad:* Cuando se somete a una madera a una carga, esta tiene la propiedad de soportarla hasta cierto punto que puede volver a sus condiciones y dimensiones originales. El MOE es la relación entre la carga y la deformación.
- *Módulo de rotura:* Si la carga se sigue aumentando más allá del MOE llegara un punto en que la madera no tolere más y falle, quebrándose o dañándose físicamente. La carga de ruptura es cuando la madera falla y se expresa a través del MOR.
- *Flexión estáticas:* Sirve para determinar la resistencia a la flexión de una cercha o tirante de madera por ejemplo y se mide cual es la deformación.
- *Compresión paralela al grano:* En este caso se prensa la madera para medir su resistencia a una carga aplicada paralelamente en el sentido del grano de la madera.
- *Dureza:* Es la resistencia a la penetración que presenta la madera.
- *Cizallamiento:* Es el corte o la propiedad de un material de resistir esfuerzos que tienden a seccionarlo en determinado plano. Puede ser paralelo al grano.

(Vignote Peña, 2003)

1.4 PROCESO DE OBTENCIÓN DE LA MADERA.

El proceso de extracción de la madera de los bosques como materia prima y el de su posterior transformación en materiales de uso técnico es el siguiente:

1. Tala: Se realiza con sierras mecánicas y de una manera racional y selectiva, para no sobreexplotar el bosque.
2. Poda: Se cortan las ramas con motosierras, para dejar libre el tronco.
3. Transporte: Los troncos son llevados hasta el aserradero por carretera, ferrocarril o a través de ríos.
4. Descortezado y tronzado: Consiste en eliminar la corteza del tronco. Se realiza en la serrería mediante una cadena de rodillos. La corteza se empleará para la fabricación de papel, aglomerados o como combustible. Posteriormente los troncos son cortados transversalmente en trozos iguales con sierras circulares.
5. Aserrado: Los trozos se cortan con sierras planas, para obtener tablas y tablones. Para obtener finas láminas de madera se usa la técnica del desenrollado. En este proceso se busca aprovechar al máximo la madera.
6. Secado: La madera tiene que secarse bien al aire libre o en hornos de secado. De esta manera se elimina la humedad que contiene.
7. Cepillado: Es la última operación. Tiene como finalidad eliminar las irregularidades y dar un buen aspecto a la madera. (Vignote Peña, 2003)

A continuación en la ilustración 2 se puede observar de manera gráfica el proceso por el cual pasa la madera para su producción industrial.

Ilustración 2 Etapas de la producción industrial de madera.



1.5 IMPORTANCIA DE LOS RESIDUOS DE ASERRÍN Y VIRUTA.

Los residuos de la madera se han definido de diversas maneras según sus usos. La Organización de Agricultura y Alimentos (FAO por sus siglas en inglés) dio la siguiente definición de los residuos de madera:

“Madera en rollo que queda después de la producción de productos forestales en la industria de elaboración forestal (es decir, residuos de la elaboración forestal) y que no ha sido reducida a astillas o a partículas”

Se incluyen los desechos de aserradero, tapas, despuntes, recortes, desechos de chapa, aserrín, corteza, residuos de carpintería, de ebanistería, etcétera. Se excluyen las astillas de madera obtenidas directamente (es decir, en el bosque) de la madera en rollo o de residuos (es decir, ya contabilizadas como madera para pasta, rolliza y partida, o astillas y partículas de madera).

Según datos proporcionados por una empresa maderera chihuahuense, en el proceso de fabricación de molduras se pierde poco más del 35% de la madera en forma de aserrín; es decir, que de cada tres árboles que son procesados uno de ellos se convierte en este tipo de residuo.

El aserrín es uno de los principales residuos forestales y su acumulación puede tener efectos ambientales negativos.

El procesamiento de la madera genera cantidades considerables de desechos en forma de aserrín y viruta, al igual que pequeños pedazos de madera, que causan problemas ambientales por su quema o el vertido en ríos. (Tchobanoglous, 1994)

El aserrín es el conjunto de partículas o polvillo que se desprende de la madera cuando ésta es aserrada; también contiene minúsculas partículas de madera producidas durante el proceso y manejo de la misma, paneles contrachapados y/o aglomerados. Además del polvo, en el proceso de aserrado se genera la viruta, que es un fragmento de material residual con forma de lámina curvada o espiral.

La importancia del aserrín radica en su composición química y física que determinan el tipo de combustible o subproducto energético que se puede generar, específicamente las características físicas influyen en el tratamiento previo que sea necesario aplicar.

En México se procesan anualmente poco más de 8 millones de metros cúbicos de madera, de la cual 70 % se destina a la industria maderera, donde el principal producto de desecho es el aserrín y virutas, con una producción estimada de 2.8 millones de metros cúbicos. (SEMARNAT, 2007)

Las propiedades físicas del aserrín dependen del tamaño de sus partículas y se recomienda que del 20–40 % sean inferiores a 0.8 mm. Es un sustrato ligero, con una densidad aparente de 0.1 a 0.45 g·cm⁻³. La porosidad total es superior al 80 %, la capacidad de retención de agua es de baja a media, pero su capacidad de aireación suele ser adecuada (Maher *et al.*, 2008).

La ventaja principal del aserrín es su bajo costo, pero al ser un material orgánico entra en descomposición, lo que reduce su vida útil como sustrato.

A continuación se observa en la ilustración 3 el aserrín que es generado a partir de los trabajos realizados con madera:

Ilustración 3 Aserrín derivado de la madera.



Por otra parte, la viruta de madera es un fragmento de material residual con forma de lámina curvada o espiral que es extraído mediante un cepillo u otras herramientas, tales como brocas, al realizar trabajos de cepillado, desbastado o perforación. Se suele considerar un residuo de las industrias madereras o del metal; no obstante tiene variadas aplicaciones.

Las virutas de madera se emplean para:

- elaboración de tablas de madera aglomerada,
- embalaje y protección de paquetes,
- material de aislamiento,

- compost en jardinería.
- lecho para mascotas o ganado.

A partir de la apariencia de la viruta se puede obtener mucha información valiosa acerca del proceso de corte, ya que algunos tipos de viruta indican un corte más eficiente que otros. El tipo de viruta está determinado primordialmente por:

- Propiedades del material a trabajar.
- Geometría de la herramienta de corte.
- Condiciones del maquinado (profundidad de corte, velocidad de avance y velocidad de corte).

En general, es posible diferenciar inicialmente tres tipos de viruta:

- *Viruta discontinua*: Este caso representa el corte de la mayoría de los materiales frágiles tales como el hierro fundido y el latón fundido; para estos casos, los esfuerzos que se producen delante del filo de corte de la herramienta provocan fractura.

Lo anterior se debe a que la deformación real por esfuerzo cortante excede el punto de fractura en la dirección del plano de corte, de manera que el material se desprende en segmentos muy pequeños. Por lo común se produce un acabado superficial bastante aceptable en estos materiales frágiles, puesto que el filo tiende a reducir las irregularidades.

Las virutas discontinuas también se pueden producir en ciertas condiciones con materiales más dúctiles, causando superficies rugosas. Tales condiciones pueden ser bajas velocidades de corte o pequeños ángulos de ataque en el intervalo de 0° a 10° para avances mayores de 0.2 mm. El incremento en el ángulo de ataque o en la velocidad de corte normalmente elimina la producción de la viruta discontinua.

- *Viruta continua*: Este tipo de viruta, el cual representa el corte de la mayoría de materiales dúctiles que permiten al corte tener lugar sin fractura, es producido por velocidades de corte relativamente altas, grandes ángulos de ataque (entre 10° y 30°) y poca fricción entre la viruta y la cara de la herramienta.

Las virutas continuas y largas pueden ser difíciles de manejar y en consecuencia la herramienta debe contar con un rompevirutas que retuerce la viruta y la quiebra en tramos cortos.

Viruta continua con protuberancias. Este tipo de viruta representa el corte de materiales dúctiles a bajas velocidades en donde existe una alta fricción sobre la cara de la herramienta. Esta alta fricción es causa de que una delgada capa de viruta quede cortada de la parte inferior y se adhiera a la cara de la herramienta.

La viruta es similar a la viruta continua, pero la produce una herramienta que tiene una saliente de metal aglutinado soldada a su cara. Periódicamente se separan porciones de la saliente y quedan depositadas en la superficie del material, dando como resultado una superficie rugosa; el resto de la saliente queda como protuberancia en la parte trasera de la viruta. (Tchobanoglous, 1994)

Las virutas de madera, o serrín, se emplean para:

- Elaboración de tablas de madera aglomerada
- Embalaje y protección de paquetes
- Material de aislamiento
- Compost en jardinería
- Lecho para mascotas o ganado.

En la siguiente ilustración 4 se observa la viruta de madera producida a raíz de trabajos sobre madera como desbastado o el cepillado:

Ilustración 4 Viruta de madera.



Por lo anterior aunque el aserrín y la viruta pueden parecer materiales que no se recicle con la misma asiduidad que el vidrio o el papel, la madera es uno de los materiales que más se recicla y que más fácilmente puede llevar a cabo dicho proceso. El reciclaje de la madera tiene muchas ventajas y, además, constituye uno de los procesos de reciclado más sencillos que se llevan a cabo, ya que se trata de un proceso físico en el que no es necesario la introducción de materiales químicos que implicarían la contaminación del medio ambiente he aquí la gran importancia del aprovechamiento sostenible de estos residuos.

1.6 MARCO NORMATIVO- NORMAS OFICIALES MEXICANAS.

Los bosques y las prácticas forestales son la base para un importante sector de la economía. Los bosques son elementos significativos de los paisajes y un activo de infraestructura que permite y facilita otras actividades de manejo de tierras. El cambio de leyes a través del tiempo resulta de nuevas necesidades económicas, de nuevas demandas políticas y de una transformación de valores sociales.

El cambio de políticas y leyes forestales en un determinado país depende, por ejemplo, de:

- La etapa de desarrollo socioeconómico;
- Las demandas de bienes y servicios;
- El imperio de valores culturales;
- La extensión de áreas forestales y su biodiversidad;
- La productividad y fragilidad de los ecosistemas;
- Las necesidades para un marco de desarrollo que proporcione subsistencia y bienestar a través de políticas de tecnología, ambientales y educacionales.

El marco político para la gestión forestal es un proceso dinámico de renovación e innovación. Nuevas actitudes públicas hacia el bosque y el desarrollo forestal y nuevos actores políticos presionan por un mayor énfasis en la importancia ambiental y social y por más participación en las decisiones de gestión.

El desarrollo sostenible es el principio global de la silvicultura la cual se define como el conjunto de actividades relacionadas con el cultivo, el cuidado y la explotación de los bosques y los montes. Políticas transversales las cuales tratan de dar respuesta a una gran variedad de inquietudes respecto al ámbito forestal acompañadas de redes políticas de nivel múltiple determinan el uso y la protección de los bosques tanto a nivel nacional como local.

Esto implica implementar estrategias con objetivos aprobados a nivel nacional, y cuando proceda, en los niveles regionales, las cuales protejan los ecosistemas forestales y la flora y fauna silvestre; establecer un balance entre las metas económicas, sociales y ambientales, y crear bases institucionales firmes mediante políticas y leyes forestales y ambientales efectivas.

La presente propuesta se ve exigida a seguir ciertas leyes y normas para poder proceder de manera imparcial y de este modo no exista algún resultado negativo más adelante.

A continuación se presenta un listado de las principales normas y leyes aplicables al sector forestal en México, que establecen las medidas que se deben respetar y seguir en el sector forestal de nuestro país, menciona los lineamientos de flora, fauna, y aprovechamiento de los residuos forestales.

Éstas son algunas de las **Normas Oficiales Mexicanas** más importantes:

- **NOM-144-SEMARNAT-2017:**

Establece las medidas fitosanitarias y los requisitos de las marcas reconocidas internacionalmente para el embalaje de madera que se utiliza en el comercio internacional de bienes y mercancías.

- **NOM-059-SEMARNAT-2010:**

Recalca la protección ambiental de especies nativas de México de flora y fauna silvestres, así como las categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio.

- **NOM-098-SEMARNAT-2002:**

Recalca la protección ambiental-Incineración de residuos, especificaciones de operación y límites de emisión de contaminantes ya que establece las especificaciones de operación, así como los límites máximos permisibles de emisión de contaminantes a la atmósfera para las instalaciones de incineración de residuos.

- **NOM-161-SEMARNAT-2011:**

Se maneja para el reciclaje de los residuos madereros, establece los criterios para clasificar a los Residuos de Manejo Especial y determinar cuáles están sujetos a Plan de Manejo; el listado de los mismos, el procedimiento para la inclusión o exclusión a dicho listado; así como los elementos y procedimientos para la formulación de los planes de manejo.

- **NOM-015-SEMARNAT/SAGARPA-2007:**

Tiene por objeto determinar los lineamientos, para establecer los criterios y las especificaciones de los contenidos de los programas de manejo forestal así como la estructura de presentación, en los niveles avanzado, intermedio y simplificado, con la finalidad de homologar dichos contenidos.

Es claro que la política forestal debe empezar a tener mayor importancia en el país, en donde se refuercen tantos los cuerpos normativos aplicables, como los instrumentos de política pública ambiental tanto Federal como Estatales, que permitan que se destinen recursos a la protección, rescate o preservación de zonas forestales en México.

Sin embargo se necesita una legislación que apoye e incentive la compensación financiera para servicios forestales múltiples, la participación de la población urbana y rural, el reconocimiento efectivo de los derechos forestales indígenas y ancestrales, y el establecimiento de reglas confiables de tenencia de tierras. Las intervenciones públicas reguladoras por si solas no pueden llevar a cabo la inmensa tarea de asegurar en forma sostenible la protección de la base de recursos. El entendimiento de las convicciones personales de los temas en juego, los principios éticos de la responsabilidad del hombre para un mundo habitable, un información amplia y accesible y la educación ambiental son los fundamentos que permiten que las leyes puedan ser efectivas.

Se puede concluir que el marco legal de la conservación y del manejo de bosques necesita una perspectiva amplia y realista. Para establecer una ley forestal eficaz

es indispensable considerar de igual importancia, tanto la producción maderera sostenible, la protección de la infraestructura, el uso de recreación, la protección de la naturaleza y valores espirituales y estéticos, como diferenciar al mismo tiempo en función de las demandas concretas de los propietarios e interesados.

Los objetivos de las leyes forestales se han tornado más diversificados y amplios. Ellos reconocen tanto la importancia de la producción maderera como la conservación de la biodiversidad. Sus metas aluden al papel de los bosques como recursos multifuncionales, su potencial económico y su importancia para el medio ambiente. Abordan una variedad de ecosistemas, la necesidad de preservar la biodiversidad y las tierras forestales por razones de protección a la naturaleza y el entorno. (SEMARNAT, 2007)

Al nivel nacional, las políticas y leyes estipulan cada vez más la urgencia de establecer un balance entre la producción maderera, usos de recreación y la conservación de los bosques para la protección del suelo y el agua y frente a los impactos de desastres naturales.

