



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA

**“DISEÑO DE UN PROCESO PARA LA ELABORACIÓN DE TABLEROS
AGLOMERADOS A PARTIR DE ENVASES TETRA PAK”**

TESIS DE GRADO

PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:

INGENIERO QUÍMICO

PRESENTADO POR:

ADRIANA MARILYN HIDALGO MOLINA

RIOBAMBA - ECUADOR

2013

AGRADECIMIENTOS

Agradezco:

Inmensamente a Dios por permitirme llegar a esta etapa de mi vida con bendición y amor, agradezco el que esté en mi camino.

A mi querida madre, mi hermano, mi tía Germania y mis primas por la confianza, orientación y el apoyo incondicional y vital que tuvieron durante el desarrollo de este trabajo de grado.

A mi director de Tesis, Ing. César Ávalos, y a mi asesora la Dra. Olga Lucero por brindarme su ayuda, confianza y destreza en la dirección de mi trabajo, al igual que su tiempo y dedicación que tuvieron para la elaboración del mismo.

A todos mis amigos por el apoyo brindado en mis estudios universitarios, haciendo posible la terminación de mi carrera profesional.

A la Agencia de desarrollo CRECER, a las empresas: Ecuatoriana de CERÁMICA C A y TUBASEC S.A conformada por sus Directivos y empleados por estar siempre listos a ayudarme con toda la información que necesité, gracias a éstas instituciones por el apoyo brindado para la culminación de mi tesis.

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, por darme la oportunidad de crecer profesionalmente y culminar mis estudios.

Adriana Marilyn Hidalgo Molina

DEDICATORIA

Éste trabajo está dedicado a mi madre, la Lic. Délfila Molina L., y a mi hermano Fernando, gracias por todo tipo de ayuda, sé que hicieron muchos esfuerzos y sacrificios para que yo pudiera culminar mi carrera profesional, y ahora que lo he logrado comparto este triunfo con ustedes, pues sin su apoyo yo no hubiera podido llegar hasta aquí. Los amo con todo mi corazón y que Dios siempre les bendiga.

A mi abuelita Carmita y a mi tía Sonia, por sus consejos y ayuda incondicional en todo momento que necesité. Gracias por el apoyo y por los momentos que pasamos juntas y las valiosas lecciones de vida que he recibido de ustedes.

Adriana Marilyn Hidalgo Molina

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

ESCUELA DE ING. QUÍMICA

El Tribunal de Tesis certifica que el trabajo de investigación: “DISEÑO DE UN PROCESO PARA LA ELABORACIÓN DE TABLEROS AGLOMERADOS A PARTIR DE ENVASES TETRA PAK”, responsabilidad de la señorita egresada Adriana Marilyn Hidalgo Molina, ha sido prolijamente revisado por los Miembros del Tribunal de Tesis, quedando autorizada su presentación.

| NOMBRE | FIRMA | FECHA |
|--|--------------|--------------|
| Dr. Silvio Álvarez Luna DECANO FAC. CIENCIAS | _____ | _____ |
| Ing. Mario Villacrés DIRECTOR DE ESCUELA DE ING. QUÍMICA | _____ | _____ |
| Ing. César Avalos DIRECTOR DE TESIS | _____ | _____ |
| Dra. Olga Lucero MIEMBRO DEL TRIBUNAL | _____ | _____ |
| Tec. Carlos Rodríguez DIRECTOR CENTRO DE DOCUMENTACIÓN | _____ | _____ |

NOTA DE TESIS ESCRITA _____

Yo, **ADRIANA MARILYN HIDALGO MOLINA**, soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en esta Tesis, y el patrimonio intelectual de la *Tesis de Grado pertenece a la “ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO”*

ADRIANA M. HIDALGO M.

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

| | |
|---------|---|
| INEN | Instituto Ecuatoriano de Normalización |
| ICONTEC | Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación |
| MOR | Módulo de Ruptura |
| CH | Contenido de Humedad |
| H | Hinchazón |
| DA | Densidad Aparente |
| mm | Milímetros |
| V | Volumen |
| m | Masa |
| Ton | Toneladas |
| Min | Minutos |
| Aa | Absorción |
| Cp | Capacidad calorífica |
| Kgf | Kilogramos fuerza |
| N | Newton |
| pH | Potencial de Hidrógeno |

ÍNDICE DE CONTENIDO

| | |
|--|----|
| AGRADECIMIENTOS..... | 2 |
| DEDICATORIA..... | 3 |
| ÍNDICE DE ABREVIATURAS | 6 |
| RESUMEN..... | 14 |
| ABSTRACT | 16 |
| INTRODUCCIÓN..... | 18 |
| ANTECEDENTES..... | 20 |
| JUSTIFICACIÓN..... | 23 |
| OBJETIVOS..... | 25 |
| OBJETIVO GENERAL | 25 |
| OBJETIVOS ESPECÍFICOS..... | 25 |
| CAPÍTULO I..... | 20 |
| 1. MARCO TEÓRICO..... | 20 |
| 1.1. ENVASE..... | 20 |
| 1.1.1. TIPOS DE ENVASE..... | 21 |
| 1.1.1.1. VIDRIO:..... | 21 |
| 1.1.1.2. MATERIALES COMPUESTOS LAMINADOS (BRICK- ENVASES TETRA PAK):..... | 21 |
| 1.1.1.3. CARTÓN:..... | 22 |
| 1.1.1.4. METAL:..... | 22 |
| 1.1.1.5. PLÁSTICO:..... | 22 |
| 1.1.2. ENVASES DE TETRA PAK..... | 22 |
| 1.1.2.1. CLASIFICACIÓN, TIPOS Y USOS | 23 |

| | | |
|------------------|--|----|
| 1.1.2.1.1. | ENVASES ASÉPTICOS | 23 |
| 1.1.2.1.2. | ENVASES NO ASÉPTICOS | 26 |
| 1.1.2.2. | COMPOSICIÓN DEL ENVASE..... | 27 |
| 1.1.2.2.1. | CONFORMACIÓN DE CAPAS..... | 28 |
| 1.1.2.3. | TENDENCIAS DE CONSUMO..... | 30 |
| 1.1.2.4. | INDUSTRIAS QUE USAN ENVASES TETRA PAK | 31 |
| 1.1.3. | IMPACTO AMBIENTAL EN EL ECUADOR..... | 33 |
| 1.1.3.1. | EL RECICLAJE | 33 |
| 1.1.3.1.1. | APROVECHAMIENTO PARA RECICLAJE..... | 34 |
| 1.1.3.1.2. | EL RECICLAJE COMO UNA ALTERNATIVA..... | 34 |
| 1.2. | AGLOMERADOS | 35 |
| 1.2.1. | SECTOR MADERERO ECUATORIANO | 35 |
| 1.2.1.1. | PRINCIPALES PRODUCTOS DE EXPORTACIÓN EN EL SECTOR MADERERO..... | 38 |
| 1.2.2. | AGLOMERADO DE MADERA..... | 39 |
| 1.2.3. | MADERA SINTÉTICA “TECTÁN” | 40 |
| 1.2.3.1. | NECESIDADES..... | 40 |
| 1.2.3.2. | CARACTERÍSTICAS FÍSICO MECÁNICAS DEL TECTÁN | 41 |
| 1.2.3.3. | APLICACIONES | 46 |
| 1.2.3.4. | NORMATIVA..... | 47 |
| CAPÍTULO II..... | | 48 |
| 2. | PARTE EXPERIMENTAL..... | 48 |
| 2.1. | LOCALIZACIÓN | 48 |
| 2.2. | TIPO DE MUESTREO | 48 |

