



U. M. S. N. H.

Facultad de Ingeniería en Tecnología de la Madera.

Influencia del contenido de humedad y la densidad de la materia prima en la fabricación de tableros aglomerados de partículas de madera, en Rexcel (Planta Vikingo).

T E S I N A

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE INGENIERO EN TECNOLOGIA DE LA MADERA.

Presenta.

Gustavo Colín Yopez.

Director de tesina:

Dr. David Raya González.

MORELIA MICH.,

FEBRERO DEL 2010.

Oficio de aprobación de impresión de tesina.

Índice.

| | |
|--|----|
| 1. Relación figuras, cuadros y anexos..... | 4 |
| 2. Resumen..... | 7 |
| 3. Introducción..... | 8 |
| 4. Antecedentes..... | 10 |
| 5. Descripción general del proceso..... | 13 |
| 6. Hipótesis..... | 15 |
| 7. Objetivos..... | 15 |
| 7.1. Objetivo general..... | 15 |
| 7.2. Objetivos particulares..... | 15 |
| 8. Materiales y Metodología..... | 16 |
| 8.1. Materiales..... | 16 |
| 8.2. Metodología..... | 16 |
| 8.2.1. Identificación de la muestra..... | 16 |
| 8.2.2. Recolección de la muestra..... | 16 |
| 8.2.3. Determinación de densidad, base seca y base húmeda..... | 17 |
| 8.2.4. Determinación del contenido de humedad, base seca y base húmeda..... | 20 |
| 9. Resultados..... | 22 |
| 9.1. Resultados de contenidos de humedad y densidad, base seca y base húmeda..... | 22 |
| 9.1.1. Aserrín..... | 22 |
| 9.1.2. Viruta de pino..... | 23 |
| 9.1.3. Viruta de encino..... | 25 |
| 9.1.4. Astilla de pino..... | 26 |
| 9.1.5. Astilla de encino..... | 28 |
| 9.1.6. Celulósicos de coníferas..... | 29 |
| 9.1.7. Celulósicos de latifoliadas..... | 31 |

| | |
|--|----|
| 9.2. Variación de la densidad por lugar de origen..... | 33 |
| 9.2.1. Aserrín..... | 33 |
| 9.2.2. Viruta de pino..... | 34 |
| 9.2.3. Viruta de encino..... | 35 |
| 9.2.4. Astilla de pino..... | 36 |
| 9.2.5. Astilla de encino..... | 37 |
| 9.2.6. Celulósicos de coníferas..... | 38 |
| 9.2.7. Celulósicos de latifoliadas..... | 39 |
| 10. Discusión..... | 40 |
| 11. Conclusiones..... | 41 |
| 12. Recomendaciones..... | 42 |
| 13. Bibliografía..... | 43 |
| 14. Anexos..... | 44 |

1. Relación de figuras, cuadros y anexos.

Figuras.

| | |
|--|----|
| 1. Recolección de muestra en cono..... | 17 |
| 2. Recolección de muestra en camión..... | 17 |
| 3. Pesado y tara de recipiente para astillas..... | 18 |
| 4. Pesado y tara de recipiente para aserrín y virutas..... | 18 |
| 5. Introducción y pesado de muestras para astilla..... | 19 |
| 6. Introducción y pesado de muestras para aserrín y virutas..... | 19 |
| 7. Obtención de pesos para la determinación del C.H. (aserrín)..... | 20 |
| 8. Obtención de pesos para la determinación del C.H. (virutas)..... | 21 |
| 9. Obtención de pesos para la determinación del C.H. (astillas)..... | 21 |
| 10. Gráfica del comportamiento del C.H. BS y BH (aserrín)..... | 22 |
| 11. Gráfica del comportamiento de la densidad BS y BH (aserrín)..... | 23 |
| 12. Gráfica del comportamiento del C.H. BS y BH (viruta de pino)..... | 24 |
| 13. Gráfica del comportamiento de la densidad BS y BH (viruta de pino)... | 24 |
| 14. Gráfica del comportamiento del C.H. BS y BH (viruta de encino)..... | 25 |
| 15. Gráfica del comportamiento de la densidad BS y BH (viruta de encino)..... | 26 |
| 16. Gráfica del comportamiento del C.H. BS y BH (astilla de pino)..... | 27 |
| 17. Gráfica del comportamiento de la densidad BS y BH (astilla de pino)..... | 27 |
| 18. Gráfica del comportamiento del C.H. BS y BH (astilla de encino)..... | 28 |
| 19. Gráfica del comportamiento de la densidad BS y BH (astilla de encino)..... | 29 |
| 20. Gráfica del comportamiento del C.H. BS y BH (celulósico de coníferas)..... | 30 |
| 21. Gráfica del comportamiento de la densidad BS y BH (celulósico de | |

| | |
|--|----|
| coníferas)..... | 30 |
| 22. Gráfica del comportamiento del C.H. BS y BH (celulósico de latifoliadas)..... | 31 |
| 23. Gráfica del comportamiento de la densidad BS y BH (celulósico latifoliadas)..... | 32 |
| 24. Gráfica de la Variación de la densidad por zona (aserrín)..... | 33 |
| 25. Gráfica de la Variación de la densidad por zona (viruta de pino)..... | 34 |
| 26. Gráfica de la variación de la densidad por zona (viruta de encino)..... | 35 |
| 27. Gráfica de la variación de la densidad por zona (astilla de pino)..... | 36 |
| 28. Gráfica de la variación de la densidad por zona (astilla de encino)..... | 37 |
| 29. Gráfica de la variación de la densidad por zona (celulósicos de coníferas)..... | 38 |
| 30. Gráfica de la variación de la densidad por zona (celulósicos de latifoliadas)..... | 39 |

Cuadros.

| | |
|--|----|
| 1- Resultados promedios de los contenidos de humedad y densidades tanto base seca como húmeda del aserrín..... | 22 |
| 2. Resultados promedios de los contenidos de humedad y densidades tanto base seca como húmeda de la viruta de pino..... | 23 |
| 3. Resultados promedios de los contenidos de humedad y densidades tanto base seca como húmeda de la viruta de encino..... | 25 |
| 4. Resultados promedios de los contenidos de humedad y densidades tanto base seca como húmeda de la astilla de pino..... | 26 |
| 5. Resultados promedios de los contenidos de humedad y densidades tanto base seca como húmeda de la astilla de encino..... | 28 |

| | |
|--|----|
| 6. Resultados promedios de los contenidos de humedad y densidades tanto base seca como húmeda de los celulósicos (coníferas)..... | 29 |
| 7. Resultados promedios de los contenidos de humedad y densidades tanto base seca como húmeda de los celulósicos (latifoliadas)..... | 31 |
| 8. Variación de la densidad por zona (aserrín)..... | 33 |
| 9. Variación de la densidad por zona (viruta de pino)..... | 34 |
| 10. Variación de la densidad por zona (viruta de encino)..... | 35 |
| 11. Variación de la densidad por zona (astilla de pino)..... | 36 |
| 12. Variación de la densidad por zona (astilla de encino)..... | 37 |
| 13. Variación de la densidad por zona (celulósicos de coníferas)..... | 38 |
| 14. Variación de la densidad por zona (celulósicos de latifoliadas)..... | 39 |

Anexos.

| | |
|--|----|
| 1. Resultados obtenidos (aserrín)..... | 44 |
| 2. Resultados obtenidos (viruta de pino)..... | 45 |
| 3. Resultados obtenidos (viruta de encino)..... | 46 |
| 4. Resultados obtenidos (astilla de pino)..... | 47 |
| 5. Resultados obtenidos (astilla de encino)..... | 48 |
| 6. Resultados obtenidos (celulósicos de coníferas)..... | 49 |
| 7. Resultados obtenidos (celulósicos de latifoliadas)..... | 50 |

2. Resumen.

El tablero aglomerado que se produce en Rexcel (planta vikingo), es elaborado a partir de desperdicios de aserradero y desperdicios del monte, tales como; tiras con corteza y sin corteza, pedacera de madera, brazuelo con corteza y brazuelo sin corteza, virutas, aserrín y material celulósico principalmente como: oyamel, pino, frutales y eucalipto.