CAPITULO II

TÉCNICAS PARA EL RECICLAJE DE RESIDUOS MADEREROS.

2. TÉCNICAS PARA EL RECICLAJE DE RESIDUOS MADEREROS.

2.1 TÉCNICAS DE RECICLAJE PARA EL ASERRÍN Y VIRUTA DE MADERA.

Castells (2012) describe el reciclaje como la operación compleja que permite la recuperación, transformación y elaboración de un material a partir de residuos, ya sea total o parcial en la composición definitiva. Por lo tanto, el reciclaje y los residuos, responden a diversas actividades que pueden llevarse a cabo sobre los diferentes flujos de residuos para aprovecharse, desde el mismo uso hasta otra aplicación.

El reciclaje se cimienta en, que los residuos deben ser tratados como recurso, para luego, reducir la demanda de recursos naturales y la cantidad de materia que requieran una disposición final.

Acevedo, et. al, (2009) refiere los objetivos del reciclaje, de la siguiente forma:

- Evitar olores desagradables
- Dar un mejor aspecto al entorno
- No atraer vectores como las moscas, mosquitos, cucarachas, roedores entre otros transmisores de enfermedades
- Reducir la contaminación del suelo, aire y agua
- Facilitar la labor de quienes recogen materiales en los basureros, denominados pepenadores o recolectores, pues son expuestos a graves problemas de salud tanto 12 a ellos como a sus familias, ya que la solución

no es expulsarlos sino mejorar las condiciones de trabajo. Conviene también, desde el punto de vista educativo, agregar los siguientes:

- Despertar el interés en el educando por el cuidado del medio ambiente; y,
- Desarrollar un amplio conjunto de cuestionamientos que promueva un pensamiento crítico, lógico y reflexivo.

El reciclaje de madera es uno de los más limpios y económicos de todos los tipos de reciclaje. Sin necesidad de dar ningún tratamiento previo, todo el proceso está formado por medios físicos y maquinaria.

La madera que puede ser reciclada proviene principalmente de las industrias las cuales desechan residuos de madera tales como pallets (rotos o no), bobinas de madera, mobiliario, madera aglomerada, cajas y box, recortes, virutas, serrín, etc.

Las técnicas para el reciclaje de los residuos madereros resultan importantes ya que el uso racional de las materias primas y de nuestros productos es fundamental para la sostenibilidad.

La finalidad radica en aprovechar los contenidos materiales y energéticos de los residuos para un fin útil, como también prolongar la vida de los productos o de nuevo convertirlos en materia prima. No obstante, requiere programas de investigación, experimentación e innovación hacia el logro de más y nuevas utilidades en especial los no biodegradables, estos son más peligrosos pues no pueden descomponerse naturalmente o sufren una descomposición demasiado lenta, por tanto, su acumulación en la naturaleza es progresiva. (Capistrán, 1994)

A continuación se enlistan los beneficios del reciclaje:

- Ahorro de energía y menos contaminación causada por la extracción y procesamiento de energías vírgenes
- Disminución de las emisiones de gases de invernadero, lo cual ocasiona el cambio climático
- Conservación de los recursos naturales
- Disminución del volumen de residuos municipales
- Contribución significativa en el logro del desarrollo sostenible
- La generación de empleo.

Por otra parte “el término residuo comprende todo bien u objeto que se obtiene a la vez que el producto principal, e incluye tanto los que han devenido inprovechables ("desechos"), como los que simplemente subsisten después de cualquier tipo de proceso ("restos" o "residuos" propiamente dichos" (Campins Eritja, M., 1994).

Ahora bien, cuando un residuo es abandonado en un vertedero, puede existir la posibilidad de que alguien reconsidere su valor (en realidad son recursos potenciales). Ese residuo que ha sido depositado como tal, es recuperado (por ejemplo cartones, metales, etc...) y vendido a la industria del reciclaje. Por otro lado, muchos de los productos resultantes de procesos productivos se convierten en materia prima para otros procesos distintos.

La gran cantidad de actividades humanas generadoras de residuos supone la existencia de gran diversidad de éstos, por lo que su clasificación puede resultar complicada.

- *Residuos Sólidos Urbanos (RSU):*

Son considerados como residuos sólidos urbanos aquellos designados vulgarmente con el término "basura", o, en otras palabras, "aquellos materiales resultantes de un proceso de fabricación, utilización, consumo o limpieza, cuando su poseedor o productor lo destina al abandono" (CAM, 1987a).

- *Residuos agrarios:*

Según la Consejería de Ordenación del Territorio, Medio Ambiente y Vivienda, "se entiende por residuos agrarios los generados en el entorno natural, integrado fundamentalmente por las plantas, o parte de ellas, a las que es preciso separar para obtener el fruto o el producto agrícola elaborado, así como por los animales, sobre todo concentrados en explotación", (CAM, 1987) es decir, todos aquellos procedentes de las actividades del sector primario, incluidas las explotaciones agroalimentarias.

Estos residuos no son considerados, en general, demasiado problemáticos, puesto que su impacto sobre el medio suele ser "leve". No obstante, con la evolución del sector y la introducción de productos peligrosos, los residuos generados en las explotaciones ganaderas y la transformación de productos agrarios se han convertido, en muchos casos, en altamente contaminantes.

La clasificación de estos residuos puede ser muy amplia, debido a las numerosas actividades encuadradas dentro del sector primario. Así, se opta por sintetizarlos en cuatro grandes grupos:

- *Agrícolas:* Muchos de estos residuos no pueden considerarse como tales, ya que, en muchos casos, pueden incorporarse directamente al medio (rastros, etc...), se convierten en alimento para el ganado o se utilizan como fuente de energía en el hogar.
- *Forestales:* Son aquellos derivados de las explotaciones de los bosques o de otras actividades como el aclareo, limpieza del bosque, etc..
- *Ganaderos:* Estos residuos se han convertido en problemáticos, a partir del Esta actividad produce una cantidad importante de residuos, muy localizados, cuya eliminación no cuenta con excesivas salidas por su escaso valor económico.
- *Industrias agrarias:* La industria agroalimentaria es la que genera mayor cantidad de residuos, de variada composición y peligrosidad. Algunos de los productos generados son de difícil tratamiento y pueden contaminar tanto los suelos como las aguas o la atmósfera.

Los residuos forestales, sobre todo el aserrín, son altamente contaminantes para el medio ambiente. No son pocos los expertos y las instituciones a nivel global y local, incluida la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) que advierten sobre el impacto del aserrín como agente contaminante del suelo y del agua.

Sin embargo, todavía se acumulan en los patios de los aserríos o son vertidos en los alrededores de comunidades rurales, con el consecuente perjuicio para todos.

Estos subproductos reducen el espacio disponible en los centros de elaboración de la madera y con ello la movilidad necesaria para la producción; generan y acumulan polvo en el aire, que conlleva otro mal, el de la emisión de dióxido de carbono a la atmósfera, y perjudican la salud de los trabajadores y de los habitantes de zonas cercanas a los aserraderos, a la vez que suponen otros problemas ambientales por incendios y auto combustión. (Capistrán, 1994)

A) Fabricación de tablero aglomerado

Los recursos forestales son un capital productivo importante que ha permitido a las comunidades forestales operar con márgenes de ganancia, desarrollar empresas, realizar inversiones productivas y generar fuentes de empleos.

Actualmente en el mundo se han desarrollado y puesto en marcha diversas técnicas de reutilización y reciclaje para el aprovechamiento óptimo del aserrín, las cuales han tenido un impacto social, económico, y ambiental positivo.

Los tableros aglomerados son materiales elaborados a partir de partículas o fibras homogeneizadas, las cuales son aglomeradas con diferentes resinas que les brindan a éstos diferentes propiedades, dependiendo del tipo de aplicación al que vaya a ser sometidos (Badila, y otros, 2013).

Estos materiales han sido utilizados desde hace tiempo como suplentes de los productos de madera pura en muchas aplicaciones debido a varias ventajas como su bajo costo debido a la cantidad de madera utilizada comparado con los tableros

de madera sólida, son rígidos, suaves, de fácil procesado, buena estabilidad, tensión, entre otros.

Una de las características más relevantes de los tableros es su resistencia a la humedad, los arañazos, golpes o suciedad, lo cual es debido a una capa de recubrimiento que confiere la resistencia requerida (Kleber, Emmler, Krug, Mäbert, Brendler, & Schäfer, 2012).

Los aglomerados son las maderas más baratas porque están hechas con virutas de restos de cortar otras maderas naturales o restos sobrantes de maderas de los aserraderos. Se llama aglomerado porque está construido con agregación o aglomeración (o unión) de varias partículas, en este caso virutas de madera.

Se fabrican diferentes tipos en función de la forma y del tamaño de las partículas, de su distribución en todo el tablero así como por el tipo de aglutinante que se utiliza para unirlos. Por lo general se emplean maderas blandas aunque en ocasiones se incorpora una proporción de maderas duras y quemadas procedentes de incendios.

Los tableros aglomerados son materiales estables y de consistencia uniforme. Los tableros construidos con finas partículas tienen superficies totalmente lisas y resultan muy aptos como base para un posterior recubrimiento. Dependiendo de cuanto trabajó el proceso, el compost está listo en un período de 3 a 12 meses.

Clasificación de los tableros aglomerados

Los tableros aglomerados se pueden clasificar en dos principales grandes grupos de acuerdo a la procedencia del material: tableros de fibras y tableros de partículas.

Los tableros de partículas, como su nombre lo indica, son materiales elaborados a partir de partículas de madera aglomeradas con diferentes tipos de adhesivos a altas temperaturas y presiones (Kelly, 1997). A continuación en la ilustración 5 se muestra un tablero de partículas:

Ilustración 5 Tablero de partículas.



Y por último los tableros de fibra son fabricados mediante la compresión de fibras de madera que han sido refinadas previamente.

De acuerdo a la densidad estos se clasifican en tableros de densidad media (MDF) y tableros de densidad alta (HDF). Pueden ser aglomerados utilizando resinas sintéticas o productos naturales, o mediante procesos termomecánicos a altas

temperaturas (Muttill, Ravichandra, Bigger, Thorpe, Shailaja, & Singh, 2014). Estos paneles se fabrican mediante un proceso con fibra seca y sus espesores pueden variar desde 2,5 mm a más de 40 mm.

Las propiedades de los paneles de MDF dependen de las fibras utilizadas y el adhesivo que se usa para que se unan (Halvarsson, Edlund, & Norgrena, 2008). Estos tableros son utilizados generalmente en una variedad de aplicaciones no estructurales, tales como muebles, laminados, lienzo de pintura, base para maquetas, posters, puzzles, puertas de armarios, entre otros (Bowyer, Shmulsky, & Haygreen, 2007).

A continuación se muestra en la ilustración 6 tableros de fibras:

Ilustración 6 Tablero de fibras.



Proceso de producción

El proceso para la fabricación de tableros aglomerados tiene ciertas diferencias en algunas de sus etapas, de acuerdo al tipo de tablero que se quiere fabricar, en este caso los tableros de partículas y de fibras.

Para el primero, se obtiene aplicando presión y calor sobre partículas de madera y/o de otros materiales lignocelulósicos en forma de partículas, a las que se les ha aplicado previamente un adhesivo. Y para el de fibras se emplean dos procesos muy diferentes, denominados procesos en seco y en húmedo, debido a la forma que se logra el desfibrado de la madera.

El proceso en húmedo ha quedado olvidado debido al gran consumo de agua y a las consecuencias ambientales adversas que genera. El proceso en seco es el que se ha expandido actualmente, comenzando a fabricar con él los tableros MDF (Tablero de fibra de mediana densidad) y, con una mejora tecnológica, como un producto de última generación se está fabricando tableros HDF (Tablero de fibra de alta densidad o duro) y DFF (Tablero de fibra duro fenólico) con el mismo proceso.

Proceso de producción para tableros de partículas

Astillado o desmenuzamiento: Consiste en obtener partículas cuya anchura y espesor son aproximadamente iguales y cuya longitud es por lo menos cuatro veces mayor que el espesor en el sentido del hilo de la madera.

Almacenado de las astillas: Se emplean distintos tipos de depósitos de almacenamiento que en su mayor parte están dotados de mecanismos de

alimentación y descarga de tipo continuo. Generalmente se utilizan silos grandes que son un depósito perfecto por su forma y ayudan a alimentar el proceso en forma continua.

Refinado de las partículas: Consiste a dar a las partículas el tamaño adecuado para hacer el tablero mediante un proceso de trituración.

Secado de las partículas: El secado se realiza para garantizar que la aglomeración de las partículas sea óptima y sus características de compactación sean los mejores; por lo cual se debe llegar a un contenido de humedad del 3 al 4%. Este procedimiento se realiza en secadores del tipo de suspensión con gases, ya sean gases de combustión, con aire caliente o ambos.

Clasificación de las partículas: La clasificación de las partículas se puede hacer antes o después del secado con el objeto de separar el material fino del basto; las partículas finas son utilizadas para las capas superficiales que son las que dan el acabado al tablero y el material basto o más grueso se utiliza en las capas internas del tablero.

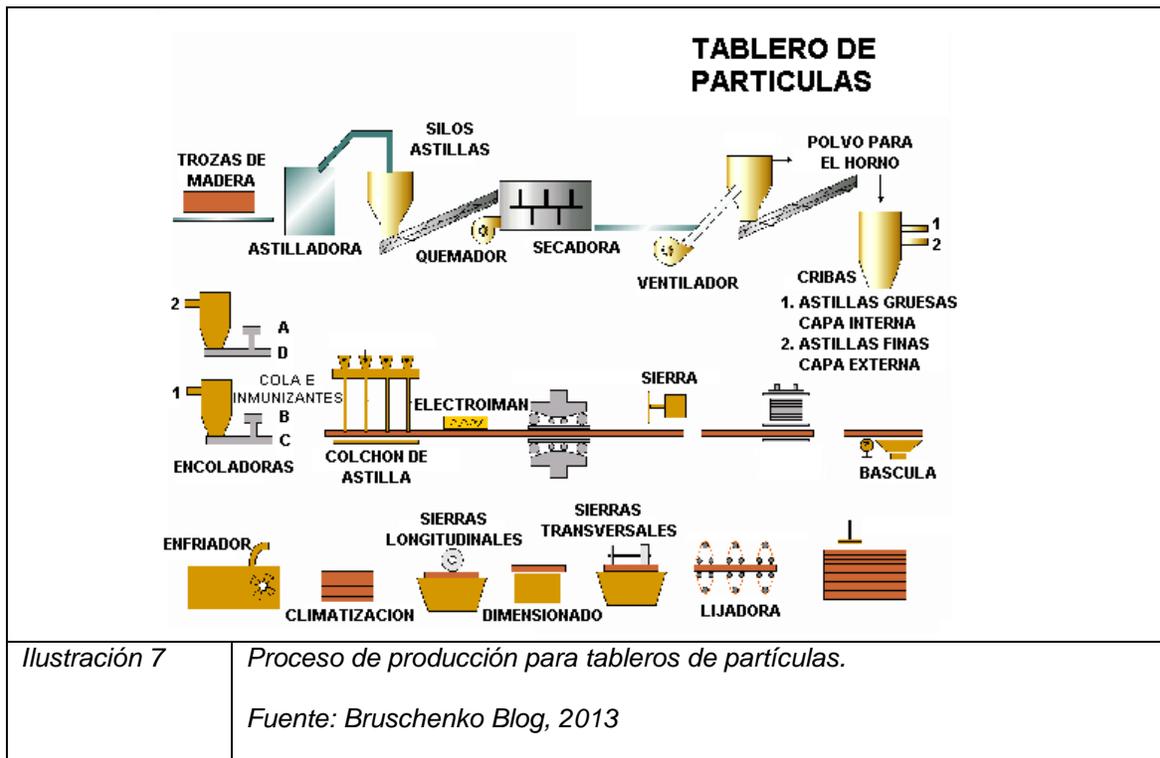
Mezcla con adhesivos y aditivos: En esta etapa del proceso es cuando se agrega a las partículas el aglutinante orgánico junto con los productos que garantizan la durabilidad del tablero. Las resinas más utilizadas son las de urea formaldehído y se sabe que del método de mezclado depende la uniformidad de la distribución del adhesivo.