| | | |
|----------|--|----|
| 2.2.1. | TAMAÑO DE MUESTRA..... | 49 |
| 2.2.1.1. | MUESTREO PROBABILÍSTICO..... | 56 |
| 2.2.1.2. | MUESTREO ALEATORIO SISTEMÁTICO UNIFORME DE PASO “K” | 57 |
| 2.2.2. | PRESENTACIÓN DE CUADROS Y ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS (ENCUESTAS)..... | 59 |
| 2.3. | MÉTODOS..... | 65 |
| 2.3.1. | MÉTODOS DE ENSAYO PARA LA DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS FÍSICOS-MECÁNICOS DE LOS AGLOMERADOS DE TECTÁN..... | 66 |
| 2.3.1.1. | DETERMINACIÓN DE LAS DIMENSIONES DE LAS MUESTRAS | 66 |
| 2.3.1.2. | DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD APARENTE..... | 67 |
| 2.3.1.3. | DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD | 69 |
| 2.3.1.4. | DETERMINACIÓN DE LA HINCHAZÓN Y DE LA ABSORCIÓN DE AGUA POR SUMERSIÓN TOTAL..... | 70 |
| 2.3.1.5. | DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE RUPTURA..... | 72 |
| | CAPÍTULO III | 74 |
| | INGENIERÍA DEL PROYECTO | 74 |
| 3. | LÍNEA DE INVESTIGACIÓN | 74 |
| 3.1. | CÁLCULOS | 74 |
| 3.1.1. | CÁLCULOS DE PARÁMETROS FÍSICOS – MECÁNICOS DE LOS TABLEROS AGLOMERADOS DE TECTÁN..... | 74 |
| 3.1.2. | BALANCE DE MASA Y ENERGÍA EN LA PRENSA HIDRAÚLICA..... | 78 |
| 3.1.2.1. | BALANCE DE MASA | 78 |
| 3.1.2.2. | BALANCE DE ENERGÍA | 79 |
| 3.2. | RESULTADOS DE LOS CÁLCULOS | 80 |

| | | |
|--------|--|-----|
| 3.2.1. | RESULTADOS OBTENIDOS DE LOS DIFERENTES MÉTODOS APLICADOS EN EL TABLERO AGLOMERADO DE TECTÁN..... | 80 |
| 3.2.2. | ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE LOS PARÁMETROS FÍSICOS Y MECÁNICOS DE LOS TABLEROS | 83 |
| 3.3. | PRESENTACIÓN DE LA PROPUESTA..... | 95 |
| 3.3.1. | DISEÑO DEL PROCESO | 96 |
| 3.3.2. | DESCRIPCIÓN DEL PROCESO..... | 98 |
| 3.4. | DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS | 100 |
| | CAPÍTULO IV | 103 |
| 4. | CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES..... | 103 |
| 4.1. | CONCLUSIONES..... | 103 |
| 4.2. | RECOMENDACIONES | 105 |
| | CAPÍTULO V | 107 |
| 5. | BIBLIOGRAFÍA..... | 107 |
| | CAPÍTULO VI..... | 111 |
| 1. | ANEXOS..... | 111 |
| | ANEXO N°1. AREAS BAJO LA CURVA DE DISTRIBUCIÓN NORMAL | 111 |
| | ANEXO N° 2. NTC 2261 | 112 |
| | ANEXO N° 3. NTE INEN 895:2005 | 123 |
| | ANEXO N° 4. NTE INEN 899 | 126 |
| | ANEXO N° 5. NTE INEN 896: 2005 | 129 |
| | ANEXO N° 6. NTE INEN 897:2005 | 132 |
| | ANEXO N° 7. ENCUESTA..... | 136 |
| | ANEXO N° 8. FOTOGRAFÍAS DEL DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN. | 138 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|--|----|
| Tabla N° 1 Envases Tetra Pak Asépticos | 23 |
| Tabla N° 2 Envases Tetra Pak no Asépticos | 26 |
| Tabla N° 3 Capas del envase Tetra Pak..... | 29 |
| Tabla N° 4 Industrias que han adoptado el envase Tetra Pak | 32 |
| Tabla N° 5 Tasas de deforestación 1990-2008..... | 36 |
| Tabla N° 6 Exportaciones sector madera 1999 | 38 |
| Tabla N° 7 Levantamiento de Información Socioeconómica por Barrios | 49 |
| Tabla N° 8 Datos Experimentales Muestreo Probabilístico | 56 |
| Tabla N° 9 Números de cuadras de barrios a muestrear | 57 |
| Tabla N° 10 Conocimiento de envases tetra pak..... | 59 |
| Tabla N° 11 Consumo de productos envasados en Tetra Pak | 60 |
| Tabla N° 12 Productos consumidos mensualmente | 61 |
| Tabla N° 13 Apoyo de campañas de reciclaje de Tetra Pak..... | 62 |
| Tabla N° 14 Conocimiento de madera sintética (Tectán) en la población | 63 |
| Tabla N° 15 Planchas de madera Sintética (Tectán) | 64 |
| Tabla N° 16 Línea de Investigación | 74 |
| Tabla N° 17 RESULTADOS OBTENIDOS DE LO PARÁMETROS FÍSICOS- MECÁNICOS..... | 80 |

| | |
|--|----|
| Tabla N° 18 RESULTADOS OBTENIDOS DE LOS DIFERENTES MÉTODOS APLICADOS EN EL TABLERO AGLOMERADO DE MADERA | 83 |
| Tabla N° 19 Resultados obtenidos del Módulo de Ruptura de los Tableros Aglomerados de Tectán..... | 83 |
| Tabla N° 20 Resultados obtenidos de la Densidad Aparente de los Tableros Aglomerados de Tectán..... | 85 |
| Tabla N° 21 Resultados obtenidos del Contenido de Humedad de los Tableros Aglomerados de Tectán | 87 |
| Tabla N° 22 Resultados obtenidos de la Absorción de agua (2 horas) por sumersión total de los Tableros Aglomerados de Tectán..... | 89 |
| Tabla N° 23 Resultados obtenidos de la Absorción de agua (24 horas) por sumersión total de los Tableros..... | 90 |
| Tabla N° 24 Resultados obtenidos de la Hinchazón de agua (2 horas) por sumersión total de los Tableros Aglomerados de Tectán..... | 92 |
| Tabla N° 25 Resultados obtenidos de la Hinchazón de agua (24 horas) por sumersión total de los Tableros Aglomerados de Tectán..... | 94 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura N° 1 Residuos de envases Tetra Pak..... | 23 |
| Figura N° 2 Estructura del envase Tetra Pak..... | 30 |
| Figura N° 3 Ahorro de recursos por reciclaje de Tetra Pak | 35 |
| Figura N° 4 Determinación del espesor, ancho y longitud de la muestra | 68 |

ÍNDICE DE GRÁFICOS

| | |
|--|----|
| Gráfico N° 1 Patrones espaciales de deforestación expresadas hectáreas por año del Ecuador..... | 37 |
| Gráfico N° 2 Conocimiento de Envases Tetra Pak | 59 |
| Gráfico N° 3 Consumo de productos envasados en Tetra Pak | 60 |
| Gráfico N° 4 Productos consumidos mensualmente | 61 |
| Gráfico N° 5 Apoyo de campañas de reciclaje..... | 62 |
| Gráfico N° 6 Conocimiento de madera sintética (Tectán) en la población. | 64 |
| Gráfico N° 7 Planchas de madera Sintética (Tectán) | 65 |
| Gráfico N° 8 Módulo de Ruptura de los Tableros Aglomerados de Tectán | 84 |
| Gráfico N° 9 Densidad Aparente de los Tableros Aglomerados de Tectán | 86 |
| Gráfico N° 10 Contenido de Humedad de los Tableros Aglomerados de Tectán | 88 |
| Gráfico N° 11 Absorción de agua (2 horas) por sumersión total de los Tableros Aglomerados de Tectán | 89 |
| Gráfico N° 12 Absorción de agua (24 horas) por sumersión total de los Tableros Aglomerados de Tectán | 91 |
| Gráfico N° 13 Hinchazón de agua (2 horas) por sumersión total de los Tableros Aglomerados de Tectán | 93 |
| Gráfico N° 14 Hinchazón de agua (24 horas) por sumersión total de los Tableros Aglomerados de Tectán. | 94 |

RESUMEN

Se desarrolló el diseño de un proceso para la elaboración de tableros aglomerados a partir de envases Tetra Pak, en la Escuela de Ingeniería Química de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo para la Agencia de Desarrollo Crecer de la ciudad de Riobamba.

En mi investigación se utilizó el método experimental para establecer el diseño con el fin de determinar parámetros físico-mecánicos de los tableros para comparar los resultados obtenidos con las diferentes normas de calidad, en dichos parámetros se utilizaron materiales como el micrómetro y calibrador para medir las dimensiones de los tableros, así como también la balanza y la estufa para pesar y determinar el porcentaje de humedad de los mismos. Para la realización de dichos tableros aglomerados se contó como materia prima los envases Tetra pak, además de una prensa hidráulica para ejercer presión y sierras circulares para el momento del corte.