El presente trabajo se realizó dentro de las instalaciones de la planta ubicada en el municipio de Zitácuaro, Michoacán, con la colaboración de tres áreas (recepción de materias primas, molinos y el laboratorio de proceso), y consta principalmente de la obtención de contenidos de humedad base seca y base húmeda, así como la determinación de las densidad base seca y base húmeda.

Para realizar las determinaciones se seleccionaron proveedores de forma aleatoria como un primer paso, seguido de la recolección de muestras, identificación de la misma y obtención de resultados. El número de muestras mínimas para realizar este trabajo fue de 15 muestras por materia prima.

Las materias primas se agruparon en el siguiente orden: Aserrín, Viruta de pino, Viruta de encino, Astilla de pino, Astilla de encino, Celulósico de coníferas y Celulósicos de latifoliadas. Ya obtenidos los resultados de la humedad y densidad se consiguió la determinación de la variación de la densidad por zona de procedencia de la materia prima, así como la variación de la humedad dependiendo de la época del año (secas y lluvias) para cada una de las materias primas evaluadas, dándonos resultados cercanos a los permitidos en la planta y teniendo rendimientos óptimos de cada una de las materias primas muestreadas.

3. Introducción.

En el año de 1964 Rexcel marca el liderazgo en México en la fabricación de laminados decorativos de alta presión. A partir de los años 70's inicia la fabricación de laminados decorativos a baja presión; En 1981 en la zona de San Felipe de los Alzati Zitácuaro, Mich., con la planta vikingo, dedicada desde su inicio a la fabricación de tableros aglomerados. En el año 2005 adquiere la planta de tableros aglomerados "Ponderosa" en Chihuahua.

El tablero aglomerado se produce a partir desperdicios de aserradero, monte y material celulósico, Esta materia prima se transforma primeramente en hojuelas (los desperdicios sólidos) y el aserrín al igual que las virutas se limpian con equipos especiales para este fin. Posteriormente, estas partículas se secan a contenidos de humedad constantes para luego aglutinarlas con resinas de urea formaldehído y prensarlas a altas temperaturas, formando así un tablero rígido con características propias.

Debido a la gran diversidad de materiales existentes actualmente en planta se hace necesario el uso de diversos equipos de transformación para su alimentación al proceso. Asimismo, el manejo, almacenamiento y alimentación de esa materia prima forestal al proceso de transformación se tornan cada vez más complejos y delicados, requiriéndose controles mucho más estrictos y un mayor conocimiento del impacto que se logra con la adecuada transformación de estos materiales al proceso de fabricación del aglomerado y a la calidad misma.

El tablero aglomerado fabricado por Rexcel S. A. de C. V. Planta Vikingo es La materia prima utilizada por muchas fábricas dedicadas a la elaboración de muebles o mobiliario en general, es por esto que trabaja con los estándares de calidad más exigentes utilizados en el medio durante los últimos años.

La materia prima utilizada en la planta es recibida con parámetros ya establecidos internamente, esta misma materia tiene una gran variedad de presentaciones (especies y dimensiones), en la planta se utilizan preferentemente aquellas maderas cuyo peso específico no supere o este muy cerca de los 0.600 g/cm^3 , en cualquier caso en la planta cuidan que la densidad de la materia prima sea menor que la del tablero final.

Maderas densas y con humedades altas condicionan mucho el proceso de fabricación, en cuanto a las dimensiones de esta materia, se está utilizando madera en rollo o raja de cortas dimensiones, así como residuos de diferentes industrias que se dedican a la transformación de la madera, además de que estas industrias están cerca y por lo tanto reducen costos de flete, así mismo se consume astilla de origen externo.

La humedad de la madera juega un papel muy importante en la dosificación y prensado del mismo tablero, ya que esta sirve de vehículo para el transporte rápido de energía calorífica, y por otro lado facilitando la deformación plástica y por lo tanto se mejora la adhesión y la transmisión de esfuerzos (L. García, A. Guindeo, C. Perza, P. de Palacios 2002).

Este trabajo se realizó en coordinación con las áreas de recepción de materias primas forestales, molinos y el laboratorio de proceso, se determinaron las densidades y el contenido de humedad (C.H.), base seca y base húmeda de cada uno de las materias primas forestales recibidas en planta, así como el impacto que tienen estas dos propiedades de la madera en el proceso de fabricación del tablero aglomerado.

4. Antecedentes.

García *et al.*, 2002 mencionan que la progresiva dificultad para encontrar madera de grandes escuadrías, y la demanda de soluciones estructurales que permitieran cubrir grandes claros, de la misma forma que se hace con acero y hormigón armado, hizo que se pensara en soluciones consistentes en unir mediante encolado piezas o partículas de madera de pequeñas dimensiones.

También mencionan que inicialmente se intentó fabricar los tableros con aserrín, pensando que sería un producto homogéneo, que a su vez beneficiaría de una materia prima económica, se utilizaron en estos tableros primitivos, adhesivos de caseína y de fenol-formaldehído. Este último en los años 30 se encontraba en pleno desarrollo.

Así de esta manera afirman que la primera referencia bibliográfica de la industria de tableros de partículas data del año 1887, siendo su autor el técnico alemán **Erns Hubaart**, correspondiendo a la obra "La utilización de residuos de madera". Sin embargo, hubo que esperar hasta 1910 para fabricar viruta de las características adecuadas y aplicar prensas de platos calientes en una planta piloto. En 1941, se presentó el proceso de tres capas con distinto contenido de humedad en las capas internas y externas, poniendo en marcha la innovación tecnológica patentada en Suiza en 1943.

Finalmente los autores mencionan que una vez encontrado el fundamento científico de la producción de tableros de partículas, la investigación se encaminó a fijar las condiciones óptimas para su explotación industrial.

Por otra parte Ángeles Ornelas, (1990) menciona que en la actualidad, se han desarrollado nuevas técnicas y equipos para producir la gran variedad de tableros aglomerados de diferentes densidades, durezas, componentes y diferentes materias primas.

Como el peso y el volumen de una madera está afectado por el porcentaje de humedad, al hablar de densidad se debe siempre significar la humedad a la que está hecha la medida, es decir que se debe hablar de densidad de la madera a una determinada humedad como puede ser en 0% (densidad anhidra), del 12% (densidad normal) o a otra humedad de la madera.

Kollmann, (1959) hace referencia a la **densidad específica** de una madera, como una relación entre el peso seco (P_0) de la madera y el volumen verde (V_V) de la madera cuando esta tiene una humedad al punto de saturación de la fibra (PSF).

El estudio tecnológico de las relaciones entre el agua y la madera, es seguramente, el más importante de todos los que dependen de este material, dado que, afecta a la mayoría de los procesos de transformación de la madera. El comportamiento y las características de la madera, están directamente influenciadas por el contenido de humedad.