Moldeo: Mediante este procedimiento se le da forma al tablero, se realiza con moldeadoras mecánicas, las cuales generan un aumento en el volumen y velocidad de producción.

Prensado: Consiste en aplicarle al colchón de partículas de madera una gran presión para que todos los componentes del tablero se adhieran y obtengan la densidad deseada.

Lijado: Consiste en pulir ambas caras del tablero ya prensado, se realiza en forma continua, y es hecho con una pulidora o lijadora industrial de gran tamaño y con una superficie rugosa que se puede numerar según las lijas utilizadas.

Ilustración 7 Proceso de producción para tableros de partículas.



Proceso de producción para tableros de fibras

Por otro lado, el proceso de producción para los tableros de fibras, suele resultar algo similar en algunos de sus pasos, al de los de partículas.

Desfibrado: El proceso de desfibrado consiste en hacer de las astillas elementos delgados de madera, lo más uniformes posible, para que una vez separados por procedimientos mecánicos y químicos se puedan elaborar con ellos la pasta de fibra para hacer el tablero.

Astillado o desmenuzamiento: Procedimiento similar al astillado para tableros de partículas de madera.

Las astillas se obtienen utilizando una desmenuzadora múltiple compuesta por diez o más cuchillas, que producen un fragmento de tamaño uniforme, por lo que rara vez hay que proceder a cribarlos.

Las astillas que se obtienen son de un espesor de 0,2 y 0,5 mm y normalmente su porcentaje de humedad está entre el 35 y 50%.

Cribado y lavado de las astillas: Se seleccionan las partículas astilladas del tamaño adecuado por medio de la criba; pero este proceso en conjunto con el lavado de los fragmentos se realiza en una lavadora compuesta por un recipiente con una escofina y una criba inclinada, esta lavadora elimina todos los residuos de cierto volumen, en tanto que el separador magnético sólo elimina las sustancias magnéticas.

Almacenado de las astillas: Procedimiento similar al almacenado de partículas de madera para tableros aglomerados.

Elaboración de la pasta: Después de desfibrar las astillas de la madera se procede a obtener la pasta de fibra, agregando agua y productos químicos adecuados (resina, soda cáustica, etc.), esta pasta es la que se utiliza para formar el tablero.

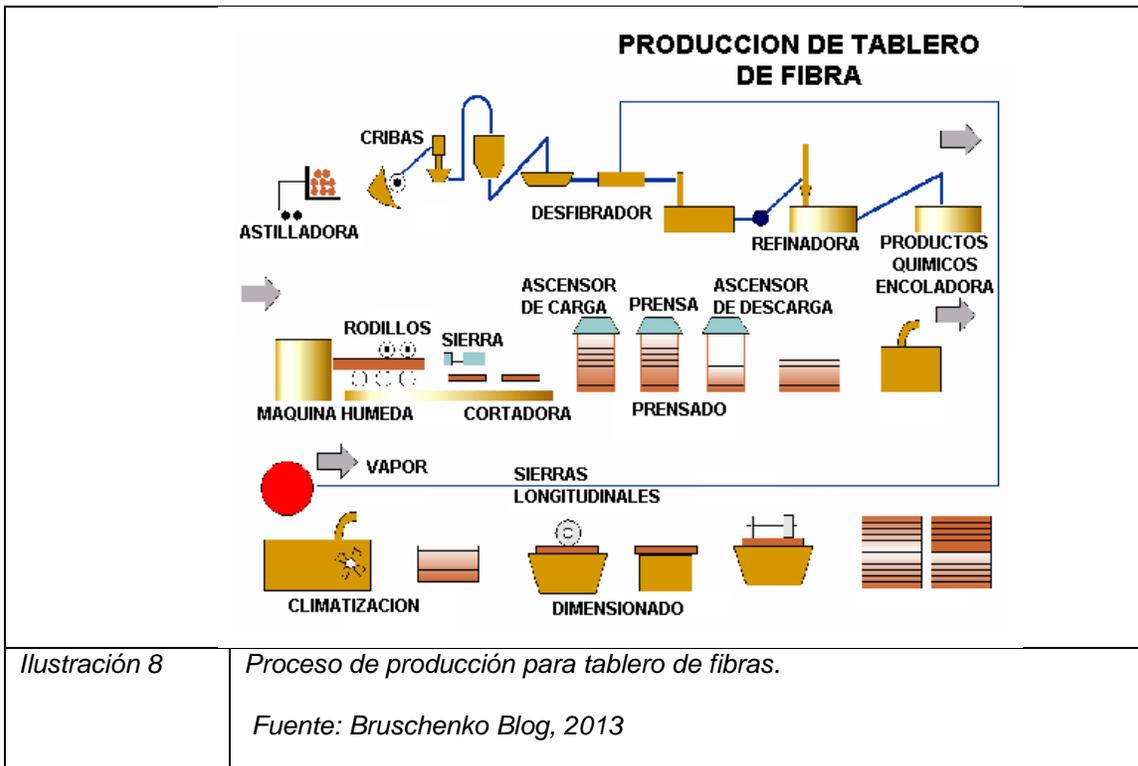
Moldeado o afieltrado: Consiste en vaciar la pasta en la máquina formadora la cual tiene placas metálicas de plástico o bronce, que garantizan una mayor duración del equipo. Allí la pasta se constituye en una lámina continua que es cortada para alimentar la prensa.

Prensado: Consiste en compactar los tableros por medio de presión. Este prensado se realiza en caliente con prensas destinadas y acondicionadas para tal fin.

Tratamientos después del prensado: Cuando salen los tableros calientes afieltrados en húmedo del prensado, pasan a un tratamiento térmico con el fin de proporcionar un aumento en la resistencia a la humedad y en muchos casos en su fuerza pudiendo ser estos continuos o discontinuos.

Recortado: Aquí es donde se le da al tablero las dimensiones apropiadas antes de salir al mercado. Este cortado se realiza con sierras circulares dispuestas longitudinalmente y transversalmente, para dar los cortes al tablero por todos sus cuatro lados en forma continua. (Luis, 2000)

Ilustración 8 Proceso para la producción de tableros de fibras.



En las ilustraciones 7 y 8 se puede observar que hay procedimientos en la elaboración de tableros de partículas y de fibras, que resultan similares.

Recurso natural

Para el proceso de elaboración de tableros aglomerados ya sea cualquiera de los dos tipos, es necesario contar con recursos naturales los cuales se enlistan a continuación:

- Madera: Proporciona la materia prima para el aglomerado.
- Agua: Para preparar la pasta en los tableros de fibras.

- Carbón: Como combustible (hornos de secado si se requieren).

B) Fabricación de compost y usos ganaderos

El aserrín de madera se compone principalmente de fibras de CELULOSA unidas con LIGNINA. Según análisis, su composición media es de un 50% de carbono (C), un 42% de oxígeno (O), un 6% de hidrógeno (H) y un 2% de nitrógeno (N) asociado a otros elementos.

La palabra composta viene del latín componere, que significa “juntar”. Una composta es la aglomeración de restos de materia orgánica (vegetal o animal) que se descomponen de manera controlada por la actividad de los microorganismos (hongos y bacterias). Luego intervienen organismos como hormigas, lombrices, cucarachas, moscas, caracoles, grillos y otros. Estos convierten los residuos orgánicos en un material de color marrón oscuro, con olor similar al de la tierra. El material resultante puede ser reutilizado como acondicionador de suelo.

Para fines de compostaje, el aserrín se consideraría un material de compostaje “marrón”. Se usa para agregar carbono a la mezcla y equilibrar el nitrógeno de los materiales de compostaje “verdes” (como los alimentos y el césped).

El aserrín se composta igual que las hojas secas, lo que significa que lo vas a agregar en una proporción de aproximadamente 4:1 de materiales marrones a verdes. Dicho material será una gran enmienda para una pila de compost, ya que

estará incorporando un material esponjoso que absorberá el agua de la lluvia y los jugos del material verde, lo que ayudará con el proceso de compostaje.

Existen muchas técnicas de compostaje en donde hay ciertos factores claves a la hora de decidir cuál método utilizar ya sea por: tiempo de proceso, requisitos de espacio, seguridad higiénica requerida, material de partida (ausencia o presencia de material de origen animal), condiciones climáticas del lugar (temperaturas bajo cero, vientos fuertes, lluvias torrenciales u otros eventos climáticos extremos). Las diferentes técnicas se dividen generalmente en sistemas cerrados y sistemas abiertos. Los sistemas abiertos son aquellos que se hacen al aire libre, y los cerrados los que se hacen en recipientes o bajo techo.

Algunos pasos generales en el procedimiento de compostaje son los siguientes:

Elección del área y nivelación. Esta elección se hace en función de: condiciones climáticas, distancia al área de producción de residuos, distancia al área donde se aplicará el compost final y pendiente del terreno. Es preferible un área protegida de vientos fuertes, a una prudente distancia de nacimientos de agua (más de 50 metros) para evitar contaminaciones, y que la pendiente sea de poca elevación (menos 4 %) para evitar problemas de lixiviados y erosión.

Picado del material y amontonamiento. El material a compostar se pica manual o mecánicamente de preferencia en fragmentos de 10 a 15 cm. Se toma normalmente como unidad de tiempo la semana para amontonar material en una misma pila, antes que empiece la fase termofílica o de higienización, y así evitar la re-

contaminación del material con material fresco. Otro aspecto importante aquí es la mezcla de material para alcanzar una relación adecuada.

Volteo. Normalmente, se hace un volteo semanal durante las 3 a 4 primeras semanas, y luego pasa a ser un volteo quincenal. Esto depende de las condiciones climáticas y de la humedad y aspecto del material que se está compostando. Se debe hacer un control de aspecto visual, olor y temperatura para decidir cuándo hacer el volteo (véase punto siguiente, control de temperatura, humedad y pH).

Ilustración 9 Compost de aserrín.



En la ilustración 9 se puede apreciar el producto final de los residuos de madera convertidos en composta de aserrín con disposición final para trabajos de jardinería.

Si es posible se debe evitar el aserrín de la madera contrachapada y la madera pintada o tratada debido a los pegamentos y otros productos químicos. En este

caso, se deberán tomar algunos pasos adicionales para asegurar de que estos químicos salgan del compost antes de usarlos en algún huerto o jardín. La mejor manera de hacerlo es empapar la pila de compost con agua unas cuantas veces más durante un tiempo más prolongado.

Esto, junto con la lluvia normal, debe extraer cualquier sustancia química nociva de la pila de compost y diluirá los productos químicos que se van a reducir a niveles que no dañarán el área circundante. Otra forma de descomponer el aserrín es si se mantiene húmedo ya que se descompone sorprendentemente rápido. Para acelerar la descomposición en una pila de serrín, simplemente basta con agregar humedad y nitrógeno.

Esto se puede hacer mezclando un gran lote de emulsión de pescado, o harina de sangre vertiéndolo en una pila de aserrín ya húmeda y luego cubriéndolo con una lona o una manta vieja para retener la humedad. Después de que el aserrín se vuelve negro, se puede usar para aligerar cualquier tipo de tierra, incluida la tierra para macetas y semilleros. (Capistrán, 1994)

2.2 ESTADO DEL ARTE.

Hace 12.000 años, coincidiendo con el final del Paleolítico, con los primeros asentamientos relativamente estables, se empezó a hacer patente que los elementos manufacturados por los seres humanos a partir de la transformación de elementos como la madera, la piedra, los metales o los tejidos, no desaparecen ni se transforman del mismo modo que los elementos del entorno natural. Por otro lado, fabricar utensilios y herramientas, en aquel tiempo, no era una tarea sencilla ni evidente, por lo que la política que se seguía era la de reutilizar los que hubieran quedado de otros asentamientos o los que se hubieran deteriorado con su uso principal.

Ya en la prehistoria, los primeros utensilios elaborados a partir de huesos de animales, piedras o madera se reutilizaban con el objetivo de obtener otros nuevos para la caza o el uso cotidiano. No era fácil ni sencillo conseguir los elementos con los que fabricar estas herramientas, ni era sencillo trabajarlos, por lo que la postura más lógica era reutilizar lo que ya había.

Las primeras normas relativas a la gestión de los desechos llegaron en la Antigua Grecia, concretamente en asentamientos urbanos como Atenas, hace 2.400 años, donde se exigía que la basura se enterrase a una distancia de más de 1 Km de las zonas habitadas.

Con anterioridad a Atenas, hace 5.000 años, en la ciudad cretense de Cnosos, se excavaron los primeros vertederos para arrojar allí la basura. Y hace 4.000, en China, se usaban métodos para reciclar el bronce.

Tras la revolución industrial, procesar materias primas y transformarlas se convirtió en una tarea sencilla e inmediata y el reciclaje pasó a un segundo plano. Sólo en los tiempos de conflictos bélicos se recuperó el interés por el aprovechamiento de materiales y otros objetos. Durante la Guerra de Independencia en Norteamérica, a finales del siglo XVIII, el reciclaje se convirtió en una práctica habitual.

Las primeras patentes para la fabricación de tableros de partículas se registraron a fines del siglo XIX, pero no fue sino hasta 1941 cuando en Alemania y Suiza se instalaron las primeras fábricas, que produjeron tableros para muebles. Inmediatamente después de la Segunda Guerra Mundial, la fabricación de este tipo de tableros se incrementó notablemente y se extendió a diversos países. El principal factor que permitió el rápido desarrollo de esta industria fue la aparición de los adhesivos termofijos como el urea-formaldehído y el fenolformaldehído.