Las propiedades físico-mecánicas de los tableros fueron determinadas siguiendo las estipulaciones de la Norma Venezolana COVENIN N° 847- 91 Tableros de Madera aglomerada; la Norma Técnica Colombiana NTC N° 2261 Tableros de partículas aglomeradas para aplicaciones de interiores no estructurales; y la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN N° 896:2005 Tableros de madera aglomerada, contrachapada y fibra de madera, en las cuales además de las pruebas cualitativas que son apariencia, consistencia y facilidad de corte, se determinó el módulo de ruptura obteniendo 16.77 N/mm^2 , una densidad aparente de 766.76 kg/ m^3 , contenido de humedad del 3.30 %, absorción de agua del tablero por sumersión total a 2 y 24 horas de 17,27 % y 29.66 % respectivamente, y por último hinchazón de agua por sumersión total 2 horas 18.33 % y 24 horas 32.05 %.

Concluimos que el tablero aglomerado que tiene características óptimas, desde el punto de vista técnico y luego de varias pruebas es el que soporta 20 Toneladas de presión, 180 ° Celsius, realizado durante un tiempo de residencia de 20 minutos.

Se recomienda utilizar dicho tablero aglomerado ecológico en lugares cerrados como en divisiones de interiores y muebles de oficina ya que se determinó que los mismo pueden ser utilizados satisfactoriamente debido a que es un material con propiedades similares a los tableros aglomerados de madera comerciales.

ABSTRACT

It was developed the desing of a process for manufacturing of plywood from Tetra Pak, at chemical School at the Polytechic School of Chimborazo to the Agency Grow Development in Riobamba city.

The experimental method was used in this research to establish the design in order to determine physical-mechanical parameters of the boards to compare the obtained results with different quality standards, in these parameters were used materials such as; micrometer and caliper to measure dimensions of the boards as well as the scale and furnace to weigh and determine moisture percentage. To perform those plywood were used Tetra Pak packing, besicles a hydraulic press to exert pressure and circular saws for cutting time.

The physical and mechanical properties of the boards were determined following the provisions of Venezuelan policy COVENIN N° 847- 91. Plywood; the Colombian technical standard NTC N° 2261. Boards of particles for non- structural NTE INEN N° 896:2005. Playwood, sealed and wood fiber, which in addition to the qualitative tests have appearance, consistency and easy of cutting. If was determined the moduls of rupture obtaining 16.77 N/mm^2 , a bulk density of 766.76 kg/ m^3 , moisture content 3.30%, water absortion by total immersion of the board 2 and 24 hours of 17,27 % and 29.66 % respectively, and finally swelling of water by total immersion 18.33 % and 24 hours 32.05 %.

It is concluded that the plywood has optimal characteristics from the technical standpoint and after several tests in the one that supports 20 tons of pressure, 180° Celsius, performed in a residence time of 20 minutes.

It is recommended to use ecological plywood in inner places like interior divisions and furniture, it was determined to use ecological plywood in inner places like interior divisions and furniture, it was determined that the same can be used successfully because it is a material with similar properties to commercial plywood.

INTRODUCCIÓN

La sociedad moderna ha centralizado sus metas en la búsqueda continua de productos que le ofrezcan mejor calidad a un costo más accesible, existe una gran preocupación por la reducción de residuos contaminantes sólidos que conducen a la administración, a la búsqueda y puesta en práctica de desarrollo de nuevos procesos y tecnologías que unidas a una cultura de conciencia social, está generando una nueva dinámica en cuanto a la recolección selectiva de residuos sólidos, conduciendo cada vez más a la sociedad civil hacia un mayor y mejor aprovechamiento y una posterior reutilización de los mismos.

En la actualidad a nivel mundial se buscan soluciones para controlar la contaminación y hacer que este llegue a niveles muy bajos, poco aceptable para el hombre, por ello se buscan soluciones el cual es el reciclaje de los envases Tetra Pak como protagonista en este proyecto.

Ecuador en los últimos años ha compenetrado y comprometido de manera insistente el interés por el tema ambiental y la búsqueda de proyectos alternativos que brinden soluciones a la problemática de contaminación ambiental que cada vez crece de manera consistente.

A nivel de reciclaje, el envase TETRA PAK, no está formado por material biodegradable y por tanto de no ser reciclado tardaría miles de años en degradarse. Por suerte, existen métodos de reciclaje para dicho envase que permiten reutilizar prácticamente por completo sus materiales.

En el presente proyecto se desarrollará un estudio para realizar un proceso de transformación de los envases TETRA PAK, relacionados a los envases compuestos para alimentos líquidos y pastas (leche, néctar, yogurt, etc.) en aglomerados de “TECTÁN” que sustituirán la madera en forma de tableros aglomerados en la fabricación de muebles, mesas, sillas, etc., en la ciudad de Riobamba.

ANTECEDENTES

Con la evolución de la sociedad y los cambios que ello ha llevado consigo, los envases también han cambiado, reflejando nuevos requisitos y características sobre éstos. A mediados del siglo XX la gran transformación de la vida rural a la vida urbana exigió que los alimentos logran ser transportados desde el campo a la ciudad y pudieran mantenerse durante mayores períodos de tiempo en buen estado de conservación. Es así como el nacimiento del primer envase Tetra Pak está ligado a la Segunda Guerra Mundial, cuando Ruben Rausing, su inventor, vio lo difícil que resultaba la distribución en Europa de algo tan básico como la leche.

Entre las dos guerras mundiales, la preocupación sobre la distribución de alimentos aumentaba puesto que cada vez más gente vivía alejada de los centros de producción alimenticia. Rausing le inspiró la idea de desarrollar un práctico envase de cartón para leche. Y fue así como en 1951, Tetra Pak se estableció en Suecia como una filial de Akerlund & Rausing en Lund, y al año siguiente vendió la primera máquina de envases de cartón con forma de tetraedro.

Actualmente, la necesidad de preservar las características físicas, químicas y organolépticas de los alimentos, se combinan con la versatilidad del uso del envase, logrando que los diseñadores desarrollen aquellos tipos que contienen combinaciones de (75%) papel, polietileno (20%) y (5%) aluminio, para envasar una gran variedad de alimentos tales como jugos, néctares, leche de larga vida, bebidas carbonatadas, comidas preparadas, vegetales, etc.

Ahora bien, la aceptación del TETRA PAK además responde, a razones económicas. Para los productores la ventaja es que les permite transportar un producto líquido, a punto de ser vendido, en un 95% del total de la carga. Para los distribuidores y los comerciantes es ahorro en el espacio de almacenamiento. Al consumidor le permite adquirir alimentos líquidos básicos en un envase que los conserve durante mucho tiempo y que, además sea resistente a los golpes. Estos factores han sido determinantes para que la demanda de envases TETRA PAK crezca permanentemente a nivel mundial, paralelo a los cambios de hábitos de la sociedad moderna.

Los productos de TETRA PAK son vendidos en más de 165 mercados alrededor del mundo. Entre éstos países está TETRA PAK Ecuador que se encuentra establecida como TETRAPAK CIA. LTDA., compañía que está encargada de manejar toda la operación comercial y de servicio técnico en el país.

Al Ecuador ingresaron en el año de 1994 los envases Tetra Pak Aseptic, éstos no son biodegradables y no han sido reciclados hasta el momento. Cuando se convierten en residuos sólidos, al final de su ciclo de vida, demandan que se incurran en costos operativos para su disposición final, reduciendo la vida útil de los rellenos sanitarios y botaderos.

Por otro lado el Banco central del Ecuador afirma que la actividad industrial maderera crece 4,0% a cada año, lo que con lleva a problemas de deforestación de los bosques, según datos estadísticos revelan que 74.300 ton/año y 61.800ha/año en los años 1990-2000 y 2000-2008 respectivamente.

El TECTÁN es un material aglomerado, que se ha comenzado a usar en muchos países de Europa y algunos de América Latina como reemplazo de los aglomerados de madera y la madera en sí misma, para la fabricación de mobiliarios, así como también ha comenzado a ser usado como material de fabricación de casas de interés social de bajo costos, como ha sido el caso de Chile con el programa "Un Techo para Chile", que es una iniciativa para combatir el problema de la gente sin hogar, en donde se han construido viviendas para las personas de escasos recursos, usando el TECTÁN como material de construcción entre otros.