Por su parte Vignote y Jiménez, (1986). Mencionan que la humedad de la madera influye de forma determinante en la concepción de procesos de transformación de la madera

Samano Sánchez, (1988) investigó sobre el contenido de humedad de las materias primas que ingresan a una planta productora de tablero aglomerado y menciona que es de suma importancia ya que dará tiempo de almacenamiento y rendimientos diferentes dependiendo de este contenido. Los contenidos de humedad pueden variar dependiendo de la materia prima, pero en general estos no deben exceder del 80% y no traer menos del 30%

Son pocos los procesos madereros en los cuales el contenido de humedad tiene tanta importancia. Un cambio de menos del 1% en el contenido de humedad de las partículas, pueden influir sensiblemente en la calidad y espesor de un tablero.

Como la fabricación de tableros aglomerados depende esencialmente de la aglutinación de las partículas, es indispensable ejercer el más cuidadoso control del contenido de humedad de la materia prima.

Es conveniente que el contenido de humedad de las partículas sea uniforme. Un excesivo contenido de humedad extiende el tiempo de prensado y causa problemas de laminación, por otro lado un sobresecado causaría problemas con la resina.

Finalmente Ángeles Ornelas, (1990) menciona que el contenido de humedad y su distribución son reflejadas en la densidad del tablero y de aquí sus propiedades físicas.

5. Descripción general del proceso.

Molienda. Aquí se prepara la madera para el secado; la cual consiste en producir las hojuelas a partir de astillas y celulósico, además de la limpieza de aserrín y viruta.

Secado y clasificación. El secado consiste en disminuir la cantidad de agua contenida en las hojuelas, aserrín y viruta a una humedad de 3-5%, en un secador rotatorio. La clasificación de las partículas consiste en seleccionar aquellas que se utilizarán tanto en las capas externas como en la capa interna.

Dosificación de reactivos. En esta fase del proceso, en tanques especiales, se encuentran almacenados los reactivos que serán utilizados en el encolado de las partículas. De cada uno de estos tanques se bombea automáticamente el componente hacia su encoladora respectiva.

Encolado. En esta fase se lleva a cabo la adición de reactivos a las hojuelas, por medio de las encoladoras.

Formado. En esta fase del proceso, en una carpeta de acero se forman los colchones de tres capas, auxiliándose para ello de tres espreadoras (la primera para la capa inferior, la segunda para la capa interna y una tercera para la capa superior).

Prensado. Durante el proceso de prensado es donde el tablero adquiere sus propiedades características. Consiste en someter el material a condiciones de presión (30-32 kg/cm²) y temperatura (160-190°C) durante determinado tiempo de acuerdo al espesor a producir.

Enfriado. Debido a que los tableros son extraídos de la prensa a temperaturas del orden de 80°C., requieren de un enfriamiento antes de ser estibados o lijados. El enfriado se lleva a cabo en espesores de 9.0 a 32 mm en la estrella de enfriamiento.

Corte y escuadrado. Consiste en cortar los lados longitudinales del tablero a un ancho de 2.44 m y los transversales son cortados a 90° con respecto a los

longitudinales. Los cortes se hacen por medio de 2 pares de sierras circulares que giran a gran velocidad.

Postcurado. Consiste en dejar enfriar totalmente el tablero estibado durante 48 horas como mínimo, con la finalidad de que la resina reaccione completamente y se obtengan las mejores propiedades del tablero.

Lijado y corte a medida. El lijado tiene la función de pulir las superficies y darle el espesor final al tablero. El corte a medida consiste en cortar el tablero en 5 piezas de 1.22 x 2.44 m., que es la medida estándar comercial.

6. Hipótesis

El control de la humedad y la densidad de la madera influyen en la calidad de los tableros aglomerados de partículas.

7. Objetivos.

7.1 Objetivo general.

Determinar el contenido de humedad y la densidad de la madera base seca y base húmeda para garantizar que estén dentro de los estándares que maneja la planta.

7.2 Objetivos particulares.

- 1.- Determinar la variación de la densidad dependiendo del lugar de procedencia de la materia prima.
- 2.- Determinar la variación del contenido de humedad dependiendo la época del año.

8. Materiales y métodos.

8.1 Materiales.

Los materiales que se utilizaron para la obtención de los resultados fueron proporcionados por la planta a través del laboratorio de proceso.

- 1.- Balanza analítica con capacidad 2 Kg y una precisión de 0.01 grs.
- 2.- Recipientes con volumen conocido uno para aserrín y virutas que consta de (0.00017434m^3) y otro para astillas y celulósicos (0.00280763m^3).
- 3.- Horno eléctrico de desecación de 0° a 300°C sin marca.
- 4.- Bolsa de plástico (polietileno).
- 5.- Sistema de base de cálculo (Excel).

8.2 Metodología.

8.2.1 Identificación de muestra.

La identificación de la muestra se hizo asignándole un número de control indicando el lugar de procedencia y nombre del proveedor así como el tipo de materia prima.

8.2.2 Recolección de muestra.

La recolección de la muestra se hizo directamente del camión o del cono según sea el caso, en cantidad suficiente y tomando una muestra que represente toda la carga (tomando de varios lugares del camión preferentemente de la parte inferior).

La muestra recolectada se colocó en bolsas de plástico (polietileno) perfectamente cerradas para evitar pérdidas de humedad y material, como se observa en las figuras (1 y 2).



Fig. 1. Recolección de muestra en cono.



Fig. 2. Recolección de muestra en camión.

8.2.3. Determinación de densidad, base seca y base húmeda.

Para esta determinación se necesitó la ayuda de recipientes con volumen conocido ya mencionados anteriormente y una balanza, para la obtención del volumen de las materias primas se utilizaron coeficientes de apilamiento que más adelante se mencionan, la obtención de las densidades se realizó de la siguiente forma.

Coefficientes de apilamiento.

| | |
|------------------------|-----|
| Aserrín. | 0.3 |
| Viruta. | 0.3 |
| Astillas. | 0.6 |

Base húmeda.

1. El recipiente se pesa y el equipo (balanza) se tara para posteriormente introducir la muestra (Fig. 3 y 4).



Fig. 3. Pesado de recipiente y tara de balanza para astillas.



Fig. 4. Pesado de recipiente y tara de balanza para aserrín y virutas.

2. Una vez introducida la muestra al recipiente, esta se rasa (al ras del recipiente) y se pesa de nuevo, obteniendo un peso nuevo (Fig. 5 y 6), este peso obtenido se dividió con el volumen del recipiente de esta manera se obtuvo la densidad base húmeda.



Fig. 5. Introducción y pesado de muestra para astillas.



Fig. 6. Introducción y pesado de muestra para aserrín y virutas.

Base seca.

1. El recipiente se pesó y el equipo (balanza) se taró para posteriormente introducir la muestra seca (anhidra) como en la (Fig. 3 y 4).
2. Una vez introducida la muestra seca (anhidra), esta se rasó y se pesó de nuevo obteniendo un peso, este peso obtenido se dividió entre el volumen del recipiente de esta manera se obtuvo la densidad base seca de manera similar que en la (Fig. 5 y 6). Las densidades se determinaron con la ayuda de las siguientes ecuaciones.

$$D_H = \frac{\text{peso humedo}}{\text{volumen humedo}}$$

$$D_S = \frac{\text{peso seco}}{\text{volumen seco}}$$

Donde:

D_H = densidad húmeda.

D_S = densidad seca.

8.2.4 Determinación del contenido de humedad, base seca y base húmeda.

Un método sencillo y confiable, es pesar la muestra en una balanza que tenga una sensibilidad de 0.01 grs. Para poder obtener cualquier variación en su peso respecto al peso inicial.

Después de pesar la muestra húmeda se colocó en un horno de desecación a una temperatura de $100^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$ hasta peso constante.