Hasta los años 60 no volvió a resurgir el interés por el reciclaje, esta vez promovido por los primeros movimientos ecologistas. En 1970 tuvo lugar el primer Día de la Tierra, y con él, se dio a conocer el logotipo que, a día de hoy, todos identificamos con el reciclaje, El famoso logotipo con tres flechas simboliza los tres pasos del circuito de reciclado: recolección, conversión en nuevos productos y compra por parte de los consumidores.

Ahora bien, como parte de la preservación del medio ambiente se han generado distintas posibilidades para el aprovechamiento de los residuos sólidos aprovechables. Estas nuevas ideas han permitido que disminuya la explotación de los recursos naturales y la disminución del volumen de los residuos producidos. Una

opción para este aprovechamiento es la disposición final de los residuos sólidos de madera principalmente generados por los sectores industriales y productivos.

En los últimos años, debido al cuidado por la sostenibilidad forestal, entre otras cosas, la industria del tablero ha llevado a cabo inversiones en nuevos procedimientos y tecnologías para optimizar el aprovechamiento forestal, consiguiendo extraer la cantidad máxima posible de madera; desarrollándose un concepto de reciclado a través de la recuperación y aprovechamiento de los residuos de los procesos productivos de la industria de primera y segunda transformación de la madera. Destaca la industria del tablero, ya que los reintegra en la cadena de fabricación de sus productos.

En el tratamiento mecánico de la madera, la mayor parte de sus necesidades de energía térmica pueden atenderse con los residuos disponibles; es más, la industria del aserrío tiene las posibilidades de producir un excedente de calor y electricidad y, por lo tanto, podría ayudar a otros procesos de transformación deficientes de energía en un complejo integrado que produzca, por ejemplo, madera aserrada, tableros contrachapados y de partículas o podría también, en las zonas rurales, suministrar energía para las necesidades del vecindario.

A continuación, se relacionan algunos estudios relacionados con la disposición final de residuos de madera a nivel nacional e Internacional.

A) Experiencias internacionales

PRIMADERA SAS: Ubicada en Gachancipá, Cundinamarca e inaugurada el 08 de marzo de 2016, es considerada la mayor planta de producción de madera

aglomerada de Colombia. Esta se constituye en la fábrica más grande y la de mayor capacidad de producción en su categoría en el país. Se considera la única planta del país dedicada a la fabricación de los tableros de madera aglomerada tipo MDP (Tableros de partículas de madera de densidad media), producto reconocido como el más evolucionado del mercado en la actualidad.

PIZANO SA: Es el productor de láminas de madera, fabricación de láminas contrachapados, aglomerados, laminados, puertas y productos transformados en partes, piezas y muebles. El principal centro fabril de la Compañía está localizado en la ciudad de Barranquilla. Allí opera una fábrica de Contrachapados, plantas de láminas de Partículas de Madera, plantas de Laminados Decorativos, una planta de formol y una 27 planta de resinas de avanzada tecnología. También cuenta con una planta de laminados en Tocancipá.

TRIPLEX ACEMAR SA: Tradicionalmente, ha ofrecido una amplia gama de chapillas nacionales e importadas, contrachapados (Triplex decorativos) y aglomerados enchapados de alta calidad. Su planta se encuentra ubicada en Madrid, Cundinamarca.

De lado del continente europeo, en Alemania, país a la cabeza en Europa en términos de reforestación de terrenos, el Instituto Fraunhofer para la Investigación

de la Madera (WKI), en colaboración con quince socios de proyecto de cinco países europeos, han desarrollado una serie de protocolos de recuperación de las grandes piezas de madera, el cual han denominado como CaReWood.

En la actualidad consta de dos fases:

- **Detección de sustancias químicas y pruebas de resistencia.** Esta primera fase utiliza avanzados sistemas de espectroscopia, fluorescencia de rayos X, cromatografía y espectrometría para determinar el grado de contaminación y penetración de esta en la madera. Algunos son más útiles para detectar metales pesados, mientras que otros se aplican para la detección de barnices conservantes. A continuación se comprueba la resistencia y la estabilidad mecánica de la madera.
- **Descontaminación.** Una vez que las piezas han pasado el primer examen, se inicia el proceso de limpieza. Los investigadores del Instituto Fraunhofer insisten en que la contaminación apenas suele afectar a unos milímetros superficiales de la madera. Entre los métodos usados se encuentran los cepillos rotatorios y el granallado o limpieza abrasiva.

Se espera se apruebe esta nueva ordenanza para la madera usada y que ponga un mayor acento en la recuperación de esta, en lugar de su destrucción al terminar su vida útil.

Este ambicioso proyecto ofrece una serie de ventajas, algunas de ellas más evidentes y otras no tanto:

- Se evita la combustión de maderas afectadas por procesos químicos tóxicos.
- Se refuerza la reforestación de las masas verdes en Europa y el resto del mundo al reducir el consumo.
- Se reducen los desechos en vertederos.
- Se aprovecha madera antigua de mayor calidad, puesto que hace décadas se utilizaban maderas de crecimiento lento, con mayor consistencia y solidez que la actual, procedente en muchos casos de cultivos artificiales.

B) Experiencias nacionales

Las siguientes empresas situadas a lo largo de la extensión de la república mexicana, solo son algunas de las muchas que utilizan el reciclaje de madera como producción para la creación de diversos subproductos, específicamente tableros aglomerados y derivados.

MASISA: MASISA cuenta con un negocio central, que es la fabricación y comercialización de tableros de madera para muebles y arquitectura de interiores en Latinoamérica. En 1960 se funda la sociedad “Maderas Aglomeradas Ltda.”, que

posteriormente pasa a llamarse MASISA, el primer productor de tableros aglomerados en Chile.

En marzo del 2016, la filial MASISA Empreimientos Florestais Ltda. Firmó un contrato de venta de madera en pie con la sociedad Taeda Empreimientos Florestais S.A. por US\$ 6,8 millones. La operación de venta incluye el compromiso de venta de terrenos forestales sobre los cuales se encuentran los activos por US\$ 5,8 millones. Luego, en mayo, la misma filial de MASISA firmó un contrato de venta que incluye terrenos forestales y activos biológicos con la sociedad “Klabin S.A.” por US\$ 20,2 millones.

En junio se inauguró la nueva planta de MDF en Durango, México, proyecto que comenzó en 2014 e involucro una inversión de US\$ 123 millones para una capacidad anual de 220.000 m³ tableros MDF, además de una línea de melaminizado o recubrimiento de tableros con capacidad anual de 110.000 m³ y la ampliación de la planta de resinas ubicada en el mismo complejo. Esta inversión permitirá consolidar la posición en ese mercado y seguir creciendo como un actor líder en Latinoamérica. Esta planta es parte importante del plan de crecimiento focalizado en México, iniciado con la compra de los activos de Rexcel en 2013.

MADERAS GAVILÁN: Maderas Gavilán es una empresa mexicana la cual tiene su sede en la Ciudad de México y cuenta con sucursales en Cuernavaca, Ajusco y Veracruz. Distribuyen principalmente maderas para muebles (pino,baak, caoba,

nogal, encino) y construcción (polines, barrote, cimbras), tanto nacionales como importadas y de una gran variedad de orígenes. También cuentan con una gran variedad de tableros para muebles o construcción, desde Triplay, MDF, Aglomerado o Melaminas.

TRIPLAYMARKET: La marca TRIPLAYMARKET es el resultado del esfuerzo y buenas relaciones de diez empresas mexicanas dedicadas a la venta y distribución de madera, tableros y derivados, que se unieron desde su inicio para formar el Grupo Maderero Q. En 1985, un grupo de jóvenes con iniciativa y entusiasmo unieron sus fuerzas para crear una empresa que distribuyera toda clase de productos derivados de la madera, con la idea de formar una red de distribución que satisficiera al mercado en calidad, precio y servicio.

A partir de Diciembre del 2002, debido al avance de la globalización y a la apertura de fronteras, el Grupo Maderero Q creó nuevas estrategias para alcanzar un nivel más competitivo a lo largo y ancho de nuestro país. Como parte central de estas estrategias, se emprendió la unificación de todas las empresas del grupo en una sola imagen.

Las sucursales en donde ellos están ubicados son Aguascalientes, Estado de México, Guanajuato, Hidalgo, Puebla, Querétaro, Quintana Roo, San Luis Potosí, Sinaloa, Tlaxcala, Veracruz, Yucatán y Zacatecas. Manejan y distribuyen derivados de la madera como Tecnotabla, Duraplay, Triplay, MDF de color y natural, aglomerado natural, MDP natural, entre otros productos.

Finalmente podemos concluir que existen diversos métodos que países del mundo incluyendo a México, llevan a cabo con un mismo fin, conservar al máximo el ecosistema en el que habitamos, debido a que para producir una tonelada de aglomerado se necesitarían seis árboles, pero gracias al reciclaje de madera, no es necesario talar ninguno.

CAPITULO III

ELECCIÓN Y DESARROLLO DE LA TÉCNICA.

3. ELECCIÓN Y DESARROLLO DE LA TÉCNICA.

3.1 EMPRESA MADERERA “LA CEIBA”.

La empresa maderera “La ceiba”, localizada en la ciudad de Agua Dulce, Veracruz, es una especie de aserradero en donde día con día les llega materia prima en bruto, y se encargan de darle forma y diseño utilizando también aditamentos que aseguren la durabilidad de las maderas que van destinadas a sus clientes y proveedores.

Es una empresa que comercia al por mayor madera para la construcción y la industria, se encuentra ubicada en la colonia Díaz Ordaz, sobre la calle Transistmica y entre Santo Domingo en la ciudad de Agua Dulce, al sur del estado de Veracruz.

Ilustración 10 Localización de la empresa "La ceiba".



3.2 ELECCIÓN DE LA TÉCNICA: TABLEROS AGLOMERADOS.

Los tableros aglomerados, que son paneles formados por virutas o partículas encoladas con resinas sintéticas, son el destino de entre el 80% y el 90% de la madera recuperada.

Las dimensiones que manejará la empresa “La Ceiba” para la fabricación de los tableros aglomerados serán de 2440mm x 1220 mm, siendo el lado de 2440 mm el largo y con un grosor de 16mm. Esto debido a que esas son las dimensiones más comunes entre los tableros aglomerados y los espesores más frecuentes son de 3mm, 10mm, y sobre todo 16mm y 19mm.

Ésta técnica resulta muy importante para el aprovechamiento de los residuos madereros, el reciclaje de la madera es uno de los procesos de reciclaje más limpios que existen dentro de los diferentes tipos de materia prima, por lo cual resulta ser amable con el medio ambiente sin tener costos tan elevados a comparación de otros métodos.

Sin embargo existe un procedimiento antes del proceso de elaboración de los tableros aglomerados, el cual consiste en la preparación del material para posteriormente ser llevado a la etapa de fabricación. En este ante proceso se describen los primeros pasos antes de llevar el material a su transformación, como lo es el almacén de donde son extraídos los residuos de madera, la selección en donde se exige rigurosamente que los residuos sean completamente vírgenes, sin metales o químicos como pinturas que puedan interferir en el esperado resultado final y por último la transportación del material apto al lugar de trabajo.

A continuación se enlistan los pasos antes mencionados:

Proceso antes de la transformación.

A) ALMACÉN.

Una vez que los residuos de madera son juntados después de una jornada de trabajo se resguardan en el almacén, ahí son guardados hasta que llega el momento en que serán preparados para su transformación.

B) SELECCIÓN.

Los requerimientos rigurosos que los residuos de madera deben cumplir para considerarse aptos para la fabricación de nuevos subproductos, es que debe ser madera virgen, es decir no debe contener metales o algún químico como pinturas, aerosoles, etc. que pudieran dañar el resultado esperado final. Es por ello que el trabajador hará una observación minuciosa para comprobar que los residuos de madera cumplan con los requerimientos exigidos.

C) TRANSPORTACIÓN

El último paso de este ante proceso es la transportación hacia el lugar de trabajo, en donde se encuentran las maquinas que harán el trabajo de transformación de los residuos de madera, los trabajadores por medio de un patín hidráulico se aseguraran de trasladar los residuos a la primer maquina la cual es la trituradora, y con la ayuda de carretillas y palas colocarán el material dentro de ella.

Proceso de elaboración.

Para la empresa “La ceiba”, es primordial elegir un método que sea tan eficaz como cualquier otro pero a un menor precio, esto debido a que no es una compañía de gran impacto en el mercado y resultaría costoso emplear un método que conlleve máquinas y etapas de producción más complicadas.

La mejor opción para la fabricación de tableros aglomerados en base al perfil de la empresa, es mediante el proceso de producción de tableros de partículas, ya que se necesitarían menos maquinas en comparación con el proceso de los tableros de fibras.

A continuación se presentan las etapas para el proceso de fabricación para los tableros de partículas

- D) Inicialmente se eligen diligentemente los trozos de madera que se van a utilizar para triturar, junto con el aserrín y la viruta que son residuos resultado de otras actividades que se llevan a cabo en la compañía “La ceiba”, procurando que no incluyan metales o químicos como pueden ser trozos de madera con pintura.

- E) Posteriormente ya elegidos los residuos y trozos, se pasan a la trituradora esto con el fin de obtener partículas de madera del mismo tamaño, que sea adecuado para la formación de los tableros.

- F) El siguiente paso es el secado, que se realiza para garantizar que la aglomeración de las partículas sea óptima y sus características de compactación sean las mejores; por lo cual se debe llegar a un contenido de humedad del 3% al 4%. Este procedimiento se lleva a cabo en secadores o deshidratadores industriales.
- G) Una vez terminado el secado, sigue la clasificación de la partículas mediante el uso de cribas con el objeto de separar el material fino del basto; las partículas que resultan más finas se utilizaran para las capas superficiales el tablero que le darán el acabado estético y el material basto o más grueso se utilizara para las capas internas del tablero.
- H) El siguiente paso es llevar el material resultante a la encoladora, en donde se le añadirán adhesivos o aglutinantes especiales y aditivos que aseguren la durabilidad del tablero. Las resinas más empleadas son las de urea formaldehído y es importante tener en cuenta que del método de mezclado depende la uniformidad de la distribución del adhesivo.
- I) Posteriormente la mezcla pasa por el moldeado que consiste en vaciar la pasta resultante del proceso anterior, en la maquina formadora, allí

la pasta se constituye en una lámina continua que es cortada para alimentar la prensa.