Este aglomerado ecológico también ha tenido gran acogida en los países orientales y Europeos en donde es conocido como CHIPTEC, actualmente China cuenta con tres plantas recicladoras de Tetra Pak y productoras de CHIPTEC. Debido a sus propiedades y al impacto ambiental positivo que genera, la Agencia China de Protección Ambiental desde el año de 1997, reconoce al CHIPTEC como una de las tecnologías recomendables a escala nacional, para la protección del medio ambiente. Así mismo en el año de 1998 CHIPTEC paso con éxito las pruebas realizadas en conjunto por el Comité Estatal para la Ciencia y la Tecnología, la oficina de Materiales de Construcción y la Agencia Estatal de Protección Ambiental, pruebas que arrojaron como resultado que los aglomerados productos del reciclaje de TETRA PAK eran aptos para ser usados como materiales de Construcción seguros y ambientalmente amigables.

JUSTIFICACIÓN

La empresa Tetra produce cerca de 7800 toneladas de envases para alimentos al año en nuestro país, producción que no satisface la demanda de la industria alimentaria nacional por ello en el año 2012 según el informe del diario Hoy (2012), Ecuador importó desde Brasil 500 millones de empaques tetra pak de jugos, leche y otros líquidos, que son distribuidos entre las empresas ecuatorianas, los cuales una vez utilizados van a parar directamente en los vertederos y basureros municipales, generando efectos negativos en el medio ambiente, es decir los residuos generados, su manejo y disposición representa un impacto ambiental considerable, concentrado en las ciudades más importantes del mismo.

Esta situación obliga a desarrollar y/o adaptar tecnologías orientadas al aprovechamiento de los materiales presentes, especialmente por su naturaleza inorgánica, constituyen una mayor amenaza ambiental.

En este contexto la presente investigación del *diseño de un proceso para la elaboración de tableros aglomerado a partir de envases Tetra Pak*, es de fundamental importancia para toda la sociedad y para el medio ambiente, además de ser económicamente barato debido a que se tendrá un mínimo costo de materia prima en la realización del producto, y permitirá mitigar sobre el impacto ambiental que estamos atravesando. Respondiendo a las exigencias actuales de la demanda de materias primas y como una alternativa para solucionar el consumo elevado de envases, así como también pretende disminuir la deforestación de los bosques, y eliminar los niveles tóxicos de formaldehído que tienen los aglomerados de madera, sustituyéndolos por aglomerados de Tectán. En efecto, los

aglomerados de madera cuando se los emplea en lugares cerrados libera este compuesto agudo causando daños a la salud, por ello la Organización Mundial de la Salud recomienda que dichos niveles no sean mayores de 0.05 ppm.

Con este estudio se pretende diseñar un proceso de transformación lo más simplificado posible para la fabricación de tableros aglomerados del material recuperado (Tetra Pak), así como reducir el impacto ambiental negativo que los mismos generan, obteniendo un producto atractivo a los consumidores, con características optimas a fin de determinar su posible uso en la industria de la construcción, se logrará crear una conciencia ecológica y un hábito de reciclaje, que en el futuro ayudará considerablemente a la protección del planeta y sus recursos naturales, que se traducirá en la preservación de la vida y el desarrollo económico.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Diseñar un proceso para la elaboración de tableros aglomerados a partir de envases TETRA PAK.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ❖ Determinar las variables del proceso (espesor, tiempo, temperatura y presión)
- ❖ Diseñar el proceso para la elaboración del tablero aglomerado llamado “TECTÁN”
- ❖ Determinar las constantes físico-mecánicas de los tableros de acuerdo a las normas técnicas.
- ❖ Comparar las características técnicas del aglomerado de Tectán con el aglomerado de madera existente en el mercado.

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO

1.1. ENVASE

Es todo recipiente o soporte, fabricado con materiales de cualquier naturaleza, utilizado para proteger, contener, manipular distribuir y presentar mercancías, desde materias primas hasta artículos acabados, en cualquier fase de la cadena de fabricación, distribución y consumo. ^[1]

Una de las principales funciones del envase es la de conservar el producto. En este sentido, las características de un buen envase son las siguientes:

- Posibilidad de contener el producto
- Permitir su identificación
- Capacidad de proteger el producto
- Adecuado a las necesidades del consumidor en términos de tamaño, ergonomía, calidad, etc.
- Ajuste a las unidades de carga y distribución del producto
- Fácil adaptación a las líneas de fabricación y envasado del producto, y en particular a las líneas de envasado automático
- Cumplimiento de las legislaciones vigentes

^[1] **Envase**

CEVERA, FANTONI, Ángel, “Envase y Embalaje (La venta silenciosa)” 2^{da} Edición, ESIC Editorial, Madrid-España 2003. Pág. (27-31)

- Precio adecuado a la oferta comercial que se quiere hacer del producto
- Resistente a las manipulaciones, transporte y distribución comercial ^[2]

1.1.1. TIPOS DE ENVASE

1.1.1.1. VIDRIO:

Es un envase idóneo para alimentos, especialmente los líquidos. Inalterable, resistente y fácil de reciclar y reutilizable. Ejemplo botellas de gaseosas, néctares de frutas, etc.

1.1.1.2. MATERIALES COMPUESTOS LAMINADOS (BRICK- ENVASES TETRA PAK):

Son film compuestos por varias capas delgadas de varios materiales (plástico, celulosa y metal), elaborado bajo procesos de laminación, recubrimiento, deposición y evaporación; los cuales permiten generar productos con propiedades específicas de durabilidad, variedad de resistencias mecánicas, resistencia a la humedad y características adecuadas para ser usados. Este envase ligero, resistente y hermético. Idóneo para transportar y almacenar. Su compleja composición dificulta su reciclaje. Se está convirtiendo en el principal envase de alimentos de primera necesidad.

Un ejemplo de ello son los envases creados por la empresa Tetra Pak, la cual ha usado combinaciones de aluminio, polietileno, y cartón.

Ejemplo envases para jugos, leche, etc.

^[2] **Definición de Envase, embasado, empaque y embalaje**
<http://www.quiminet.com/articulos/definicion-de-envase-ensado-empaque-y-embalaje-15316.htm>

1.1.1.3. CARTÓN:

Son materiales baratos a base de celulosa, procedente de la madera. Son reciclados o biodegradados durante el compostaje en el medio ambiente. Se presenta en forma de cajas, planchas y cartón ondulado. Ejemplo los cartones ondulados para los huevos.

1.1.1.4. METAL:

Es alta barrera a los gases y al vapor de agua. La hojalata es un acero sólido y pesado recubierto de estaño para protegerlo de la oxidación. Se utiliza para envasar alimentos y conservas.

Se puede separar magnéticamente y siempre se debe reciclar. Es un material relativamente caro, puede reciclarse pero con un elevado coste energético.

1.1.1.5. PLÁSTICO:

Los plásticos son materiales susceptibles de moldearse mediante procesos térmicos, a bajas temperaturas y presiones. Son sustancias orgánicas caracterizadas por su estructura macromolecular y polimérica, son baratos y tienen un bajo costo en el mercado.

1.1.2. ENVASES DE TETRA PAK

Los envases de Tetra Pak o Brik son film compuestos por varios materiales: 75 % de celulosa, un 20% de polietileno, un 5 % de aluminio, ayudan a preservar los alimentos durante largos periodos sin preservantes ni refrigeración, por eso se están convirtiendo en un aliado para amas de casa y para industrias que buscan mejorar la distribución en el país.

Figura N° 1 Residuos de envases Tetra Pak



Fuente: minambiente.gov.com

1.1.2.1. CLASIFICACIÓN, TIPOS Y USOS

Existen dos tipos de envases Tetra Pak: asépticos y no asépticos.

1.1.2.1.1. ENVASES ASÉPTICOS

Los envases asépticos son aquellos que son esterilizados antes de ser envasado, contienen una capa de aluminio la cual protege al producto de la luz, oxígeno y de microorganismos. Al país solo han ingresado los envases asépticos desde el año 1994, es por esto que son el principal insumo del presente proyecto.