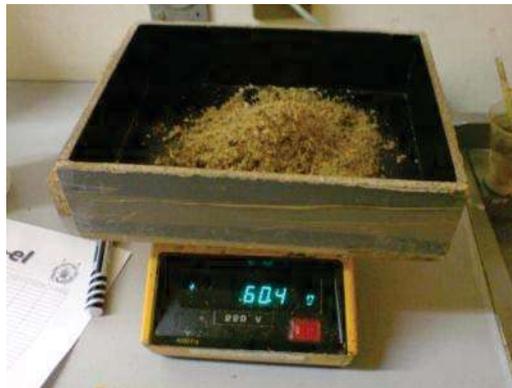


Fig.7, Obtención de pesos para determinación del C.H. (aserrín).



Fig. 8. Obtención de pesos para determinación del C.H. (virutas).



Fig. 9. Obtención de pesos para determinación del C.H. (astillas).

Teniendo el peso constante (anhidro) se obtuvo el contenido de humedad base húmeda y base seca mediante las siguientes ecuaciones.

$$C.H_{BASE SECA} = \frac{P_H - P_S}{P_S} * 100$$

$$C.H_{BASE HUMEDA} = \frac{P_H - P_S}{P_H} * 100$$

Donde:

C.H= contenido de humedad.

P_H= peso húmedo.

P_S= peso seco.

9. Resultados.

Los resultados generales se muestran en los cuadros ubicados en los anexos y estos que se presentan son los promedios obtenidos de cada una de las muestras, estos resultados vienen acompañados de figuras (gráficas), donde se puede observar más a detalle el comportamiento de cada una de las muestras durante el tiempo en que se realizó el trabajo.

9.1. Resultados de contenidos de humedad y densidad, base seca y base húmeda.

Cuadro 1. Resultados promedios de los contenidos de humedad y densidades tanto base seca como húmeda del aserrín.

| A S E R R Í N | | | | |
|---------------|--------------------------|-------------|------------------------------|----------------------------|
| No. MUESTRA | CONTENIDO DE HUMEDAD (%) | | DENSIDAD BASE | |
| | BASE SECA | BASE HUMEDA | HUMEDA (Ton/m ³) | SECA (Ton/m ³) |
| PROMEDIO | 65.35 | 37.55 | 0.8600 | 0.1450 |



Fig. 10. Gráfica del comportamiento del C.H. BS y BH (aserrín).

El comportamiento del C.H._{bs} de todas las muestras es disperso, dando un mínimo de 43% y un máximo de 92% esto es debido a que son adquiridas en diferentes

regiones, de modo contrario con el C.H._{bh} que se comporta de forma más ordenada.



Fig. 11. Gráfica del comportamiento de la densidad BS y BH (aserrín).

Debido a la dispersión de los C.H. observadas anteriormente el comportamiento con la densidad se ve afectado de la misma manera, es por esto que se observan los resultados obtenidos de forma aleatoria en la figura 11, para la Den._{bh} y de manera contraria para la Den._{bs}.

Cuadro 2. Resultados promedios de los contenidos de humedad y densidades tanto base seca como húmeda de la viruta de pino.

| V I R U T A P I N O | | | | |
|---------------------|--------------------------|-------------|-----------------|---------------|
| No. MUESTRA | CONTENIDO DE HUMEDAD (%) | | DENSIDAD BASE | |
| | BASE SECA | BASE HUMEDA | HUMEDA (Ton/m³) | SECA (Ton/m³) |
| PROMEDIO | 33.1 | 20.27 | 0.5414 | 0.0878 |



Fig. 12. Gráfica del comportamiento del C.H. BS y BH (viruta pino).

El comportamiento de esta materia prima en las primeras muestras fue muy similar tanto en el C.H._{bs} como en el C.H._{bh} en las siguientes muestras estos contenidos de humedad se vieron incrementados al presentarse las primeras lluvias de la temporada.



Fig. 13. Gráfica del comportamiento de la densidad BS y BH (viruta pino).

En la figura 13, como era de esperarse al haber cambios en la humedad estos se ven reflejados en la densidad se comportan de la misma manera.

Cuadro 3. Resultados promedios de los contenidos de humedad y densidades tanto base seca como húmeda de la viruta de encino.

| V I R U T A E N C I N O | | | | |
|-------------------------|--------------------------|-------------|------------------------------|----------------------------|
| No. MUESTRA | CONTENIDO DE HUMEDAD (%) | | DENSIDAD BASE | |
| | BASE SECA | BASE HUMEDA | HUMEDA (Ton/m ³) | SECA (Ton/m ³) |
| PROMEDIO | 34.35 | 23.71 | 0.6183 | 0.1019 |



Fig. 14. Gráfica del comportamiento del C.H. BS y BH (viruta encino).

El comportamiento de esta materia prima nuevamente se ve afectado por las primeras lluvias de la temporada dándonos C.H. más elevados a partir de la muestra No. 12 y teniendo una reducción del mismo en la última muestra, esta reducción se presume que es debido al manejo que los proveedores le dan al material.



Fig. 15. Gráfica del comportamiento de la densidad BS y BH (viruta encino).

El comportamiento de la densidad en este material es todo un contraste ya que como se observa la densidad base húmeda tiende a ser muy dispersa en cada una de las muestras recolectadas, de modo muy contrario sucede con la densidad base seca ya que fue muy similar en cada una de estas, teniendo poca variación en cada una de la muestras.

Cuadro 4. Resultados promedios de los contenidos de humedad y densidades tanto base seca como húmeda de la astilla de pino.

| A S T I L L A P I N O | | | | |
|-----------------------|--------------------------|-------------|------------------------------|----------------------------|
| No. MUESTRA | CONTENIDO DE HUMEDAD (%) | | DENSIDAD BASE | |
| | BASE SECA | BASE HUMEDA | HUMEDA (Ton/m ³) | SECA (Ton/m ³) |
| PROMEDIO | 24.47 | 18.61 | 0.2236 | 0.1782 |



Fig. 16. Gráfica del comportamiento del C.H. BS y BH (astilla pino).

El comportamiento de esta materia prima fue muy disperso en cada una de las muestras, pero se observó que se comporta de manera muy similar en los dos contenidos de humedad.



Fig. 17. Gráfica del comportamiento de la densidad BS y BH (astilla pino).

De igual forma en la figura 17 se ve reflejado el comportamiento del contenido de humedad en la densidad siendo muy disperso el rango de resultados pero muy similar su comportamiento tanto en base seca como en base húmeda.

Cuadro 5. Resultados promedios de los contenidos de humedad y densidades tanto base seca como húmeda de la astilla de encino.

| A S T I L L A E N C I N O | | | | |
|---------------------------|--------------------------|-------------|------------------------------|----------------------------|
| No. MUESTRA | CONTENIDO DE HUMEDAD (%) | | DENSIDAD BASE | |
| | BASE SECA | BASE HUMEDA | HUMEDA (Ton/m ³) | SECA (Ton/m ³) |
| PROMEDIO | 29.3 | 21.85 | 0.2655 | 0.2237 |



Fig. 18. Gráfica del comportamiento del C.H. BS y BH (astilla encino).

El comportamiento de las muestras se observan en la fig. 18, dándonos un aumento en el contenido de humedad a partir de la décima muestra recolectada debido a la presencia de las primeras lluvias, todos los contenidos de humedad se ven muy dispersos ya que cada una de las muestras provienen de distinto proveedor y distinta región.



Fig. 19. Gráfica del comportamiento de la densidad BS y BH (astilla encino).

El comportamiento de la densidad es muy similar ya sea en base seca como en base húmeda, dando una diferencia entre el mayor y el menor registro de 0.07 ton/m³ para la densidad base húmeda y una diferencia de 0.03 ton/m³ para la base seca.