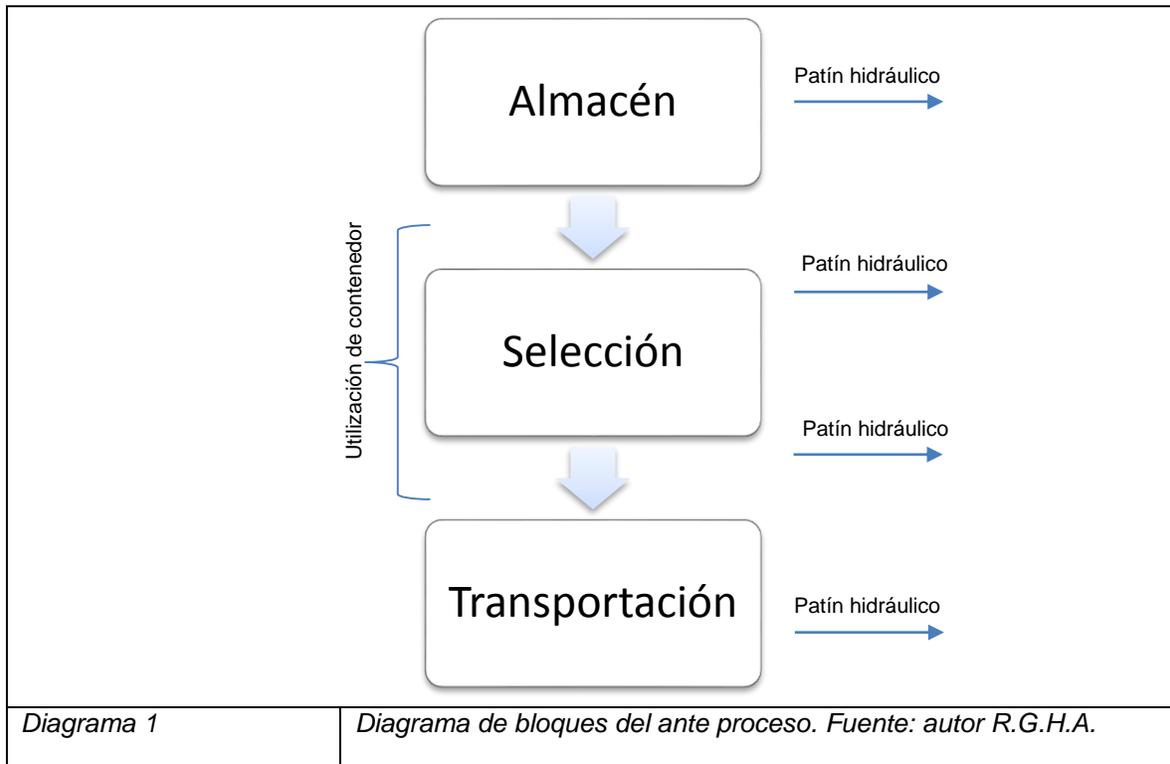
- J) El paso a seguir es el prensado, que consiste en compactar los tableros por medio de presión, se realiza en caliente con una prensa especial para que todos los componentes del tablero se adhieran y obtengan la densidad deseada. Por lo regular para el prensado de tableros aglomerados se trabaja a 175° C.
- K) Una vez salidos los tableros de la prensa, deberán reposar para su enfriamiento.
- L) Finalmente, una vez que los tableros se enfrían pasan a ser cortados según las dimensiones que requieran y soliciten los clientes para posteriormente ser lijados de ambas caras para pulir cualquier aspereza que tengan, este proceso se realiza con una pulidora o lijadora industrial. Y los tableros aglomerados de partículas estarán listos para salir al mercado.

Es de vital importancia mencionar que no puede entrar a la fase del proceso de aglomeración cualquier residuo de madera, ya que deben aprobar ciertos requisitos como lo son:

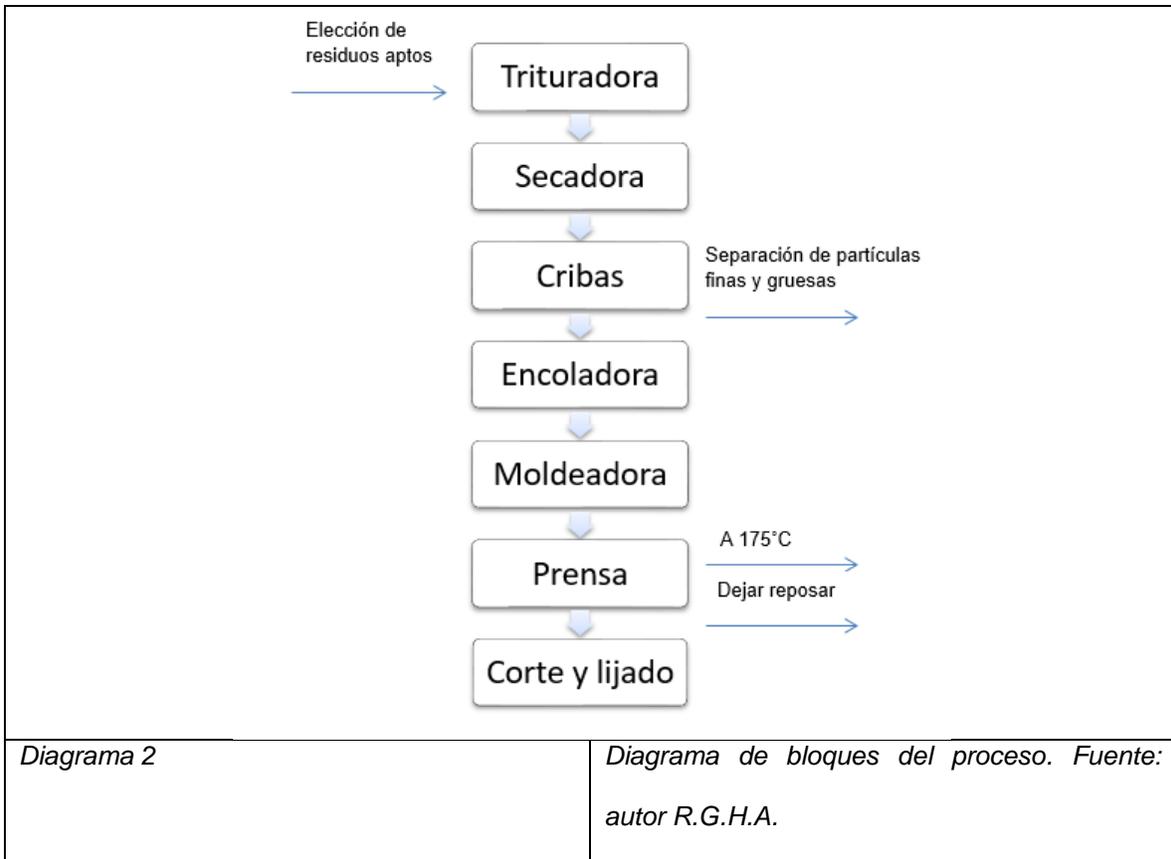
- No llevar ningún tipo de metales

- No llevar algún tipo de químico o pinturas

A continuación se presenta el Diagrama1 de bloques que engloba los pasos a seguir antes de comenzar con el proceso de aglomeración, el cual engloba lo que es el trabajo de recolección desde el almacén, selección, y limpieza de los residuos madereros aptos para el proceso, hasta su transportación por medio de bandas eléctricas hacia el proceso. Es importante visualizar las fases que dan consecuencia de entrada al proceso de la técnica, hasta la salida, que es la obtención del producto, para la elaboración de tableros aglomerados de partículas.



Posteriormente se presenta el diagrama 2 en donde se puede observar los pasos antes mencionados desde la entrada de los residuos previamente seleccionados hacia la trituradora, hasta el corte y lijado del producto final.



En el siguiente diagrama 3 se puede observar el diagrama de procesos para la elaboración de tableros aglomerados de partículas, en donde se mencionan de manera gráfica los pasos antes mencionados en el diagrama de bloques:

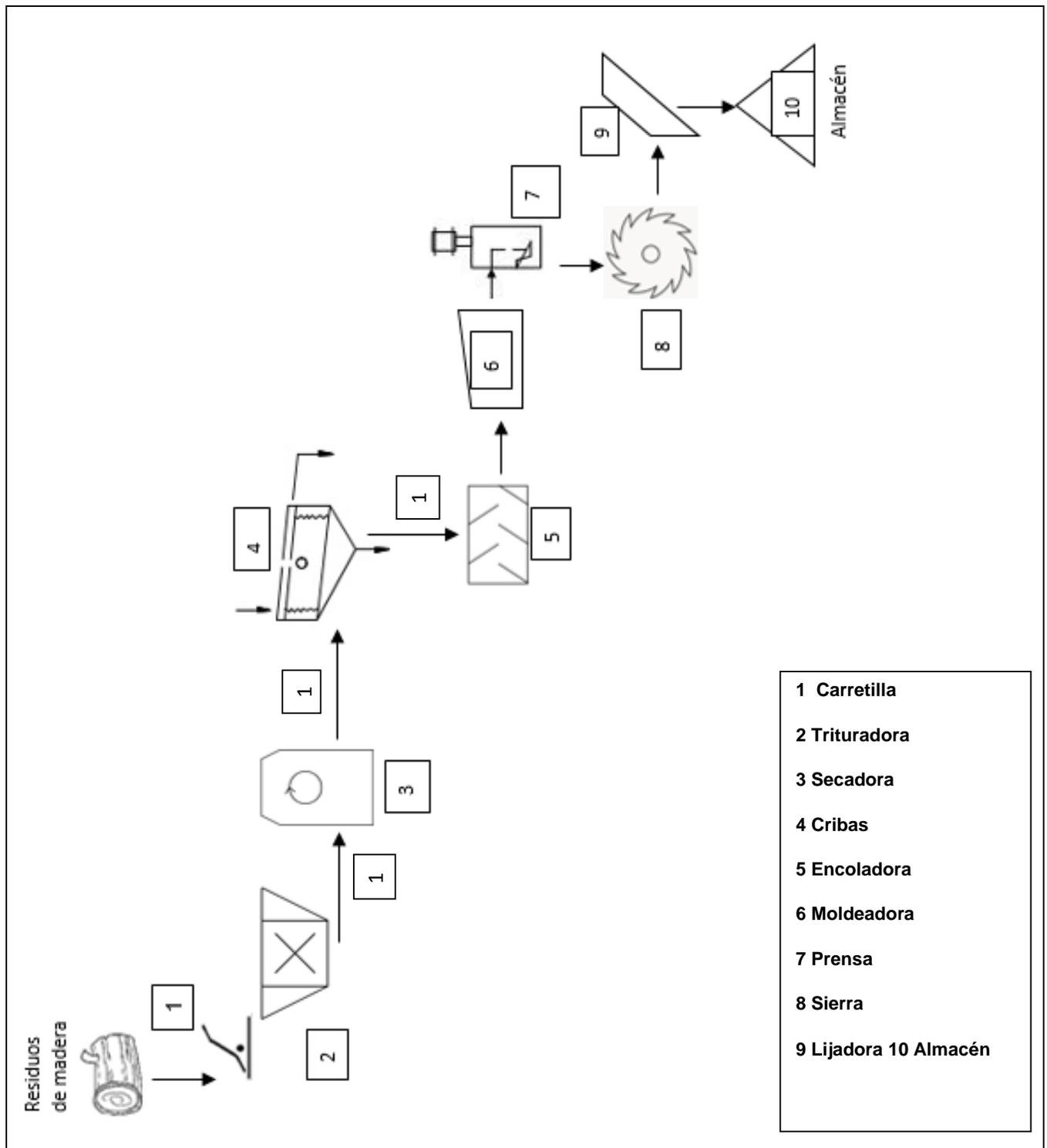


Diagrama 3

Diagrama de proceso para la producción de tableros aglomerados de partículas

Fuente: Autor R.G.H.A.

3.3 ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL.

Por otra parte, se necesita de recursos humanos los cuales son elementos trascendentales cuando se quiere poner en marcha cualquier proyecto, son un factor primordial en la marcha de una empresa, de ello depende el manejo y funcionamiento de los demás recursos.

Para la nueva área de tableros aglomerados que se desempeñaría en la empresa “La Ceiba”, se necesitarían trabajadores extras, principalmente se requerirían un operario y dos obreros; sin embargo se deben cubrir ciertas áreas que también resultan importantes para la ejecución del proyecto.

Se habla de un encargado de ventas y un almacenista, estos últimos simplemente se les daría una comisión extra por la extensión de sus servicios, ya que actualmente la empresa ya cuenta con personal en estas dos áreas de trabajo.

A continuación se describen las actividades que ejecutará cada trabajador:

A) ENCARGADO DE VENTAS

El encargado de ventas es la persona que se encarga de planificar, supervisar y gestionar la venta de los productos o servicios que brinda la empresa, en el nuevo segmento de la empresa este se encargará de atender la demanda que llegue a la empresa acerca de los tableros aglomerados. Tendrá contacto directo con los distribuidores y clientes para la correcta ejecución de las ventas y para resolver sus dudas y tratar que la empresa cubra sus necesidades.

B) ALMACENISTA

El encargado del almacén conlleva una gran responsabilidad ya que debe tener sus tareas muy definidas y delimitadas, ya que así será posible optimizar la actividad de la empresa, será la persona encargada de suministrar a los obreros la materia prima necesaria para poder llevar a cabo la transformación de esta misma.

De igual forma se encargara de almacenar el producto final, en este caso los tableros aglomerados, dentro del almacén de forma correcta, es decir, colocar los tableros sobre tarimas de madera para evitar que se curveen.

C) OPERARIO

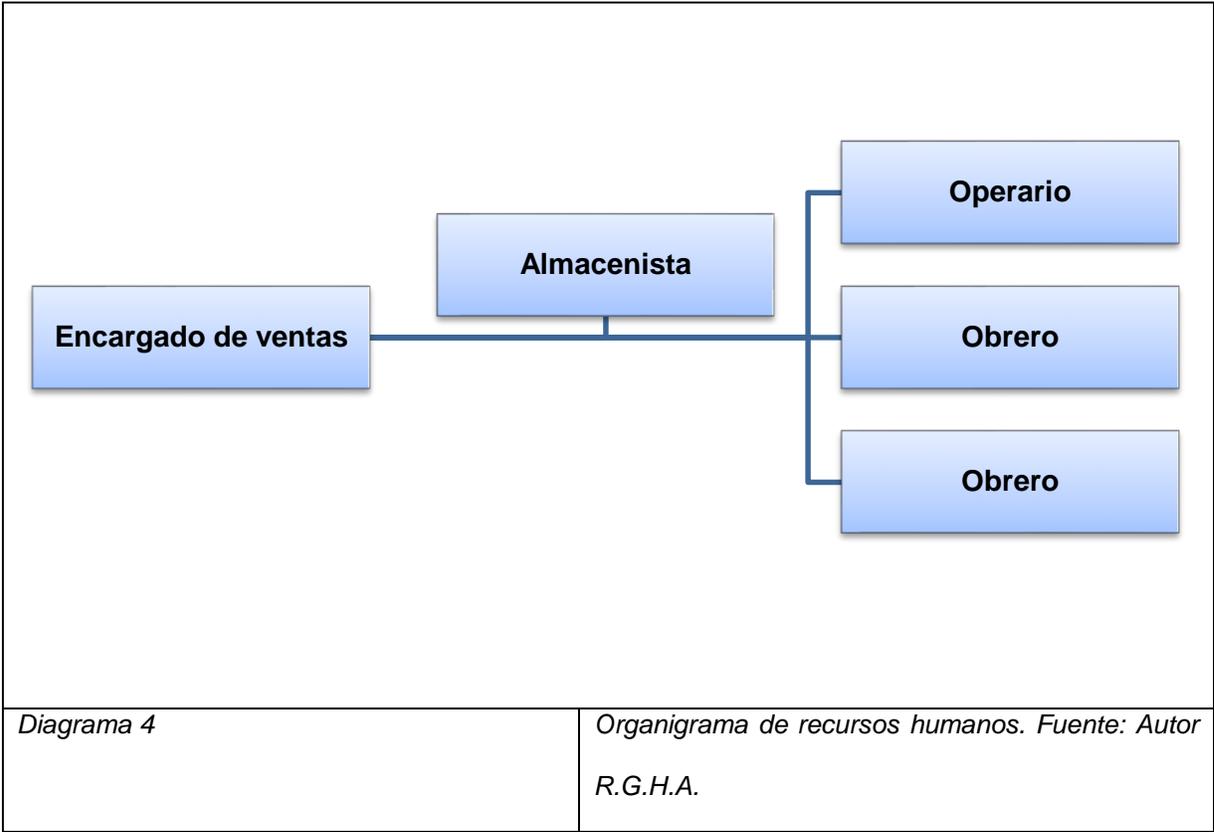
El operario se encargara de dar las instrucciones de trabajo para mantener orden y limpieza, y a su vez supervisar que el proceso se ejecute de forma correcta y segura.