Tabla N° 1 Envases Tetra Pak Asépticos

| | |
|---|---|
|  | <p>Tetra Classic® Aseptic</p> <p>Envase con forma de tetraedro. Fue el primer envase lanzado por Tetra Pak en 1952. La versión aséptica apareció en 1961. Destinado a productos para niños y adultos. Fácil apertura. Los volúmenes van de 8 a 250 CC.</p> |
| | |

| | |
|---|---|
|  | <p>Tetra Brik® Aseptic</p> <p>Envase rectangular y está disponible con numerosas aperturas diferentes. Existe en versiones no asépticas (1963) y asépticas (1968). Esta innovación, junto con un espíritu empresarial, le permitió a Tetra Pak subir vertiginosamente a la primera posición de la industria internacional de envases. Viene en cuatro diferentes formatos Baseline, Squareline, Midi y Slimline. Los volúmenes oscilan de 100 a 1500 CC.</p> |
|  | <p>Tetra Prisma® Aseptic</p> <p>Envase aséptico de forma octogonal y acabado metalizado. Diseño innovador y formato ergonómico. Alternativa para el mercado de bebidas no carbonatadas.</p> <p>Presentaciones en los siguientes volúmenes: 200, 250, 330 y 1000 CC.</p> |
|  | <p>Tetra Fino® Aseptic</p> <p>Envase con forma de almohada. Se lanzó en 1997. Su formato de bajo costo es adecuado para mercados emergentes. Los volúmenes disponibles son de 250 y 500 CC</p> |



Tetra Wedge® Aseptic

Ideal para jugos y bebidas. Tiene una forma especial con una base de cuatro lados y la parte superior en forma de cuña. Se lanzó en 1996. El volumen que se utiliza actualmente es el 200 CC.



Tetra Recart TM

Nuevo envase de Tetra Pak que representa una alternativa para alimentos que tradicionalmente se envasan en latas o vidrio como vegetales o comidas listas para consumir. Es el primer envase aséptico capaz de ser sometido a procesos de autoclave.



Tetra Aptiva® Aseptic

Primera botella aséptica lanzada en España en el año 2006 y en Sudamérica será en el 2008. Formado por una base de cartón, una parte superior de plástico y un tapón de rosca. Combina el sabor y el valor nutricional que brinda un envase de cartón aséptico con el atractivo de las botellas de plástico.

Fuente: Tetra Pak

Elaboración: Autora

1.1.2.1.2. ENVASES NO ASÉPTICOS

Una solución óptima para productos pasteurizados que requieren cadena de frío. Consisten de tres láminas: dos de polietileno y una de cartón.

Tabla N° 2 Envases Tetra Pak no Asépticos

| | |
|---|--|
|  A white, rectangular Tetra Rex carton with a gabled top, set against a blue background. | <p>Tetra Rex</p> <p>El envase es rectangular y por la parte superior en forma de tejadillo. La primera máquina llenadora Tetra Rex se instaló en Suecia en 1966. Los volúmenes varían de 118 a 2000 CC.</p> |
|  Two white Tetra Top cartons, one taller than the other, with rounded tops and a plastic cap, set against a blue background. | <p>Tetra Top:</p> <p>Es un envase rectangular con esquinas redondeadas y permite envasar productos de mayor viscosidad. La parte superior de plástico y el tipo de apertura son característicos de este tipo de envase. Se lanzó en 1986.</p> |

Fuente: Tetra Pak

Elaboración: Autora

1.1.2.2. COMPOSICIÓN DEL ENVASE

Su composición se puede establecer en unos 20 gramos de cartón, alrededor de 6 gramos de polietileno y 1.5 gramos de aluminio. ^[3]

Los envases de Tetra Pak están conformados de 6 capas que evitan el contacto con el medio externo, y aseguran que los alimentos lleguen a los consumidores con todas sus propiedades intactas.

Estos envases están compuestos de papel, polietileno y aluminio.

- **Papel:** recurso natural renovable: 75% del contenido del envase. El papel utilizado para la fabricación de los envases de Tetra Pak proviene de diferentes fuentes naturales renovables. Datos de los fabricantes de estos envases indican que el papel que utilizan proviene de árboles de pino originarios de países nórdicos, los cuales reforestan y tiene un gran compromiso ambiental en todas sus actividades.
- **Polietileno:** el polietileno de baja densidad (PEBD), evita que el alimento esté en contacto con el aluminio, ofrece adherencia y garantiza la protección del alimento. ^[4]
Es recurso natural no renovable: este constituyente representa 20% del contenido del envase. El uso de las capas más finas posibles de polietileno (la capa exterior tiene sólo 10 micras de espesor) minimiza el empleo de recursos.

El polietileno proporciona estanqueidad al contenido líquido y mantiene unidos los diferentes materiales del envase.

Entre las propiedades del LDPE, se tienen las siguientes:

^[3] **Residuos de envases de composición Mixta “BRIKS”**

RAMOS, CASTELLANOS, Pedro, “Gestión del Medio Ambiente”, 1^{ra} Edición, Universidad Salamanca. España 1996. Pág. 23

^[4] **Composición de envase**

http://www.tetrapak.com/ar/products_and_services/elsistematetrabrik/composicion%20del%20envase/pages/default.aspx

- ❖ Flexible
 - ❖ Liviano
 - ❖ Transparente
 - ❖ Inerte (al contenido)
 - ❖ Bajo costo
- **Aluminio:** Las bauxitas son minerales que se encuentran en la naturaleza los cuales son ricos en óxidos de aluminio, de los cuales por medio de procesos químicos se extrae el aluminio metálico. Este metal no reacciona con el oxígeno del aire, es resistente a la corrosión y al ataque de la mayoría de los ácidos.

El 5% del contenido del envase el foil de aluminio, es usado en el material de envase para evitar la entrada de luz y oxígeno. La hoja de aluminio es una solución muy práctica para esta necesidad; permite el almacenamiento seguro a temperatura ambiente de los productos envasados y así ahorra la energía que sería necesaria para su refrigeración tanto en el transporte como en el almacenamiento; la hoja de aluminio es una excelente barrera a pesar de su delgadez, tiene un espesor de 6,5 micras, siendo 100 veces más delgado que un cabello humano.

1.1.2.2.1. CONFORMACIÓN DE CAPAS

Los envases Tetra Pak están compuestos por seis capas, las cuales se describen en la siguiente tabla:

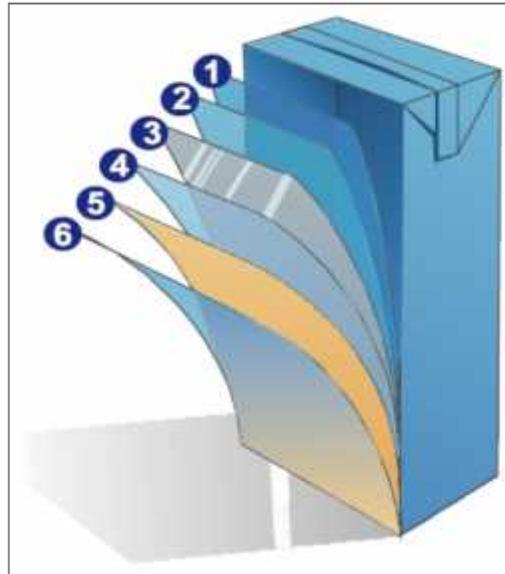
Tabla N° 3 Capas del envase Tetra Pak

| CAPA | NOMBRE | FUNCIÓN |
|------------------|-------------------------------------|--|
| 1ra. Capa | Polietileno de baja densidad (LDPE) | Protege el producto de la humedad del exterior |
| 2da. Capa | Papel | Brinda resistencia y estabilidad |
| 3ra. Capa | Polietileno de baja densidad (LDPE) | Ofrece adherencia fijando las capas del papel y el aluminio |
| 4ta Capa | Aluminio | Protege el producto del oxígeno, luz y los microorganismos |
| 5ta Capa | Polietileno de baja densidad (LDPE) | Evita que el alimento este en contacto con el aluminio |
| 6ta Capa | Polietileno de baja densidad (LDPE) | Evita la migración de contaminantes del envase hacia el producto |

Fuente: Tetra Pak

Elaboración: Autora

Figura N° 2 Estructura del envase Tetra Pak



Fuente: Tetra Pak

1.1.2.3. TENDENCIAS DE CONSUMO

Hoy los países desarrollados son los que dictan la pauta en el consumo de alimentos, mientras que los países en vías de desarrollo se esfuerzan por aprovechar esas tendencias para desarrollar su sector productor y exportador y las incorporan a su dieta según se los permita su capacidad económica.