Cuadro 6. Resultados promedios de los contenidos de humedad y densidades tanto base seca como húmeda de los celulósicos (coníferas).

| CELULÓSICOS (CONÍFERAS) | | | | |
|-------------------------|------------------------------|----------------------------|--------------------------|-------------|
| No. MUESTRA | DENSIDAD BASE | | CONTENIDO DE HUMEDAD (%) | |
| | HUMEDA (Ton/m ³) | SECA (Ton/m ³) | BASE SECA | BASE HUMEDA |
| PROMEDIO | 0.2063 | 0.1752 | 28.57 | 20.63 |



Fig. 20. Gráfica del comportamiento del C.H. BS y BH (celulósicos de coníferas).

El comportamiento de este material fue uno de los más heterogéneos como se observa en la fig. anterior, pero muy similar su comportamiento en base seca como en base húmeda.



Fig. 21. Gráfica del comportamiento de la densidad BS y BH (celulósicos de coníferas).

El comportamiento observado en la densidad fue menos disperso dando diferencias entre el menor y mayor registro de 0.09 ton/m³ para base seca y 0.07 ton/m³ para base húmeda siendo su comportamiento muy similar.

Cuadro 7. Resultados promedios de los contenidos de humedad y densidades tanto base seca como húmeda de los celulósicos (latifoliadas).

| CELULOSICOS (LATIFOLIADAS) | | | | |
|----------------------------|------------------------------|----------------------------|--------------------------|-------------|
| No. MUESTRA | DENSIDAD BASE | | CONTENIDO DE HUMEDAD (%) | |
| | HUMEDA (Ton/m ³) | SECA (Ton/m ³) | BASE SECA | BASE HUMEDA |
| PROMEDIO | 0.3435 | 0.2013 | 74.98 | 39.63 |



Fig. 22. Gráfica del comportamiento del C.H. BS y BH (celulósicos de latifoliadas).

El comportamiento de esta materia prima es muy similar debido a que la mayoría de las muestras son del mismo proveedor y de misma región, teniendo dos muestras de diferente proveedor que en este caso fueron las últimas dos, dando el C.H. más alto (121%) pero también el más bajo (21%) teniendo una diferencia de un 100% entre cada una de las muestras, el comportamiento base húmeda fue de manera muy similar.



Fig. 23. Gráfica de comportamiento de la densidad BS y BH (celulósicos de latifoliadas).
 La densidad base húmeda se comportó de forma muy similar a la humedad, pero la base seca arrojó resultados entre el más bajo y el más alto de 0.05 ton/m³.

9.2. Variación de densidad por zona (lugar de origen).

Los cuadros y figuras que se presentan a continuación corresponden a la variación de la densidad de acuerdo al lugar de procedencia de las muestras obtenidas, se obtuvieron los promedios por cada zona y de esta manera es como se representan en las figuras.

Cuadro 8. Variación de la densidad por zona (aserrín).

| REGION | DENSIDAD BASE | |
|-------------------|-------------------------------|---------------------------------|
| | SECA (Ton/m ³) | HUMEDA (Ton/m ³) |
| HUAJUMBARO | 0.1492 | 0.9862 |
| CD. HIDALGO | 0.1439 | 0.8644 |
| AGOSTITLAN | 0.1494 | 0.8546 |
| CRECENCIO MORALES | 0.1440 | 0.7369 |
| URUAPAN | 0.1234 | 0.7637 |
| EDO. DE MEXICO | 0.1342 | 0.9105 |
| SAN ANTONIO V.L. | 0.1363 | 0.8267 |
| TUXPAN | 0.1455 | 0.8654 |



Fig. 24. Gráfica de Variación de la densidad por zona (Aserrín).

En la figura 24 se observa que la densidad de la madera base húmeda tiene muchas variaciones esto por su diferencia de humedad, pero su comportamiento en base seca es más constante a pesar que proviene de diferentes regiones.

Cuadro 9. Variación de la densidad por zona (viruta de pino).

| REGION | DENSIDAD BASE | |
|-------------|-------------------------------|---------------------------------|
| | SECA (Ton/m ³) | HUMEDA (Ton/m ³) |
| TOLUCA | 0.0666 | 0.4327 |
| ANGANGUEO | 0.0495 | 0.3324 |
| CD. HIDALGO | 0.0843 | 0.5673 |
| TUXPAN | 0.0952 | 0.5747 |
| OCAMPO | 0.1298 | 0.6568 |



Fig. 25. Gráfica de Variación de la densidad por zona (Viruta de pino).

Esta materia prima tuvo un comportamiento similar a la del aserrín ya que en base húmeda tiene variaciones muy marcadas y de manera contraria a la base seca que se comporta de una manera más estable.

Cuadro 10. Variación de la densidad por zona (viruta de encino).

| REGION | DENSIDAD BASE | |
|---------------|-------------------------------|---------------------------------|
| | SECA (Ton/m ³) | HUMEDA (Ton/m ³) |
| OCAMPO | 0.1026 | 0.5798 |
| AGOSTITLAN | 0.1094 | 0.7261 |
| CD. HIDALGO | 0.1006 | 0.6145 |
| ZITACUARO | 0.0934 | 0.6009 |
| APUTZIO | 0.0857 | 0.7703 |
| SAN CRISTOBAL | 0.1027 | 0.6957 |



Fig. 26. Gráfica de Variación de la densidad por zona (Viruta de encino).

El comportamiento de la densidad base húmeda es heterogéneo ya que hay una diferencia de 0.19 ton/m³ entre la mínima y la máxima y de manera muy marcada es lo contrario con la base seca.

Cuadro 11. Variación de la densidad por zona (astilla de pino).

| REGION | DENSIDAD BASE | |
|------------|-------------------------------|---------------------------------|
| | SECA (Ton/m ³) | HUMEDA (Ton/m ³) |
| MARAVATIO | 0.2153 | 0.2827 |
| HUAJUMBARO | 0.1731 | 0.2190 |
| TUXPAN | 0.2051 | 0.2759 |
| MONTERREY | 0.1597 | 0.2014 |
| TOLUACA | 0.1849 | 0.2026 |



Fig. 27. Gráfica de Variación de la densidad por zona (Astilla de pino).

La densidad de este material se comporta de forma muy homogénea, pero dando rangos inferiores para la densidad base seca.

Cuadro 12. Variación de la densidad por zona (astilla de encino).

| REGION | DENSIDAD BASE | |
|-------------|-------------------------------|---------------------------------|
| | SECA (Ton/m ³) | HUMEDA (Ton/m ³) |
| TUXPAN | 0.2203 | 0.2466 |
| URUAPAN | 0.2227 | 0.2922 |
| CD. HIDALGO | 0.2267 | 0.2604 |
| AGOSTITLAN | 0.2250 | 0.2626 |



Fig. 28. Gráfica de Variación de la densidad por zona (Astilla de encino).

El comportamiento de la densidad base húmeda es estable teniendo una diferencia de 0.05 ton/m³ entre la mínima y la máxima, la densidad base seca se comportó de forma más ordenada teniendo una diferencia de 0.01 ton/m³ entre la mínima y la máxima.

Cuadro 13. Variación de la densidad por zona (celulósicos de coníferas).

| REGION | DENSIDAD BASE | |
|---------------|-------------------------------|---------------------------------|
| | SECA (Ton/m ³) | HUMEDA (Ton/m ³) |
| TEMASCALTEPEC | 0.1602 | 0.1982 |
| VILLA MADERO | 0.2088 | 0.2241 |
| EDO. MEXICO | 0.1626 | 0.1939 |
| ZITACUARO | 0.1542 | 0.2084 |
| ZINAPECUARO | 0.1575 | 0.2064 |



Fig. 29. Gráfica de Variación de la densidad por zona (Celulósicos de coníferas).