Sus subordinados serán los obreros, a quienes podrá encomendar tareas para la producción de los tableros aglomerados. El operario vigilara el correcto funcionamiento de las máquinas antes, durante y después de la transformación de la materia prima.

D) OBREROS

Los obreros son individuos que obedecen órdenes del operario, cumplen con una serie de tareas dentro del proceso de producción, como manejar la materia prima en las diversas máquinas, alimentar la encoladora con la resina, ocuparse del serrado y lijado del producto final, etc.

En el siguiente diagrama 4 se presenta un organigrama en el cual se describe brevemente de manera jerárquica como está compuesto el recurso humano que la empresa necesitaría para el nuevo proceso:



De esta forma quedaría conformada la estructura organizacional para el nuevo proceso de aglomeración de tableros.

3.4 CARACTERÍSTICAS DE LA RESINA.

Otro punto importante que vale la pena mencionar es la resina que se utilizara para el proceso. El adhesivo utilizado en su fabricación es a base de una resina de Urea Formaldehído. La emisión y contenido de formol de este tipo de tableros son controlados permanentemente para cumplir las normas American National Standard (ANSI 208.1-1993) para aglomerados.

La resina es un compuesto a base de urea-formaldehído líquida obtenida como producto de la condensación de urea con formaldehído, diseñada para trabajo con madera. La urea-formaldehído se extrae calentado a 130 °C el anhídrido carbonico, amoniaco y agua a una presión de 100 atmósferas. En la obtención de la resina el agua se evapora dando como resultado la disolución de urea.

A continuación en la tabla 2 se muestran las características técnicas de la resina:

Tabla 2 Especificaciones técnicas de la resina.

CARACTERÍSTICA	UNIDAD	ESPECIFICACIÓN
Viscosidad (a 25 °C)	(mP.as)	300-450
Sólidos (1g,3h/105°C)	%	59-61
PH (25 °C)	-	7,8 – 8.2
Peso Especifico (25/25 °C)	-	1,265– 1,275
Formol libre	(% max)	2.5
Tiempo de Gel 25 °C	Min	45-65
Diluyente	Agua	-
Olor	Urticante	-

Tabla 2 *Especificaciones técnicas de la resina*

La urea formaldehído actúa como resina aglomerante a 100-160 °C y a una presión mínima de 100 atmósferas.

Las propiedades de la resina son excelentes para la fabricación de bloques de balsa, contrachapados, tableros terciados, muebles de madera, aglomerado, etc.

En nuestro país se comercializa la resina en forma líquida, lista para su uso, pero los fabricantes de la resina la adquieren en polvo para procesarla.

Existe otro tipos de resinas que no necesitan sistema de calentamiento para el prensado como la urea formaldehído, estas trabajan en frío. La desventaja de estas resinas es el tiempo de curado, por lo cual no conviene utilizar porque se produciría menor cantidad tableros. Las resinas en frio trabajan a temperaturas a ambientes de 14 a 26 °C, disponen de acelerante pero no se llega a igualar el tiempo de gel de la urea formaldehído.

Las resinas aglomerantes de urea-formaldehido son las más utilizadas por su bajo costo y facilidad de adquirir en México, para la producción de aglomerado y contrachapado.

3.5 MAQUINARIA Y HOJAS DE ESPECIFICACIÓN.

A continuación se muestra una lista de la maquinaria a emplear, para la realización de la producción de tableros aglomerados en la empresa “La Ceiba”, en base a la medida de extensión de la superficie en donde se encuentra ubicada dicha empresa, y la cantidad de residuos producidos.

E) TRITURADORA

Primero se presenta en la tabla 3 las especificaciones técnicas de la Trituradora Estacionaria de Madera a Tambor PTL 100X250 Lippel, la cual es una máquina utilizada para procesar materiales con la finalidad de obtener trozos más pequeños de los mismos. Al proceso en el que se usan las trituradoras se le conoce como trituración o triturado.

Tabla 3 Trituradora.

Modelo	PTL 100x250
Potencia necesaria	15 a 20 CV
Accionamiento	Motor eléctrico
Diámetro del barril	300 mm
Entrada de apertura vertical	100 mm
Entrada de apertura horizontal	250 mm
Producción	2 a 7 m ³ /h
Tabla 3	<i>Trituradora Estacionaria de Madera a Tambor PTL 100X250 Lippel</i> Fuente: http://ow.ly/RbwY30nSvxG

En la siguiente ilustración 11 se puede observar la trituradora que se emplearía en el proceso para la elaboración de los tableros aglomerados Ilustración 11.

Ilustración 12 Trituradora.



F) SECADORA

Una vez que los pedazos de madera han sido triturados pasan a una etapa de secado en la cual se busca reducir la humedad que contiene la madera, para los tableros aglomerados se necesita que la madera contenga un 10% de humedad, en la maquina secadora se deshidrata la madera a un 3%, debido a que en el proceso donde se le acondicionaran los adhesivos, vuelve a producir humedad.

Es importante que el porcentaje de la madera sea el óptimo ya que de esto depende la consistencia con la que resulten los tableros aglomerados, no puede excederse de humedad ni carecer de esta misma, ya que podrían surgir problemas a la hora de absorber el adhesivo o presentar deformaciones en el material final.

A continuación en la tabla 4 se muestran las especificaciones de la maquina secadora por condensación marca Showwin modelo SWGZ-4.0111

Tabla 4 Secadora.

Modelo	SWGZ-4.0111
Voltaje	220v-380v
Energía	10 Kw
Peso	5 Ton.
Dimensión (L*W*H)	5400*1716*1806
Certificación	CE ISO9001
Capacidad	4 Ton.
Fuente de calefacción	Electricidad
De alta frecuencia	6,78 MHz
<i>Tabla 4</i>	<i>Secadora de madera por condensación SWGZ-4.0111 Showwin</i> <i>Fuente: http://ow.ly/aYZ430oBOdF</i>

En las ilustraciones 12 y 13 se puede observar la máquina de secado junto con sus componentes

Ilustración 13 Secadora.



<i>Ilustración 12</i>	<i>Secadora de madera por condensación SWGZ-4.0111 Showwin</i> <i>Fuente: http://ow.ly/aYZ430oBOdF</i>
-----------------------	--

Ilustración 14 Secadora.



<i>Ilustración 13</i>	<i>Secadora de madera por condensación SWGZ-4.0111 Showwin</i> <i>Fuente: http://ow.ly/aYZ430oBOdF</i>
-----------------------	--

Unas de las ventajas de utilizar este equipo es el ahorro de mano de obra, coste y tiempo de secado, ya que resulta más rápido que los hornos para madera convencionales.

G) TAMIZ GIRATORIO

El tamiz giratorio es una criba de vibración circular con capas numerosas que permite tamizar el producto que resulta de la trituradora, el modelo CLR 1200 x 3000 de la compañía Lippel permite una capacidad de hasta 4 toneladas por día, a continuación en la tabla 5 se muestra su ficha técnica:

Tabla 5 Tamiz giratorio.

Modelo	CLR 1200 x 3000
Potencia	2HP
Producción	4 Ton/día
Diámetro del barril	1200mm x 3000mm
Tamaño de la pantalla	40mm x 40mm
<i>Tabla 5</i>	<i>Tamiz giratoria con el tambor de CLR 1200 x 3000 mm</i> <i>Fuente: http://ow.ly/KKuk30oCngf</i>

En la siguiente ilustración 14 se muestra el tamiz giratorio de la marca Lippel con el que se podría trabajar para tamizar los residuos de madera triturados:

Ilustración 15 Tamiz giratorio.



H) ENCOLADORA/MEZCLADORA

La encoladora o mezcladora es la máquina que se encarga de que el producto maderero salido del tamiz se combine perfectamente con los adhesivos y aditamentos que aseguran la durabilidad del tablero aglomerado de partículas final. La máquina mezcladora modelo TCJB-5 600 x 1200 de la marca Tianci tiene una capacidad de 5 toneladas por día, a continuación en la tabla 6 se muestra su ficha técnica:

Tabla 6 Mezcladora.

Modelo	TCJB-5
Energía (w)	22KW
Certificación	CE
Dimensiones (L*W*H)	5*2.2*2.3
Voltaje	480 V
Capacidad	5 Ton/día
<i>Tabla 6</i>	<i>Mezcladora modelo TCJB-5 600 x 1200 Tianci</i> <i>Fuente: http://ow.ly/DxjD30oCpKG</i>

En la siguiente ilustración 15 se puede apreciar el modelo TCJB-5 de la mezcladora Tianci:

Ilustración 16 Mezcladora.



Ilustración 15 *Mezcladora modelo TCJB-5 600 x 1200 Tianci*
Fuente: <http://ow.ly/DxjD30oCpKG>

I) MOLDEADORA

La máquina moldeadora o formadora se constituye en una lámina continua que se encarga de cortar la pasta para alimentar la prensa. Para este proceso se utilizaría la Formadora Woodworking Planer modelo SMPB300 de la marca Senmao. A continuación en la tabla 7 se muestra su ficha de especificación:

Tabla 7 Máquina formadora.

Modelo	SMPB300
Energía	11kw
Peso	3200 kg
Voltaje	220 V/380V
Dimensiones	2700*1150*1580mm
Certificación	CE ISO 90001
<i>Tabla 7</i>	<i>Máquina formadora SMPB300 de Senmao</i> <i>Fuente: http://ow.ly/5e0i30p0tSW</i>

En la ilustración 16 se presenta la formadora SMPB300 de Senmao:

Ilustración 17 Máquina formadora.



J) PRENSA

La siguiente máquina es la prensa en la cual se lleva a cabo el proceso de aplicar presión a la mezcla para compactar las partículas junto con el adhesivo y así formar el tablero aglomerado, el modelo propuesto a emplear sería la prensa hidráulica caliente JY3848AX120 de la marca ZICAR. A continuación se muestra su ficha técnica:

Tabla 8 Prensa hidráulica caliente.

Modelo	JY3848AX120
Energía (W)	6.2kw
Dimensiones	1300*2500*42mm
Voltaje	380V, 50Hz
Peso	5600kg
Max. Total empuje	120 T(3.0 kg/cm ²)
Potencia del motor	4kw
<i>Tabla 8</i>	<i>Máquina prensa hidráulica caliente JY3848AX120 por ZICAR</i> <i>Fuente: http://ow.ly/ZDF030p0utp</i>

En la siguiente ilustración 17 se puede apreciar la presentación de la prensa propuesta hidráulica caliente JY3848AX120 de la marca ZICAR:

Ilustración 18 Prensa hidráulica.



Ilustración 17

Máquina prensa hidráulica caliente JY3848AX120 por ZICAR

Fuente: <http://ow.ly/ZDF030p0utp>

K) SIERRA

El serrado es el penúltimo paso, una vez que los tableros salieron de la prensa caliente y reposaron para su enfriamiento, pasan a ser cortados en las dimensiones que sean solicitados por la demanda de los clientes o también al tamaño estándar, este proceso se puede realizar con herramientas como el serrucho, sierra circular o sierra de cinta, para el procedimiento se utilizará una sierra circular profesional de 7-1/4" 1500 W marca Truper.

A continuación se presenta su ficha técnica en la tabla 9:

Tabla 9 Sierra circular.

Modelo	SICI-7-1/4A3
Diámetro del disco	184 mm
Potencia	1.5W
Espesor de sierra	1 mm
<i>Tabla 9</i>	Sierra circular 7-1/4" 1500 W marca Truper <i>Fuente:</i> http://ow.ly/pWYp30p0v1X

En la siguiente ilustración 18 se puede apreciar la sierra circular propuesta:

Ilustración 19 Sierra circular.

	
<i>Ilustración 18</i>	Sierra circular 7-1/4" 1500 W marca Truper <i>Fuente:</i> http://ow.ly/pWYp30p0v1X

L) LIJADO

El último paso para que los tableros aglomerados queden listos finalmente es el lijado, el cual se puede llevar a cabo con una lijadora de banda/cinta o una orbital, se pueden utilizar diferentes tipos de hojas, una gruesa para la remoción de los desechos en la superficie y una fina para suavizar más las superficies.

En la siguiente tabla se muestra la lijadora orbital para madera Dewalt 280w 5 pulgadas DW6421 que se propone emplear:

Tabla 10 Lijadora.

Modelo	Dw6421
Potencia	280 W
Superficie de lijado	5"
Velocidad de rotación	1200 rpm
Tipo	Orbital
<i>Tabla 10</i>	<i>Lijadora Dewalt DW6421</i> <i>Fuente: http://ow.ly/Hcnq30p0vJ6</i>

A continuación en la ilustración 19 se muestra la lijadora propuesta a emplear:

Ilustración 20 Lijadora.



Las máquinas y herramientas antes mencionadas son solo propuestas, pueden variar los modelos y capacidad de acuerdo a la disponibilidad que haya en ese momento y ajustes que se realicen.

3.6 MATERIALES.

Para el proceso de elaboración de tableros aglomerados de partículas, es necesario contar con herramientas y materiales que permitan llevar a cabo cada uno de los pasos antes mencionados para la fabricación del aglomerado, desde la trituración hasta el corte y lijado.

A continuación en la tabla 11 se muestra un listado de los materiales y herramientas a emplear:

Tabla 11 Materiales y herramientas a emplear.

Madera	
Resina	
Guantes de seguridad	
Lentes de seguridad	
Overol de trabajo	
Botas industriales	
Tapones	
Casco de seguridad	
Mesas de trabajos	
Herramientas	
<i>Tabla 11</i>	<i>Materiales y herramientas a emplear</i>

Para el nuevo proceso que la empresa “La ceiba” podría incluir en su catálogo de trabajo, aproximadamente solo se requerirán de 2 a 3 nuevos trabajadores más, por lo tanto las unidades de los materiales y herramientas al igual que los enseres estarán limitados, generando un costo mínimo en cuanto a EPP (equipo de protección personal) y las herramientas a emplear por cada obrero.