El consumo de productos envasados en Tetra Pak en países desarrollados ha tenido gran aceptación, es así como, en el 2003 España consumió 5.642 millones, Canadá consumió 1.400 millones de empaques, los países latinoamericanos siguen esta tendencia: Colombia 11.200 ton anuales. Según Tetra Pak Brasil, Argentina, Chile consumen cantidades significativas de este envase.

En América, la empresa de TETRA PAK tiene ocho plantas de fabricación de envases, de ellas tres están en los EEUU, dos en el Brasil, una en la Argentina, otra en Venezuela y una más en México.

De acuerdo con las estadísticas del año 2006, Alusio Ragazzi y que hasta esa época era el director general de la empresa sueca para Colombia y el Ecuador Tetra Pak - Ecuador importaba anualmente desde Brasil aproximadamente 200 millones de envases que eran distribuidos en empresas ecuatorianas productoras de lácteos y jugos.

Philippe Delouche, actual gerente general de la empresa en el Ecuador señala la venta de estos envases en el año 2012 en nuestro país fue de 500 millones de envases entre jugos, leche y otros líquidos.^[5]

1.1.2.4. INDUSTRIAS QUE USAN ENVASES TETRA PAK

Las distintas industrias que han adoptado el envasado Tetra Pak son:

- Láctea
- Jugos
- Frutas
- Vino

⁵ **Industria alimenticia**

<http://www.hoy.com.ec/noticias-ecuador/empresa-tetra-pak-ensava-100-millones-de-litros-en-el-pais-546263.html>

Tabla N° 4 Industrias que han adoptado el envase Tetra Pak

| MARCA | EMPRESA |
|-------------------------------------|---|
| LECHE Y YOGURT “NUTRI LECHE” | LACTEOS SAN ANTONIO C.A |
| LECHE “VITA LECHE “ | PASTEURIZADORA QUITO S.A. |
| LECHE “LA LECHERA” | ECUAJUGOS S.A NESTLE ECUADOR S.A |
| LECHE “TONI” | INDUSTRIAS LÁCTEAS TONI S.A |
| LECHE ALPINA | ALPINA PRODUCTOS ALIMENTICIOS ALPIECUADOR S.A. |
| LECHE “HUESITOS” | ECUAJUGOS S.A - NESTLE ECUADOR S.A |
| LECHE “NESQUIK” | ECUAJUGOS S.A - NESTLE ECUADOR S.A |
| LECHE CAFFE LATO | INDUSTRIAS LÁCTEAS TONI S.A |
| VINOS DE MESA BLANCO | COSMICA CIA. LTDA |
| VINO “BALDORE” | INDUSTRIA BALDORE CIA LTDA |
| JUGOS NATURA | ECUAJUGOS S.A - NESTLE ECUADOR S.A |
| JUGOS “PULP” | AJECUADOR S.A |
| JUGOS SUNNY | QUICORNAC S.A |
| AVENA CASERA | INDUSTRIAS LÁCTEAS TONI S.A |
| | |

Elaboración: Autora

1.1.3. IMPACTO AMBIENTAL EN EL ECUADOR

Representantes de Intercia S.A., empresa recicladora del Ecuador, más conocida como REIPA, manifiestan que hasta el momento estos envases no se han podido reciclar en el Ecuador. Su estructura de seis láminas compactadas entre sí, hacen imposible la degradación natural del envase, es por esto que se les llaman envases de “larga vida”. Por otro lado, las tecnologías actuales de reciclaje de cartones comunes, no están adaptadas para procesar este tipo de cartones porque al disgregarse el plástico/aluminio, estos residuos obstruyen las mallas en los procesos subsiguientes, convirtiéndose en un problema para dicha industria. Es por esto que este tipo de residuos sólidos, al final de su ciclo de vida, tienen tres efectos: ocupan capacidad de los rellenos sanitarios del país, demandan que se incurra en costos operativos para su disposición final y reducen la vida útil de los rellenos sanitarios o botaderos.

1.1.3.1. EL RECICLAJE

El "reciclaje" es una de las alternativas utilizadas para la reducción del volumen de los desperdicios sólidos, se trata de un proceso que consiste en volver a utilizar materiales que fueron desechados, y que aún son aptos para elaborar otros productos o re-fabricar los mismos. Ejemplo de materiales reciclables, son los metales, el vidrio, el plástico, el papel, el cartón y otros. ^[6]

El reciclaje trae consigo ventajas medioambientales y económicas ya que permite la reutilización de productos a bajo costo. A través del reciclaje se logran beneficios económicos, ambientales y sociales entre los que podemos mencionar:

^[6] **El reciclaje como alternativa para disminuir la contaminación**

<http://www.monografias.com/trabajos93/reciclaje-como-alternativa-disminuir-contaminacion/reciclaje-como-alternativa-disminuir-contaminacion.shtml>

- Ahorro de materia prima virgen, energía, agua y otros.
- Generación de fuentes de trabajo para la mano de obra no calificada
- Abastecimiento a la industria de materia prima a bajo costo.
- Prolongación de la vida útil de los rellenos sanitarios
- Preservación de los recursos naturales
- Disminución de la contaminación ambiental
- Ahorro a las Municipalidades en el proceso de recolección, transporte, tratamiento final de los residuos sólidos.

1.1.3.1.1. APROVECHAMIENTO PARA RECICLAJE.

En la gestión de los residuos de papel y cartón es el reciclado que implica una eficaz selección en origen y recogida selectiva de los residuos. Por lo tanto la colaboración de la comunidad en este punto es de vital importancia.

Una vez transportados a las plantas de aprovechamiento, los residuos de papel y cartón son sometidos a procesos de acondicionamiento relativamente sencillos, por lo que estos materiales, puede convertirse fácilmente en materia prima secundaria para los procesos productivos. Esta actividad es llevada a cabo por las iniciativas privadas o municipales, dedicadas al reciclaje de materiales.

Una adecuada gestión del papel y el cartón, permite aumentar la vida útil de este material y disminuir los impactos ambientales generados por las diferentes etapas de su ciclo de vida.

1.1.3.1.2. EL RECICLAJE COMO UNA ALTERNATIVA

El reciclaje es la mejor alternativa para la disposición final de este tipo de residuos , por cada tonelada de reciclaje de los envases Tetra Pak se ahorran 3.000 KW de energía eléctrica, 100.000 litros de agua, 221 Kg. de combustible, 1.500 Kg de madera en

tratamiento y eliminación de residuos municipales . Este ahorro se lo representa en la siguiente figura:

Figura N° 3 Ahorro de recursos por reciclaje de Tetra Pak



Fuente: Geenvox

1.2. AGLOMERADOS

1.2.1.SECTOR MADERERO ECUATORIANO

En Ecuador las cifras preliminares del Banco Central afirman que la actividad industrial maderera crece 4,0% a nivel nacional.

Los bosques nativos se constituyen en el principal abastecedor de las industrias (75%), las plantaciones ocupan un lugar secundario.

La explotación del bosque tiene una marcada tendencia hacia las especies de mayor valor comercial, por lo tanto la presión sobre estas aumenta cada vez más; éstas se la hace en forma espontánea y desordenada, su calidad es baja lo cual afecta a los procesos de producción del bien final. El control estatal es inefectivo, la inexistencia de vigilancia por parte del INEFAN ha permitido inclusive que se extraiga madera de áreas protegidas y se

incrementa el contrabando de este recurso, Desde 1992 la producción total de madera aserrada, el 60% proviene de motosierristas. El Ecuador es uno de los principales países productores de materia prima como es el caso de la madera.

Los valores de la tasa de deforestación anual o el valor acumulado de ella, en el mismo ministerio del medio ambiente, existe documentación donde el valor de la deforestación anual va desde 74.300 ha/año y 61.800ha/año es decir -0,68% en los años 1990-2000 y -0.63% el período 2000-2008 respectivamente

Parte de los árboles que se talan se utilizan como materia prima en la industria maderera, la cual elabora contrachapados y muebles en el país.