En esta figura se observó de manera contraria el comportamiento de las densidades siendo mas alto el rango de diferencia entre el mínimo y el máximo en base seca, que en base húmeda pero estando dentro de los rangos manejados internamente.

Cuadro 14. Variación de la densidad por zona (celulósicos de latifoliadas).

| REGION | DENSIDAD BASE | |
|----------------|-------------------------------|---------------------------------|
| | SECA (Ton/m ³) | HUMEDA (Ton/m ³) |
| CD. ALTAMIRANO | 0.2007 | 0.3481 |
| APATZINGAN | 0.1945 | 0.3340 |
| JUNGAPEO | 0.1789 | 0.4131 |
| CAMPECHE | 0.2408 | 0.2701 |



Fig. 30. Gráfica de Variación de la densidad por zona (Celulósicos de latifoliadas).

La variación de las densidades en este caso es mas inconstante debido a que las muestras que se tomaron correspondían a diferentes especies de latifoliadas, teniendo las diferencias muy marcadas entre región.

10. Discusión.

De acuerdo a los resultados obtenidos de la influencia que tiene el contenido de humedad (CH) y la densidad de la madera en la fabricación del tablero aglomerado se puede hacer el siguiente análisis en comparación con lo establecido.

En el aserrín se observó que a pesar de que proviene de distintos lugares y proveedores diferentes, su mayoría es de pino, su comportamiento en el contenido de humedad ya sea base seca o húmeda es muy disperso, pero la densidad en base seca se comporta de tal forma que se uniformizan sus valores.

Por los resultados obtenidos de las virutas se observó que los contenidos de humedad de las primeras muestras se comportaron de forma regular pero a partir de la muestra No. 7 y 8 estos contenidos se incrementaron, este incremento se debe a que se presentaron las primeras lluvias de la temporada y el incremento se ve reflejado en la densidad que a su vez aumenta.

De los resultados obtenidos de las astillas se obtuvo que los contenidos de humedad se comportaron de forma diferente, debido a que provienen de distintos proveedores. De igual manera la densidad se comportó de forma muy dispersa, esto debido a los incrementos de humedad por las lluvias y a que algunas muestras provienen de procesos donde la madera se maneja con bajo contenido de humedad.

Analizando los resultados de los celulósicos provenientes de coníferas se observó que los contenidos de humedad que se registraron fueron los más heterogéneos, debido a que este material se adquiere de aclareos de montes, la densidad se comportó de forma más ordenada teniendo poca influencia debido a la humedad. En los celulósicos adquiridos de latifoliadas se observó que el contenido de humedad se comportó de forma ordenada esto debido a que la mayoría de las muestras provienen de un solo proveedor, se tuvieron dos muestras que se

comportaron de forma irregular que fueron las últimas dos, dando el mayor y el menor contenido de humedad, la densidad base húmeda está dentro de los parámetros de la planta, pero la base seca se comportó de forma más estable, esto debido a que las mediciones se hicieron con el material anhidro.

Comparando los resultados base saca obtenidos con los manejados en la planta se obtiene lo siguiente:

| VALORES OBTENIDOS | | VALORES MANEJADOS EN PLANTA |
|--------------------------------|--------|-----------------------------|
| CONTENIDO DE HUMEDAD (%) | 41.44 | 30 - 40 |
| DENSIDAD (Ton/m ³) | 0.1590 | 0.25 - 0.45 |

Analizando los resultados anteriormente escritos se tiene que para el contenido de humedad este se encuentra dentro del rango manejado, pero, no así para la densidad ya que esta se encuentra por debajo del rango mínimo, esta disminución es debido a que algunos materiales como la viruta de pino registraron densidades demasiado bajas.

11. Conclusiones.

Analizando los resultados que se obtuvieron, se llega a la conclusión de que el contenido de humedad y la densidad base seca como base húmeda de la materia prima utilizada en la fabricación del tablero aglomerado influye directamente en el proceso de fabricación del tablero aglomerado de la manera siguiente.

Contenido de humedad.

- 1.- Tiempo de almacenamiento en el patio, esto debido que a mayor tiempo y mayor humedad se corre el riesgo de que la madera se empiece a degradar, esta degradación afecta en los rendimientos del material.
- 2.- Obtención excesiva de finos y polvos en molienda (madera con bajo contenido de humedad).
- 3.- Tiempo de secado de partículas, este tiempo se incrementa ya que el secador arrastra las partículas por medio de una corriente de aire, a mayor humedad mayor peso y mayor tiempo de arrastre.
- 4.- Consumo de material combustible para secador, esto sugiere que entre más húmedas estén las partículas mayor será el poder calorífico requerido y por lo tanto mayor consumo.
- 5.- Mayor margen de C.H. en separador gravimétrico (aserrín y virutas) ya que la selección se basa en la densidad de las partículas al ser tratadas más que por su C.H. o forma.

Densidad.

- 1.- Desgaste y reducción de la vida útil de las cuchillas en los molinos, esto es a mayor densidad del material entrante a los molinos es menor el tiempo de vida de las cuchillas y por lo tanto se obtiene mayor tiempo muerto entre cambio de cuchillas ó anillos, y mayor gasto en compra de cuchillas.

2.- Producción de hojuela con espesor mayor a lo especificado, esta producción se da cuando el material es de densidad muy alta.

3.- Menor o mayor descarga de material a las encoladoras, ya que como la descarga es por peso, con mayor densidad mayor peso y menos material, siendo de manera contraria el material con densidad baja.

4.- Peso del colchón formado muy variable, debido a la descarga del material no homogéneo, esto quiere decir que el operador tendrá que hacer cambios en el equipo de formado.

12. Recomendaciones.

Monitorear de forma más continua la entrada de las materias primas para que esto conlleve a lograr un mejor control en el proceso.

Realizar una separación de las materias primas húmedas de las materias con bajos contenidos de humedad.

Recomendar a los proveedores de las materias primas que no mezclen especies con densidad alta con especies de densidad baja.

13. Bibliografía.

- Ángeles Ornelas, F. 1990. El Arranque y operación de molienda en una planta de tableros aglomerados de partículas. Tesina de Licenciatura. Facultad de Ingeniería en Tecnología de la Madera. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia Michoacán. 115 p.
- García Guzmán, E.M. 1988. Fabricación de tableros aglomerados de fibra de coco y aserrín. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ingeniería en Tecnología de la Madera. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia Michoacán. 84 p.
- García Esteban, L., Guindeo Casasús A., Peraza Oramas C., Palacios de Palacios P. 2002. La Madera y su Tecnología. Madrid. 322 p.
- Gonzales López, A. 1994. Control de calidad estadístico para tableros aglomerados. Tesina de Licenciatura. Facultad de Ingeniería en Tecnología de la Madera. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia Michoacán. 120 p.
- González Magaña, L.M. 1989. Análisis de las propiedades físicas y características mecánicas del tablero aglomerado de partículas, elaborado con pino y encino. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ingeniería en Tecnología de la Madera. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia Michoacán. 81 p.
- Gutiérrez Oliva, A. (1981). La madera y sus propiedades. Ed. Boletín de AITIM, Madrid. 104, 105, 106, p.
- Guindeo, A. Perza, C. (1976). La madera como materia prima. Ed. AITIM, Madrid. 196 p.
- Kollmann, F. (1959). Tecnología de la madera y sus aplicaciones. Ed. IFIE, Madrid. 675 p.
- Vignote Peña, S., Jiménez Peris, F.J. 1996. Tecnología de la madera. Ed. Mundi-prensa. Madrid. 602 p.