Cabe señalar que la empresa ya cuenta con algunos materiales y herramientas debido a que trabajan con ellos en los procesos que actualmente llevan a cabo con la madera es por ello que algunos pueden no estar contemplados en las tablas y análisis financiero.

Por otra parte, se necesita de recursos humanos los cuales son elementos trascendentales cuando se quiere poner en marcha cualquier proyecto, son un factor primordial en la marcha de una empresa, de ello depende el manejo y funcionamiento de los demás recursos.

Para la nueva área de tableros aglomerados que se desempeñaría en la empresa “La Ceiba”, se necesitarían trabajadores extras, principalmente se requerirían un operario y dos obreros; sin embargo se deben cubrir ciertas áreas que también resultan importantes para la ejecución del proyecto, se habla de un encargado de ventas y un almacenista, estos últimos simplemente se les daría una comisión extra por la extensión de sus servicios, ya que actualmente la empresa ya cuenta con personal en estas dos áreas de trabajo.

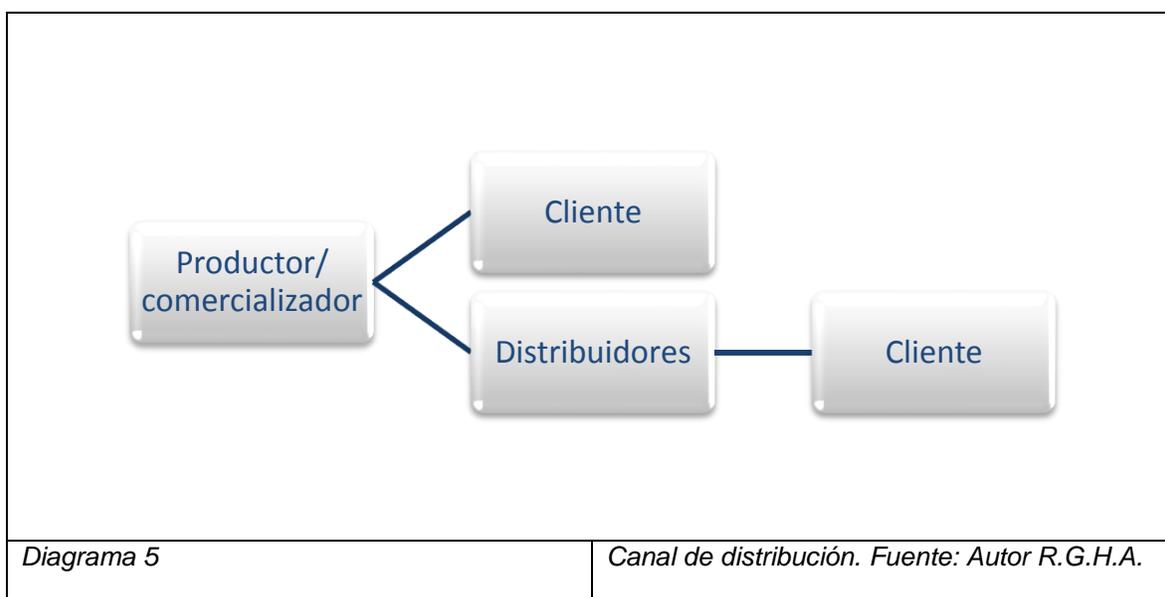
CAPITULO IV
ANÁLISIS FINANCIERO.

4. ANÁLISIS FINANCIERO.

4.1 COSTOS DE LOS TIPOS DE INVERSIÓN.

El análisis financiero resulta de suma importancia para cualquier empresa que desea ejecutar algún proyecto, ya que en base a este se resolverá la factibilidad o rentabilidad que tendrá dicho proyecto, permite a la compañía darse una idea de la situación financiera futura, así como de las condiciones generales de la empresa y de sus resultados

El producto se comercializará a través de los principales distribuidores de aglomerado en la región, los cuales actuaran como mayoristas intermediarios para llegar al cliente final. El producto también se comercializará directamente al cliente final, es decir se utilizara el siguiente canal de distribución que se muestra en el diagrama 5:



La determinación del precio del producto final, será en base a dos métodos:

- Método de fijación de precios basados en la competencia
- Método de fijación de precios basados en los costos de producción.

Para el primer método se realizó un análisis de la competencia de dos distribuidores de tableros aglomerados, en donde se comparan los precios que manejan cada uno de ellos, se muestran a continuación en las tablas 12 y 13:

Tabla 12 Precios de tableros aglomerados en ML.

Tablero de 1.22 x 2.44 – 19 mm	\$760.00
Tablero de 1.22 x 2.44 – 16 mm	\$700.00
Tablero de 1.22 x 2.44 – 12 mm	\$620.00
Tablero de 1.22 x 2.44 – 9 mm	\$590.00
<i>Tabla 12</i>	<i>Precios de tableros aglomerados en ML.</i>

Tabla 13 Precios de tableros aglomerados en HD.

Tablero de 1.22 x 2.44 – 16 mm	\$610.00
Tablero de 1.22 x 2.44 – 12 mm	\$530.00
Tablero de 1.22 x 2.44 – 8 mm	\$400.00
<i>Tabla 13</i>	<i>Precios de tableros aglomerados en HD.</i>

Cabe señalar que los precios pueden variar de acuerdo a temporadas ya que existen algunas bajas de materia prima en ciertas épocas del año, debido a factores ambientales u otros ajenos a la empresa.

A continuación en las tablas 14, y 15 se muestran las inversiones fijas y el capital de trabajo que se necesita para llevar arrancar el proceso:

Tabla 14 Inversiones fijas.

Descripción	Cantidad	Precio
Trituradora	1	\$70,000
Secadora	1	\$100,000
Tamiz giratorio	1	\$100,000
Encoladora	1	\$70,000
Moldeadora	1	\$110,000
Prensa	1	\$120,000
Sierra	1	\$4,000
Lijadora	1	\$7,000
Mesas de trabajo	2	\$10,000
Enseres	2	\$4500
Patín hidráulico	1	\$10,000
Carretillas	2	\$3,400

Tabla 14 *Inversiones fijas. Fuente: R.G.H.A.*

Cabe señalar que los precios de las maquinas a emplear para la fabricación de tableros aglomerados de partículas, son solo aproximados, ya que se ha considerado adquirir maquinas semi-nuevas debido a que la empresa no es muy grande, sin embargo se lograría reducir los costos finales de manera considerable para poder recuperar la inversión en un tiempo más corto.

Tabla 15 Capital de trabajo.

Descripción	Cantidad anual (kg)	Costo por kg	Costo anual total
Resina	11325.6	26	294,465.60
Madera	102960	0	0
Mano de obra directa			
Descripción	Cantidad	Pago mensual	Pago anual
Operario	1	2,500	30,000
Auxiliar	2	2,288	27,456
Carga fabril			
Descripción	Pago anual		
Energía eléctrica	\$28,000.00		
Agua	\$10,000.00		
Mantenimiento de las maquinas	\$34,721.20		
Tabla 15	Capital de trabajo. Fuente: Autor R.G.H.A.		

4.2 ESTUDIO FINANCIERO.

Tabla 16 Costos de producción.

Descripción	Costo anual
Materia prima	\$294,465.60
Mano de obra directa	\$84,912.00
Total	\$379,368.60
Tabla 16	Costos de producción. Fuente: Autor R.G.H.A.

Tabla 17 Costos variables.

Descripción	Costo
Materia prima	\$294,465.60
Mano de obra directa	\$84,912.00
Total	\$379,377.60

Tabla 17 Costos variables. Fuente: Autor R.G.H.A.

Tabla 18 Costos fijos.

Descripción	Costo
Servicios	\$48,500.00
Mano de obra indirecta	\$40,500.00
Mantenimiento del equipo	\$34,721.20

Tabla 18 Costos fijos. Fuente: Autor R.G.H.A.

Tabla 19 Estructura de ingresos.

Concepto	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Unidades producidas	3120	3276	3439	3611	3792
Ingresos	\$1,607,985.60	\$1,772,804.12	\$1,954,516.55	\$2,154,854.49	\$2,375,727.08

Tabla 19 Estructura de ingresos. Fuente: Autor R.G.H.A.

Tabla 20 Estado de resultados.

Año	1	2	3	4	5
Unidades producidas	3120.00	3276.00	3439.80	3611.79	3792.38
Precio	\$515.38	\$541.15	\$568.21	\$596.62	\$626.45
Ingresos	\$1,607,985.60	\$1,772,804.12	\$1,954,516.55	\$2,154,854.49	\$2,375,727.08
Costos de operación	\$ 521,783.60	\$ 563,526.29	\$ 608,608.39	\$ 657,297.06	\$ 709,880.83
Utilidad bruta	\$1,086,202.00	\$1,209,277.84	\$1,345,908.16	\$1,497,557.43	\$1,665,846.25
Gasto administrativo	\$ 52,500.00	\$ 56,700.00	\$ 61,236.00	\$ 66,134.88	\$ 71,425.67
Utilidad antes de impuestos	\$1,033,702.00	\$1,152,577.84	\$1,284,672.16	\$1,431,422.55	\$1,594,420.58
Utilidad neta	\$755,429.42	\$842,303.41	\$938,838.41	\$104,6083.60	\$116,5202.56
<i>Tabla 20</i>	<i>Estado de resultados. Fuente: Autor R.G.H.A.</i>				

4.3 EVALUACIÓN FINANCIERA.

Tabla 21 Valoración del proyecto.

Periodo	0	1	2	3	4	5
Utilidad	\$ 606,000.00	\$755,429.422	\$842,303.411	\$938,838.411	\$104,6083.60	\$116,5202.56
Tasa Interés		30%	30%	30%	30%	30%
Factor		1.3	1.69	2.197	2.8561	3.71293
VP	\$606,000.00	\$581,099.56	\$498,404.66	\$427,327.45	\$366,262.95	\$313,822.93
TIR	79%					
<i>Tabla 21</i>	<i>Valoración del proyecto. Fuente: Autor R.G.H.A.</i>					

De acuerdo al análisis financiero realizado, se obtiene que la inversión inicial que se necesita para iniciar el proyecto es de \$606,000.00 pesos mexicanos, obteniendo un costo unitario para cada tablero de \$184.00 pesos mexicanos que tendría un

precio en el mercado de \$512.00 pesos mexicanos obteniendo un margen de ganancia del 180%, por lo cual la capacidad de producción para el primer año sería de 3120 tableros, dando como resultado ingresos de \$651,000.00 pesos mexicanos, por lo tanto se deduce que en el primer año se recuperaría la inversión y además se tendría una ganancia de \$45,000.00 pesos mexicanos.

4.4 BENEFICIOS.

Para la empresa:

- La empresa resolvería su problema de sobre abasto de residuos, liberando el espacio para poder utilizarlo en otros sectores útiles.
- La compañía tendría una imagen más responsable.
- Resolver los problemas sociales que ha ocasionado: Por consecuente de la quema de los residuos y generación del CO₂, las quejas que han recibido no da una buena imagen a la empresa, el descontento de los vecinos desata una cadena de quejas, e incluso viola las normas del Reglamento del Servicio Público de Limpia y Disposición de Desechos.
- Se generaría un nuevo ingreso para la compañía, ayudando a que ésta crezca y en un futuro expandir la cantidad de tableros aglomerados producidos a una mayor escala.
- Se generaría para la empresa una imagen de aprovechamiento respecto al reciclaje de los residuos madereros, la cual podría contribuir a recibir conocimientos de calidad y también de ser una empresa socialmente responsable.
- Posicionamiento en la entidad y zona sur del estado de Veracruz.

Para el público en general:

- Disminuir la contaminación que genera la compañía: Al no tener un programa de gestión de los residuos, estos se queman a cielo abierto dando a la generación de CO₂, que es un problema de contaminación para el medio ambiente.
- Además se podría disminuir el porcentaje de plagas como lo son ratas, cucarachas, mosquitos, etc., que desencadena la acumulación de los residuos madereros, sobre todo en épocas de lluvias, cuando se humedecen empeora ya que es un foco de más enfermedades y plagas.
- Se abrirían nuevas vacantes de empleo para trabajadores en la compañía, contribuyendo al sector social.
- Contribuiría a una reactivación empresarial, abriendo nuevas plataformas en ramas de ingeniería ambiental, administración de empresas, ingeniería industrial, entre otras, dando lugar a evitar la emigración de profesionistas a otras zonas fuera de la región.
- Posibilidad de la creación de nuevos proyectos a partir de esta propuesta, inspirando a nuevas investigaciones para posteriores trabajos de tesis o para las empresas madereras y afines.

4.5 VENTAJAS.

Para la empresa:

- La empresa podría expandir la distribución de sus productos llegando a nuevos clientes y distribuidores cubriendo sus necesidades.
- Ofrecer costos más accesibles frente a la competencia.
- Expandir el catálogo de productos que ofrece la empresa.
- Para la producción de tableros aglomerados, el 50% de la materia prima que se necesita es la madera, por lo tanto se economizarían la mitad de la inversión inicial, debido a que la empresa genera los residuos necesarios de madera para que la compañía produzca los tableros aglomerados.
- Producir tableros aglomerados mediante una de las técnicas más limpias que existe de reaprovechamiento, el cual es el reciclaje de madera.
- Dar a conocer sus productos en diferentes sectores de la región mediante la publicidad que se añadió al análisis de costos.

Para el público en general:

- Las personas o microempresas que se dedican a la fabricación de mobiliarios para casas, oficinas, escuelas, etc. Podrían adquirir los tableros aglomerados que requieren para sus trabajos a un menor costo o precios especiales por mayoreo.

- El aglomerado ofrece una alternativa económica a la madera sólida, lo cual lo hace una buena opción para trabajar en muebles de uso doméstico, escolar, de oficina, de prácticas, entre otros.
- Menos árboles serían talados si los consumidores eligen más aglomerado de madera, contribuyendo al sector ecológico.
- Los tableros aglomerados son un material resistente que soportan bien bajo presión, por lo tanto puede ser manipulado de varias maneras en los diferentes sectores de trabajo para los que serán destinados.
- Se puede simular cualquier tipo o acabado de madera, y puede ser hecho para parecer de la mejor calidad de madera, sin nudos ni defectos.

4.6 RECOMENDACIONES.

- Respetar las cantidades de las proporciones, y requerimientos de materia prima para no afectar la calidad del tablero.
- Este proyecto puede ser el inicio de la automatización completa de la producción de aglomerado, por lo tanto la empresa podría proyectarse a futuro a invertir en todo el resto de maquinarias, para aumentar la capacidad de producción o producir tableros de mayor tamaño.
- A futuro se podría importar la resina en polvo para ser procesada en la fábrica, con el objetivo de disminuir los costos de materia prima.
- Se podrían planificar otros proyectos respecto a otros diferentes usos de los residuos de madera, como por ejemplo la exportación de madera reciclada a otras empresas trasnacionales.