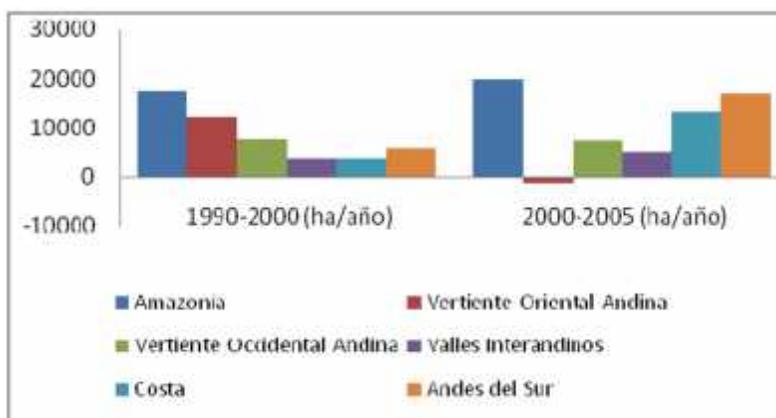
Tabla N° 5 Tasas de deforestación 1990-2008

| REGIÓN | DESFORESTACIÓN ANUAL PROMEDIO 1990-2000 (ha/año) | DESFORESTACIÓN ANUAL PROMEDIO 2000-2008 (ha/año) |
|------------------------------------|---|---|
| Amazonía | 17614.6 | 19778.6 |
| Vertiente Oriental Andina | 12089.9 | -1161.0 |
| Vertiente Occidental Andina | 7735.6 | 7574.8 |
| Valles interandinos | 3783.7 | 5123.3 |
| Costa | 2799.8 | 13439.9 |
| Andes del Sur | 5914.4 | 17008.9 |
| Nivel Nacional | 74330.9 | 61764.5 |

Fuente: Ministerio del Medio ambiente

Las tasas estimada de deforestación en las seis regiones y a nivel nacional expresada en hectáreas por año, los valores negativos representan cambios de otras coberturas del suelo hacia bosque.

Gráfico N° 1 Patrones espaciales de deforestación expresadas hectáreas por año del Ecuador



FUENTE: Ministerio del Medio ambiente

La región que más deforestación registra en los dos períodos de tiempo analizados es la Amazonía.

Ecuador es el primer exportador de madera de balsa a nivel mundial. También ocupa uno de los primeros lugares como exportador de tableros contrachapados en Sudamérica, después de Brasil y Chile, y el segundo como productor a nivel regional de tableros MDF.

También se exporta molduras, tableros aglomerados, parqué, puertas, ventanas y otras manufacturas de madera. La capacidad de la industria maderera local excede de la demanda interna, hecho que permite exportar en gran volumen e importancia.

La industria de la madera se ha desarrollado notablemente, desde la tala del árbol como la madera procesada, y como la industria de las manufacturas de madera.

En este ámbito es preocupante el primer lugar que ocupa el Ecuador como el país más deforestado entre los países de la cuenca amazónica, el segundo lugar en América Latina y el tercer lugar a nivel mundial.

1.2.1.1. PRINCIPALES PRODUCTOS DE EXPORTACIÓN EN EL SECTOR MADERERO

Entre los principales destinos de las manufacturas y semimanufacturas de madera ecuatoriana se encuentran: Estados Unidos de América, los países de la Comunidad Andina de Naciones, los de la Unión Europea, algunos países de Centro América, del Caribe y Japón.

Tabla N° 6 Exportaciones sector madera 1999

| DESCRIPCIÓN | MILES DE SUS FOB |
|--|-----------------------------|
| Chapas y tableros contrachapados | 23.497 |
| Balsa | 18.342 |
| Madera Bruta | 20.315 |
| Tableros de fibras | 5.221 |
| Tableros aglomerados | 4.421 |
| Molduras | 3.237 |
| Palillos y cucharas: manufactura y artículos de mesa y cocina. | 2.834 |
| Muebles | 1.496 |
| Puertas, ventanas y sus marcos | 1.032 |

| | |
|---|---------------|
| Madera aserrada | 885 |
| Cajones, pallets, barriles y duelas. | 828 |
| Estatuillas, marquetería | 717 |
| Tableros para parquets y demás obras y piezas de carpintería para construcción. | 65 |
| TOTAL | 82.890 |

Fuente: Datos de Promoción de exportaciones e Inversiones (CORPEI-ECUADOR); 1999

En el sector maderero, las chapas y tableros contrachapados y listonados, ocupan el primer lugar en ingresos para el país, consumiendo apenas el 5,3 % de madera. La madera con valor agregado adquiere mayor valor económico, por lo tanto se debe considerar en la asesoría gubernamental para que se implementen

1.2.2. AGLOMERADO DE MADERA

Es un material que se vende en láminas está compuesto por partículas de madera de diferentes tamaños, aglutinadas entre sí por algún tipo de resina, cola de resina u otro material, y aplicación de calor y compresión, el origen de la madera y de los aglutinantes varía y de ahí que sea más o menos ecológico.^[7]

Se distinguen muy bien por las virutas de las que están formadas las planchas. Se tiene planchas aglomeradas planas, planchas aglomeradas extruidas, y piezas moldeadas de aglomerados

^[7] **El aglomerado Muebles**
<http://www.areatecnologia.com/videos/AGLOMERADO.htm>

A los aglomerados de la madera también se los conoce como MDF en Inglés, las siglas de Fibras de Densidad Media, es un tablero conformado por partículas de madera de tamaño medio, muy uniformes, muy fáciles de trabajar con ellos, muy buenos como base para el lacado, muy estables ante los cambios de temperatura, (la madera, en cambio, al ser un "ser vivo" tiene intercambio de humedad con el medio y se expande y contrae). En su contra se dirá que pesa mucho. ^[8]

1.2.3. MADERA SINTÉTICA “TECTÁN”

La madera sintética obtenida de los residuos de los envases Tetra Pak, se denomina Tectán, por ser el más conocido de todos los diferentes nombres que recibe en diferentes partes del mundo (Chiptek, Maplar etc.) su producción está muy difundida en Europa.

El Tectán es un material aglomerado (madera sintética) de alta calidad y durabilidad formada a partir de Tetra Pak prensados. Sus características únicas lo hacen un material ideal para ser utilizado en la construcción y en los mobiliarios (sólido, resistente a la humedad, termoformable, moldeable, maleable...). A partir del Tectán, se pueden crear gran variedad de productos destinados principalmente a la construcción, ferreterías y a comercializadoras de maderas.

1.2.3.1. NECESIDADES

Actualmente alrededor del mundo entero y sobre todo en nuestro país en especial en los últimos años se ha visto el despertar hacia una conciencia ecológica, la cual ha llevado a que los consumidores cada vez exijan productos ecológicos que no sean nocivos para el

^[8] **El aglomerado Muebles**
<http://www.areatecnologia.com/videos/AGLOMERADO.htm>

medio ambiente así como que ayuden a reducir las emisiones de basuras y contaminantes que afectan de manera negativa el medio ambiente, por medio del reciclaje de los desechos.

El Tectán al ser un aglomerado, producto del reciclaje de envases de TETRA PAK, es un material que entraría a cubrir la necesidad de aglomerados, amigables con el medio ambiente de excelente calidad, versátil y con múltiples ventajas.

Es un producto que guarda grandes diferencias tales como su resistencia y reciclabilidad además de un menor costo con los productos que compiten con el directamente como lo son los aglomerados de madera comunes.