14. Anexos.

Anexo 1. Resultados obtenidos (aserrín).

| No. MUESTRA | CONTENIDO DE HUMEDAD (%) | | DENSIDAD BASE | | REGION |
|-------------|--------------------------|-------------|------------------------------|----------------------------|-------------------|
| | BASE SECA | BASE HUMEDA | HUMEDA (Ton/m ³) | SECA (Ton/m ³) | |
| 1 | 72.65 | 40.20 | 0.9856 | 0.1652 | HUAJUMBARO |
| 2 | 86.20 | 44.03 | 0.9867 | 0.1332 | HUAJUMBARO |
| 3 | 64.10 | 37.44 | 0.8681 | 0.1404 | C. HIDALGO |
| 4 | 52.68 | 33.23 | 0.8287 | 0.1419 | AGOSTITLAN |
| 5 | 63.92 | 37.38 | 0.7886 | 0.1585 | AGOSTITLAN |
| 6 | 66.98 | 38.40 | 0.8295 | 0.1316 | AGOSTITLAN |
| 7 | 73.24 | 40.38 | 0.8528 | 0.1399 | AGOSTITLAN |
| 8 | 61.42 | 36.51 | 0.8603 | 0.1538 | AGOSTITLAN |
| 9 | 52.11 | 33.00 | 0.8321 | 0.1626 | AGOSTITLAN |
| 10 | 52.82 | 33.28 | 0.7759 | 0.1492 | AGOSTITLAN |
| 11 | 76.47 | 41.34 | 0.8865 | 0.1399 | C. HIDALGO |
| 12 | 53.13 | 33.41 | 0.8679 | 0.1549 | C. HIDALGO |
| 13 | 81.71 | 42.83 | 0.9354 | 0.1363 | AGOSTITLAN |
| 14 | 67.57 | 38.59 | 0.7369 | 0.144 | CRECENCIO MORALES |
| 15 | 53.62 | 33.60 | 0.8727 | 0.175 | AGOSTITLAN |
| 16 | 62.27 | 36.80 | 0.8376 | 0.1476 | C. HIDALGO |
| 17 | 79.63 | 42.25 | 0.9867 | 0.1347 | C. HIDALGO |
| 18 | 74.95 | 40.90 | 0.8944 | 0.1291 | C. HIDALGO |
| 19 | 50.63 | 32.40 | 0.7637 | 0.1234 | URUAPAN |
| 20 | 56.98 | 34.89 | 0.8693 | 0.1528 | C. HIDALGO |
| 21 | 86.20 | 44.03 | 0.9105 | 0.1342 | EDO. MEXICO |
| 22 | 92.74 | 45.67 | 1.0249 | 0.1378 | AGOSTITLAN |
| 23 | 49.18 | 31.80 | 0.8441 | 0.1517 | SAN ANTONIO V.L |
| 24 | 57.95 | 35.25 | 0.81 | 0.1445 | C. HIDALGO |
| 25 | 67.89 | 38.70 | 0.9073 | 0.1419 | C. HIDALGO |
| 26 | 62.11 | 36.75 | 0.8211 | 0.1544 | AGOSTITLAN |
| 27 | 58.35 | 35.40 | 0.8328 | 0.1517 | AGOSTITLAN |
| 28 | 68.36 | 38.85 | 0.8654 | 0.1455 | TUXPAN |
| 29 | 69.76 | 39.30 | 0.716 | 0.1527 | C. HIDALGO |
| 30 | 45.00 | 30.00 | 0.8093 | 0.1208 | SAN ANTONIO V.L |
| PROMEDIOS | 65.35 | 37.55 | 0.8600 | 0.1450 | |

Anexo 2. Resultados obtenidos (viruta de pino).

| No. MUESTRA | CONTENIDO DE HUMEDAD (%) | | DENSIDAD BASE | | REGION |
|-------------|--------------------------|-------------|------------------------------|----------------------------|------------|
| | BASE SECA | BASE HUMEDA | HUMEDA (Ton/m ³) | SECA (Ton/m ³) | |
| 1 | 11.5 | 10.2 | 0.3078 | 0.0687 | TOLUCA |
| 2 | 27.66 | 21.16 | 0.3324 | 0.0495 | ANGANGUEO |
| 3 | 11.33 | 10.07 | 0.3128 | 0.0666 | C. HIDALGO |
| 4 | 10 | 9 | 0.4728 | 0.0959 | TUXPAN |
| 5 | 19.22 | 15.84 | 0.5829 | 0.128 | OCAMPO |
| 6 | 14.44 | 12.44 | 0.536 | 0.0846 | C. HIDALGO |
| 7 | 50.63 | 32.4 | 0.5868 | 0.0599 | C. HIDALGO |
| 8 | 56.74 | 34.8 | 0.6765 | 0.0944 | TUXPAN |
| 9 | 95.19 | 46.26 | 0.8473 | 0.1321 | C. HIDALGO |
| 10 | 87.63 | 44.4 | 0.5537 | 0.0784 | C. HIDALGO |
| 11 | 38.57 | 27 | 0.7306 | 0.1316 | OCAMPO |
| 12 | 73.64 | 40.5 | 0.5576 | 0.0644 | TOLUCA |
| PROMEDIOS | 33.1 | 20.27 | 0.5414 | 0.0878 | |

Anexo 3. Resultados obtenidos (viruta de encino).

| No. MUESTRA | CONTENIDO DE HUMEDAD (%) | | DENSIDAD BASE | | REGION |
|-------------|--------------------------|-------------|------------------------------|----------------------------|---------------|
| | BASE SECA | BASE HUMEDA | HUMEDA (Ton/m ³) | SECA (Ton/m ³) | |
| 1 | 16.64 | 14.04 | 0.5424 | 0.1265 | OCAMPO |
| 2 | 34.9 | 25.15 | 0.605 | 0.1125 | OCAMPO |
| 3 | 20.29 | 16.56 | 0.5361 | 0.1053 | OCAMPO |
| 4 | 27.8 | 21.24 | 0.4796 | 0.0955 | OCAMPO |
| 5 | 18.7 | 15.48 | 0.4283 | 0.0923 | OCAMPO |
| 6 | 33.97 | 24.66 | 0.5111 | 0.0887 | OCAMPO |
| 7 | 23.92 | 18.9 | 0.5341 | 0.1084 | AGOSTITLAN |
| 8 | 33.29 | 24.3 | 0.6145 | 0.1006 | C. HIDALGO |
| 9 | 34.31 | 24.84 | 0.6723 | 0.0929 | OCAMPO |
| 10 | 16.13 | 13.68 | 0.4797 | 0.0784 | OCAMPO |
| 11 | 29.68 | 22.32 | 0.6009 | 0.0934 | ZITACUARO |
| 12 | 77.7 | 41.7 | 0.9181 | 0.1104 | AGOSTITLAN |
| 13 | 28.73 | 21.78 | 0.6013 | 0.1053 | OCAMPO |
| 14 | 45.54 | 30.24 | 0.694 | 0.1099 | OCAMPO |
| 15 | 57.54 | 35.1 | 0.7703 | 0.0857 | APUTZIO |
| 16 | 46.36 | 30.6 | 0.6511 | 0.1063 | SAN CRISTOBAL |
| 17 | 60 | 36 | 0.7403 | 0.0991 | SAN CRISTOBAL |
| 18 | 31.95 | 23.58 | 0.6139 | 0.0965 | OCAMPO |
| 19 | 45.54 | 30.24 | 0.765 | 0.1063 | OCAMPO |
| 20 | 3.95 | 3.78 | 0.6092 | 0.1238 | OCAMPO |
| PROMEDIOS | 34.35 | 23.71 | 0.6183 | 0.1019 | |

Anexo 4. Resultados obtenidos (astilla de pino).