CONCLUSIÓN.

Se obtuvo en la presente investigación que se podría iniciar el proyecto con una inversión inicial de \$606,000.00 pesos, obteniendo un costo unitario para cada tablero de \$184.00 pesos, obteniendo un margen de ganancia del 180%, el cual se posicionaría en el mercado con un precio en el mercado de \$512.00 pesos, aproximadamente 20% más barato a diferencia del precio de la competencia.

En cuanto a la capacidad de producción para el primer año se infiere que sería de 3120 tableros, dando como resultado ingresos de \$651,000.00 pesos mexicanos, por lo tanto se deduce que en el primer año se recuperaría la inversión inicial y además se tendría una ganancia neta de \$45,000.00 pesos mexicanos.

De acuerdo a los datos obtenidos en el análisis financiero antes mencionados, se considera una propuesta rentable, ya que los resultados son favorables como lo demuestra el TIR (Tasa Interna de Retorno) = 79%, que es positivo y por lo tanto viable para la empresa.

Además con la implementación de esta propuesta la empresa “La Ceiba” lograría producir una nueva línea de productos.

De igual forma con la ejecución de esta propuesta se podrían abrir nuevas ramas de investigación que den pie a nuevas propuestas y proyectos futuros, como por ejemplo las rutas y redes de distribución de los tableros aglomerados, en los que estaría más ligado a la optimización del transporte.

La implementación de esta propuesta traería cambios significativos en la imagen que da la empresa hacia sus clientes, el mercado, y la sociedad en general, ya que su aportación para erradicar los daños que la compañía produce hacia la ecología es un gran paso que deja en alto el nombre de la empresa.

La ingeniería industrial trata precisamente de modelar procesos, estudiando las oportunidades de crecimiento y buscando reducir las mermas, como ocurre en esta investigación, donde al transcurso del fortalecimiento para buscar respuestas al problema que generan los residuos, se da una aproximación a la solución posible con una rentabilidad favorable, que no solo se enfoca en la ganancia monetaria, sino también en las ventajas hacia un mejor enfoque empresarial.

GLOSARIO.

A

Aglutinante

Un aglutinante o medio en pintura es una sustancia que alberga en su seno el pigmento y lo mantiene fijo al soporte. 50, 54

Agricultura

Conjunto de actividades y conocimientos desarrollados por el hombre, destinados a cultivar la tierra y cuya finalidad es obtener productos vegetales para la alimentación del ser humano y del ganado. 10, 23, 114

Aprovechamiento Sustentable

se refiere al uso o explotación de un recurso mediante un proceso de extracción, transformación, o valoración que permite o promueve su recuperación, de modo que garantiza su renovación y permanencia en el largo plazo. 22

Aserradero

Lugar donde se sierra madera, en especial troncos. 23, 30, 31, 73

Aserrín

Polvo o conjunto de partículas que se desprenden de la madera al serrarla.... 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 24, 31, 32, 33, 37, 48, 49, 59, 61, 62, 76, 115

B

Biodiversidad

Diversidad de especies vegetales y animales que viven en un espacio determinado. 22, 38, 42

C

Celulosa

Sustancia sólida, blanca, amorfa, inodora y sin sabor, e insoluble en agua, alcohol y éter, que constituye la membrana celular de muchos hongos y vegetales 25

Comisión Nacional Forestal

desarrollar, favorecer e impulsar las actividades productivas, de conservación y restauración en materia forestal 20, 23, 24

Composta

es un producto obtenido a partir de diferentes materiales de origen orgánico, los cuales son sometidos a un proceso biológico controlado de oxidación denominado compostaje..... 59, 61

Compostaje

El compostaje es un proceso de transformación de la materia orgánica para obtener compost, un abono natural. 59, 60, 114

Coníferas

Subdivisión de plantas gimnospermas (árboles y arbustos) de tronco recto, ramas horizontales, de forma cónica, hojas perennes, en forma de escamas o agujas, flores unisexuales y fruto en forma de piña. 18

Contrachapados

Que está hecho de varias capas finas de madera pegadas de modo que sus fibras queden entrecruzadas. 22, 32, 65, 66, 85

D

Desarrollo Forestal Sustentable

Hace referencia a la coordinación de esfuerzos y acciones en materia de investigación, desarrollo, e innovación para el sector forestal del país. 20

Desarrollo Sostenible

aquel desarrollo que es capaz de satisfacer las necesidades actuales sin comprometer los recursos y posibilidades de las futuras generaciones. 39, 46

E

Ebanistería

Técnica de trabajar las maderas finas y de construir muebles de calidad con ellas. 22, 31

Ecología

Parte de la biología que estudia las relaciones de los seres vivos entre sí y con el medio en el que viven.5

Ecosistemas
Sistema biológico constituido por una comunidad de seres vivos y el medio natural en que viven.10, 20, 22, 38, 39, 42

ENAIPROS
Promover el aprovechamiento sustentable de los recursos forestales a través de la organización y fortalecimiento de los productores, la aplicación de técnicas silvícolas apropiadas y estrategias de modernización, financiamiento y comercialización que permitan incrementar la producción, conservar la biodiversidad y mejorar las condiciones de vida de los dueños y poseedores de los recursos y de la población de las regiones forestales productoras del país23

F

FAO
Su función principal es conducir las actividades internacionales encaminadas a erradicar el hambre. 22, 31, 48

G

Gestión
Acción o trámite que, junto con otros, se lleva a cabo para conseguir o resolver una cosa. ..38, 63, 109

I

Industrialización
Desarrollo de la actividad industrial en una región o país implantando en él industrias o desarrollando las que ya existen. 23, 24, 25

Innovación
Innovación es un cambio que introduce novedades, y que se refiere a modificar elementos ya existentes con el fin de mejorarlos.....38, 45

L

Lignina

La lignina es una clase de polímeros orgánicos complejos que forman materiales estructurales importantes en los tejidos de soporte de plantas vasculares y de algunas algas.25, 28

Lignocelulósicos

Lignocelulosa se refiere a la materia seca vegetal, llamada biomasa lignocelulósica. Es la materia prima más abundante disponible en la Tierra para la producción de biocombustibles, principalmente bioetanol. 53

M

Madera

Sustancia dura y fibrosa que forma el tronco y las ramas de los árboles. 5, 6, 8, 9, 10, 11, 13, 14, 18, 20, 22, 23, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 36, 37, 40, 45, 49, 50, 51, 53, 55, 56, 57, 59, 61, 63, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 73, 74, 75, 76, 78, 83, 85, 88, 89, 90, 91, 97, 99, 110, 111, 112, 114, 115

Manejo forestal

rama de la ingeniería forestal o ingeniería de montes que se ocupa de las actividades administrativas, económicas, legales, sociales, etc. de los bosques, y que sigue principios científicos y técnicos de silvicultura, protección y regulación.19, 23, 41

MDF

Tableros de madera aglomerada de densidad media. 24, 51, 52, 53, 69, 70

O

Oyamel
Especie de árbol de tronco grueso. 18

R

Reciclaje

El reciclaje es un proceso cuyo objetivo es convertir desechos en nuevos productos o en materia prima para su posterior utilización. 5, 6, 9, 10, 12, 14, 37, 40, 44, 45, 46, 49, 64, 68, 71, 74, 108, 110, 114

Residuos

Materia inservible que resulta de la descomposición o destrucción de una cosa. ... 5, 6, 8, 9, 10, 11, 12, 14, 31, 32, 37, 39, 40, 44, 45, 46, 47, 48, 56, 59,

60, 61, 64, 65, 74, 75, 76, 79, 87, 91, 108, 109,
110, 112, 114

Tablero aglomerado de madera a partir de partículas
de madera..... 51, 53, 56, 58, 64, 76

S

Silvicultura

Conjunto de actividades relacionadas con el cultivo,
el cuidado y la explotación de los bosques y los
montes 23, 25, 39

Sostenibilidad

Cualidad de sostenible, especialmente las
características del desarrollo que asegura las
necesidades del presente sin comprometer las
necesidades de futuras generaciones. 45, 65

T

Tableros aglomerados

Los tableros aglomerados son materiales estables y
de consistencia uniforme. Los tableros
construidos con finas partículas tienen
superficies totalmente lisas y resultan muy aptos
como base para un posterior recubrimiento.....5,
13, 49, 50, 51, 53, 57, 58, 68, 69, 74, 76, 78, 79,
80, 81, 82, 83, 87, 88, 96, 98, 99, 102, 103, 108,
110, 111, 113

Tableros de fibras

Es un tablero que se obtiene aplicando presión y
calor a fibras de madera a las que se ha añadido
previamente un adhesivo.... 23, 51, 52, 56, 58, 76

Tableros de partículas

U

Urea formaldehído

es un tipo de resina o adhesivo cuya principal
propiedad es que, una vez moldeada, no se
ablanda con el calor sino que se endurece debido
a su estructura interna. 54, 77, 85, 86

V

Vertedero

Lugar donde se vierte basuras, residuos o
escombros, generalmente situado a las afueras
de una población. 46

Viruta

Tira fina y enrollada en espiral que sale de la
madera o de un metal al pulirlo o rebajarlo con
algún instrumento cortante.... 8, 9, 10, 11, 12, 13,
14, 32, 34, 35, 36, 37, 76

X

Xilología

Ciencia que estudia los caracteres estéticos,
estructurales, físicos, mecánicos, químicos y
anomalías de la madera..... 25

LISTA DE TABLAS.

<i>Tabla 1 Cobertura Forestal en las Unidades Regionales de Manejo Forestal del Estado</i>	22
<i>Tabla 2 Especificaciones técnicas de la resina.</i>	87
<i>Tabla 3 Trituradora.</i>	89
<i>Tabla 4 Secadora.</i>	91
<i>Tabla 5 Tamiz giratorio.</i>	93
<i>Tabla 6 Mezcladora.</i>	95
<i>Tabla 7 Máquina formadora.</i>	96
<i>Tabla 8 Prensa hidráulica caliente.</i>	97
<i>Tabla 9 Sierra circular.</i>	99
<i>Tabla 10 Lijadora.</i>	100
<i>Tabla 11 Materiales y herramientas a emplear.</i>	102
<i>Tabla 12 Precios de tableros aglomerados en ML.</i>	106
<i>Tabla 13 Precios de tableros aglomerados en HD.</i>	106
<i>Tabla 14 Inversiones fijas.</i>	107
<i>Tabla 15 Capital de trabajo.</i>	108
<i>Tabla 16 Costos de producción.</i>	108
<i>Tabla 17 Costos variables.</i>	109
<i>Tabla 18 Costos fijos.</i>	109
<i>Tabla 19 Estructura de ingresos.</i>	109
<i>Tabla 20 Estado de resultados.</i>	110
<i>Tabla 21 Valoración del proyecto.</i>	110

LISTA DE ILUSTRACIONES.

<i>Ilustración 1 Macro localización de Agua Dulce, Veracruz.</i>	19
<i>Ilustración 2 Etapas de la producción industrial de madera.</i>	32
<i>Ilustración 3 Aserrín derivado de la madera.</i>	35
<i>Ilustración 4 Viruta de madera.</i>	38
<i>Ilustración 5 Tablero de partículas.</i>	53
<i>Ilustración 6 Tablero de fibras.</i>	54
<i>Ilustración 7 Proceso de producción para tableros de partículas.</i>	57
<i>Ilustración 8 Proceso para la producción de tableros de fibras.</i>	60
<i>Ilustración 9 Compost de aserrín.</i>	63
<i>Ilustración 10 Localización de la empresa "La ceiba".</i>	75
<i>Ilustración 11 Trituradora.</i>	90
<i>Ilustración 12 Secadora.</i>	92
<i>Ilustración 13 Secadora.</i>	92
<i>Ilustración 14 Tamiz giratorio.</i>	94
<i>Ilustración 15 Mezcladora.</i>	95
<i>Ilustración 16 Máquina formadora.</i>	96
<i>Ilustración 17 Prensa hidráulica.</i>	98
<i>Ilustración 18 Sierra circular.</i>	99
<i>Ilustración 19 Lijadora.</i>	100

BIBLIOGRAFÍA.

Básica:

- Capistran, F. (1994). Manual de reciclaje, compostaje y lombricompostaje. Veracruz: Instituto de Ecología A.C.
- Tchobanoglous, G. (1994). Gestión integral de residuos sólidos. Madrid.
- Fueyo Luis (1999). Equipos de trituración, molienda y clasificación. Tecnología, Diseño y Aplicación. Madrid Rocas y Minerales.
- MARKS: Manual del ingeniero mecánico. McGraw-Hill. Buameister, Theodore. Avallone, Eugene A.
- Almeida M. (1986) Resultados del censo de industrias, aserraderos y depósitos de madera. Quito - Ecuador: Ministerio de agricultura y ganadería.

De consulta:

- Aglomerados Cotopaxi ACOSA www.cotopaxi.com.ec
- NORMAS OFICIALES MEXICANAS
- NOM de los residuos de manejo especial.
http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5286505&fecha=01/02/2013
- NOM límites permisibles de emisiones e incineración
<http://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/agenda/PPD02/DO343.pdf>

- Macro localización de Agua Dulce, Veracruz. <http://www.inegi.org.mx/> , Google Maps.
- Cobertura Forestal en las Unidades Regionales de Manejo Forestal del estado. INEGI, 2006/ SEDARPA, 2006, <http://ow.ly/g8SY30mQXtS>
- Primeras etapas de la producción industrial de madera. <http://ow.ly/daNZ30mQXEc>
- Aserrín derivado de la madera. Depositphotos <http://ow.ly/HeRf30nRC2T>
- Viruta de madera. Soitem <http://ow.ly/1deP30nRCeC>
- Tablero de partículas. Fuente: Periódico hora 25 forestal blog.
- Tableros de fibra. Fuente: Maderea.es, 2016
- Tableros de partículas. Fuente: Bruschenko Blog, 2013
- Tablero de fibras. Fuente: Bruschenko Blog, 2013
- Fabricación de tableros aglomerados y MDF <https://www.youtube.com/watch?v=m80zcgzU4xY>
- Así se hace el aglomerado de madera <https://www.youtube.com/watch?v=Tam4v4HZN-Q>
- Fabricación madera aglomerada <https://www.youtube.com/watch?v=YgXecJ4n-UM>
- Compost con aserrín. Fuente: YouTube <https://www.youtube.com/watch?v=JfXtZaeckKk>
- Empresa maderera “La ceiba”. Fuente: Google Maps <https://www.google.com.mx/maps>

- Especificaciones técnicas de la resina. Fuente: Repositorio T-ESPEL. (Tesis). <https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/4025/1/T-ESPEL-0088.pdf>
- Ministerio del medio ambiente. (1995). Guía Técnica para el manejo de Escombros de la obras de Construcción. Recuperado de <http://biblovirtual.minambiente.gov.co:3000/DOCS/MEMORIA/MMA-0017/MMA-0017.pdf>