| No. MUESTRA | CONTENIDO DE HUMEDAD (%) | | DENSIDAD BASE | | REGION |
|-------------|--------------------------|-------------|------------------------------|----------------------------|--------------|
| | BASE SECA | BASE HUMEDA | HUMEDA (Ton/m ³) | SECA (Ton/m ³) | |
| 1 | 33.76 | 24.55 | 0.2665 | 0.194 | C. HIDALGO |
| 2 | 47.82 | 31.23 | 0.2428 | 0.1585 | C. HIDALGO |
| 3 | 27.34 | 20.97 | 0.2827 | 0.2153 | MARAVATIO |
| 4 | 23.39 | 18.57 | 0.1917 | 0.1073 | HUAJUMBARO |
| 5 | 18.74 | 15.51 | 0.2364 | 0.2125 | HUAJUMBARO |
| 6 | 39 | 27.21 | 0.2765 | 0.1855 | AGOSTITLAN |
| 7 | 19.21 | 15.83 | 0.2519 | 0.2102 | HUAJUMBARO |
| 8 | 18.56 | 15.39 | 0.257 | 0.2235 | C. HIDALGO |
| 9 | 29.88 | 22.43 | 0.2759 | 0.2051 | TUXPAN |
| 10 | 24.18 | 19.06 | 0.1962 | 0.1781 | C. HIDALGO |
| 11 | 7.34 | 6.79 | 0.1971 | 0.1572 | MONTERREY |
| 12 | 7.09 | 6.57 | 0.2057 | 0.1621 | MONTERREY |
| 13 | 8.96 | 8.15 | 0.209 | 0.1961 | TUL.EDO.MEX. |
| 14 | 30.45 | 22.75 | 0.1802 | 0.1468 | C. HIDALGO |
| 15 | 35.55 | 25.48 | 0.2044 | 0.1599 | C. HIDALGO |
| 16 | 29.13 | 22.01 | 0.2064 | 0.1675 | C. HIDALGO |
| 17 | 9.24 | 8.38 | 0.1961 | 0.1736 | TUL.EDO.MEX. |
| 18 | 22.65 | 18.1 | 0.1959 | 0.1622 | HUAJUMBARO |
| 19 | 26.09 | 20.23 | 0.1954 | 0.1777 | C. HIDALGO |
| 20 | 30.97 | 23.04 | 0.2035 | 0.1702 | C. HIDALGO |
| PROMEDIOS | 24.47 | 18.61 | 0.2236 | 0.1782 | |

Anexo 5. Resultados obtenidos (astilla de encino).

| No. MUESTRA | CONTENIDO DE HUMEDAD (%) | | DENIDAD BASE | | REGION |
|-------------|--------------------------|-------------|------------------------------|----------------------------|-------------|
| | BASE SECA | BASE HUMEDA | HUMEDA (Ton/m ³) | SECA (Ton/m ³) | |
| 1 | 23.57 | 18.68 | 0.2373 | 0.2105 | TUXPAN |
| 2 | 27.93 | 21.31 | 0.2794 | 0.2363 | URUAPAN |
| 3 | 20.91 | 16.97 | 0.2773 | 0.2356 | CD. HIDALGO |
| 4 | 32.4 | 23.82 | 0.2562 | 0.2342 | TUXPAN |
| 5 | 24.36 | 19.17 | 0.2509 | 0.2275 | CD. HIDALGO |
| 6 | 15.99 | 13.58 | 0.2346 | 0.2162 | TUXPAN |
| 7 | 34.85 | 25.12 | 0.2829 | 0.2184 | URUAPAN |
| 8 | 25.44 | 19.83 | 0.2511 | 0.2205 | CD. HIDALGO |
| 9 | 25.45 | 19.84 | 0.2569 | 0.2244 | CD. HIDALGO |
| 10 | 46.8 | 30.79 | 0.3085 | 0.2076 | URUAPAN |
| 11 | 36.93 | 26.19 | 0.2981 | 0.2283 | URUAPAN |
| 12 | 27.78 | 21.23 | 0.2649 | 0.2244 | AGOSTITLAN |
| 13 | 35.51 | 25.46 | 0.2583 | 0.2201 | TUXPAN |
| 14 | 35.01 | 25.21 | 0.2602 | 0.2255 | AGOSTITLAN |
| 15 | 26.61 | 20.54 | 0.2656 | 0.2255 | CD. HIDALGO |
| PROMEDIOS | 29.3 | 21.85 | 0.2655 | 0.2237 | |

Anexo 6. Resultados obtenidos (celulósicos de coníferas).

| No. MUESTRA | DENSIDAD BASE | | CONTENIDO DE HUMEDAD (%) | | REGION |
|-------------|------------------------------|----------------------------|--------------------------|-------------|---------------|
| | HUMEDA (Ton/m ³) | SECA (Ton/m ³) | BASE SECA | BASE HUMEDA | |
| 1 | 0.1796 | 0.1543 | 21.75 | 17.52 | TEMASCALTEPEC |
| 2 | 0.2183 | 0.1889 | 12.01 | 10.60 | VILLA MADERO |
| 3 | 0.2174 | 0.2113 | 7.70 | 7.09 | VILLA MADERO |
| 4 | 0.2112 | 0.1830 | 22.68 | 18.11 | EDO. MEXICO |
| 5 | 0.2415 | 0.2229 | 15.55 | 13.26 | VILLA MADERO |
| 6 | 0.2084 | 0.1542 | 48.85 | 31.66 | ZITACUARO |
| 7 | 0.1879 | 0.1707 | 20.82 | 16.91 | EDO. MEXICO |
| 8 | 0.1686 | 0.1445 | 29.51 | 22.22 | EDO. MEXICO |
| 9 | 0.1965 | 0.1657 | 37.12 | 26.28 | TEMASCALTEPEC |
| 10 | 0.2064 | 0.1575 | 34.36 | 24.87 | ZINAPECUARO |
| 11 | 0.2192 | 0.2121 | 15.37 | 13.13 | VILLA MADERO |
| 12 | 0.2184 | 0.1607 | 53.24 | 33.45 | TEMASCALTEPEC |
| 13 | 0.2079 | 0.1521 | 52.48 | 33.15 | EDO. MEXICO |
| PROMEDIOS | 0.2063 | 0.1752 | 28.5726 | 20.6349 | |

Anexo 7. Resultados obtenidos (celulósicos de latifoliadas).

| No. MUESTRA | DENSIDAD BASE | | CONTENIDO DE HUMEDAD (%) | | REGION |
|----------------|---------------------------------|-------------------------------|--------------------------|----------------|---------------|
| | HUMEDA (Ton/m ³) | SECA (Ton/m ³) | BASE SECA | BASE HUMEDA | |
| 1 | 0.3751 | 0.2110 | 72.89 | 40.27 | C. ALTAMIRANO |
| 2 | 0.3399 | 0.2039 | 73.63 | 40.50 | C. ALTAMIRANO |
| 3 | 0.3317 | 0.1830 | 83.64 | 43.35 | C. ALTAMIRANO |
| 4 | 0.3442 | 0.2150 | 59.55 | 35.84 | C. ALTAMIRANO |
| 5 | 0.3250 | 0.1987 | 73.04 | 40.32 | APATZIGAN |
| 6 | 0.3430 | 0.1903 | 83.56 | 43.33 | APATZIGAN |
| 7 | 0.3494 | 0.1905 | 85.01 | 43.72 | C. ALTAMIRANO |
| 8 | 0.4131 | 0.1789 | 121.58 | 51.72 | JUNGAPEO |
| 9 | 0.2701 | 0.2408 | 21.95 | 17.64 | CAMPECHE |
| PROMEDIOS | 0.3435 | 0.2013 | 74.98 | 39.63 | |