1.2.3.2. CARACTERÍSTICAS FÍSICO MECÁNICAS DEL TECTÁN

TECTÁN son laminas aglomerados producto del reciclaje de los envases de TETRA PAK usados y desechos post industriales, lo que lo hace un producto ambientalmente amigable a diferencia de los aglomerados de madera comunes. De igual manera las láminas de TECTÁN posee unas características especiales producto de los materiales que las componen, características que las diferencian sustancialmente de los aglomerados de madera comunes. Las características esenciales de las láminas de TECTÁN son:

RESISTENCIA O MÓDULO DE RUPTURA

Se define como la tensión máxima que un espécimen de prueba rectangular puede soportar en una prueba de flexión de 3 puntos hasta que se rompe, expresado en N/mm^2 o MPa.^[9]

^[9] **Módulo de Ruptura**

<http://www.telstar-instrumat.com/es/productos/analisis+mecanico/modulo+de+ruptura.htm>

Para calcular MOR se utiliza la siguiente fórmula:

$$MOR = \frac{3 \times P \times L}{2 \times a \times e^2}$$

Ec : 1

Dónde:

- ❖ MOR = módulo de ruptura, en N/mm²
- ❖ P = carga aplicada, en N
- ❖ L = distancia entre los apoyos, en mm
- ❖ a = ancho de la muestra, en mm
- ❖ e = espesor nominal de la probeta, en mm

DESIDAD APARENTE

La densidad es una propiedad intensiva de la materia definida como la relación de la masa de un objeto dividida por su volumen. La masa es la cantidad de materia contenida en un objeto y comúnmente se la mide en unidades de gramos (g). El volumen es la cantidad de espacio ocupado por la cantidad de la materia y es comúnmente expresado en centímetros cúbicos (cm³) o en milímetros (ml) (un cm³ es igual a 1 ml). Por consiguiente, las unidades comunes usadas para expresar la densidad, gramos por centímetros cúbicos (g/cm³), o también en kilogramos por metro cúbico (kg/m³)

Para calcular DA se utiliza la siguiente fórmula:

$$DA = \frac{m_a}{V} \times 10^{-6}$$

Ec: 2

Dónde:

- ❖ DA = Densidad aparente en Kg/m^3 ;
- ❖ m_0 = masa de la muestra en gramos;
- ❖ V = volumen de la muestra en mm.

CONTENIDO DE HUMEDAD

Es la cantidad de agua contenida en un material, corresponde a la humedad del tablero a la salida del proceso de producción. Este valor variará dependiendo de la humedad relativa del ambiente en que se encuentre, tendiendo a buscar la humedad de equilibrio.

Para calcular CH se utiliza la siguiente fórmula:

$$CH = \frac{m_0 - m_1}{m_1} \times 100$$

Ec: 3

Dónde:

- ❖ CH = contenido de humedad, en porcentaje;
- ❖ m_0 = masa de la muestra antes del secado, en gramos;
- ❖ m_1 = masa de la muestra después del secado, gramos.

HINCHAMIENTO

Absorción de agua y estabilidad dimensional del tablero por inmersión total: determina el hinchamiento o incremento de las dimensiones del material cuando son sometidos a

absorción de agua, entendida como la cantidad de agua tomada por las probetas cuando son sumergidas en agua.

Dicho en otras palabras señala el comportamiento del tablero frente a la humedad, y se refleja en el porcentaje de aumento del espesor. Esto sólo tienen lugar cuando su contenido de humedad se encuentra por debajo del punto de saturación de las fibras (aproximadamente cuando tienen una humedad del 30%), a partir del 30% sólo se produce un aumento de peso y su volumen permanece prácticamente constante, (deformación máxima).

Al ser expuestos a la acción del agua, los tableros de partículas en general presentan un aumento en espesor por absorción de agua. Con esta prueba se intenta determinar cómo afecta la acción del agua sobre los tableros aglomerados

Para calcular H se utiliza la siguiente fórmula:

$$H = \frac{V_1 - V_0}{V_0} \times 100$$

Ec: 4

Dónde:

- ❖ H = hinchazón, en porcentaje;
- ❖ V_1 = volumen después de la sumersión, en cm^3 .
- ❖ V_0 = volumen antes de la sumersión, en cm^3 .

ABSORCIÓN

$$Aa = \frac{P_1 - P_0}{P_0} \times 100$$

Ec: 5

Dónde:

- ❖ Aa = absorción de agua en porcentaje;
- ❖ P_1 = peso de la muestra después de la sumersión, en gramos;
- ❖ P_0 = peso de la muestra antes de la sumersión, en gramos.

NOTA: Al evaluar estas propiedades se pretende saber las condiciones ideales de los tableros aglomerados, así como también determinar la influencia de las variables estudiadas en dichas propiedades

Resistencia y durabilidad a los artículos confeccionados, es reciclable al 100% y no incorpora productos tóxicos o peligrosos.

- No se astilla ni se agrieta
- No conduce la electricidad y es insensible a la acción de hongos o insectos, lo que lo convierte en un material con múltiples aplicaciones.
- Resistente a la humedad.
- Láminas Ignifugas: no genera llama y baja propagación de la misma.
- Termo formable, flexible y manejable.
- Libre de resinas y formaldehidos. No contamina el aire, el suelo o el agua.
- Inmune a plagas y hongos.

- Material térmico: resiste una temperatura de 135° sobre 0 a 58 bajo 0.
- Material Acústico: filtra hasta un 69% los ruidos.
- Solidez: resiste impactos de todo tipo de material.
- Puede ser aserrado, modelado, pegado, atornillado.
- Permite uniones con tornillo, y pegantes de contacto.
- Puede ser trabajado con herramientas utilizadas en carpintería y herramientas caseras.
- Vida útil muy larga

1.2.3.3. APLICACIONES

Su uso se está haciendo cada vez más común, ya que supone grandes beneficios para el medio ambiente al evitar el consumo de recursos naturales como la madera de una forma económica y socialmente más rentable.

Esta es una muestra de las aplicaciones que tienen las láminas aglomeradas en la industria de los mobiliarios tanto interiores como exteriores, así como las aplicaciones que tiene para la industria de la construcción.

Mobiliarios interiores y de oficina. Las láminas aglomeradas de TECTÁN al poder ser trabajadas y utilizadas al igual que los aglomerados de madera comunes, pueden ser utilizadas como materia prima para la industria de la fabricación de mobiliarios interiores para así producir, mesas, gabinetes, armarios, sillas, camas, entre otros. De igual manera las láminas aglomeradas de Tectán pueden ser enchapadas pintadas y tratadas con el fin de obtener terminados más refinados para uso interior.

Mobiliario exterior. Debido a las características únicas de las láminas aglomeradas, estas son consideradas un material apto para ser utilizado en exteriores sin que se deterioren su forma o propiedades, al estar expuestos al calor, luz solar, lluvia, entre otros fenómenos climáticos a los que se ven expuestos los mobiliarios exteriores

1.2.3.4. NORMATIVA

Los objetivos principales de las normas son: establecer los requisitos de calidad y los diferentes métodos de prueba que deben seguirse en los aglomerados.

La normativa es:

- ❖ Norma técnica Colombiana NTC 2261. Tableros de partículas aglomeradas para aplicaciones de interiores no estructurales.
- ❖ Norma técnica Ecuatoriana NTE INEN 895: 2005. Tableros de madera aglomerada, contrachapada y fibra de madera (MDF). Determinaciones de las dimensiones de las probetas
- ❖ Norma técnica Ecuatoriana NTE INEN 899: 1982. Tableros de madera aglomerada. Determinación de la hinchazón y de la absorción de agua por sumersión total
- ❖ Norma técnica Ecuatoriana NTE INEN 896: 2005. Tableros de madera aglomerada, contrachapada y fibra de madera (MDF). Determinación del contenido de humedad.
- ❖ Norma técnica Ecuatoriana NTE INEN 897: 2005. Tableros de madera aglomerada, contrachapada y fibra de madera (MDF). Determinación de la densidad aparente.
- ❖ Norma Venezolana (Covenin 847-91). Tableros de madera aglomerada. Determinación de la Absorción.

CAPÍTULO II

2. PARTE EXPERIMENTAL

2.1. LOCALIZACIÓN

La recolección de dichos envases se realizó en la ciudad de Riobamba, provincia de Chimborazo, en la cual se asienta un número 225.741 habitantes. Se consideró como punto de partida las Urbanizaciones Residenciales, pues se determina que la población ubicada en las mismas consumen mucho de éstos productos ya que la mayor parte de envases de larga vida provienen de productos lácteos y jugos, además se tomó en cuenta el relleno sanitario.

2.2. TIPO DE MUESTREO

El método utilizado para el levantamiento de la información fue el muestreo aleatorio sistemático simple, complementado con encuestas, entrevistas y mediciones de campo, así como la identificación y análisis de los factores críticos relacionados con los desechos que se desarrollan a continuación.

Se utiliza el muestreo aleatorio sistemático simple, sujetándose a técnicas sencillas pero rigurosas, debido que una muestra mal tomada proporcionará una información errónea al interpretar los resultados.

Es necesario recurrir a instituciones y organismos, tales como: El Departamento de Planificación del Municipio de Riobamba (planos urbanos), INEC (datos de la población, según el último censo realizado).

2.2.1. TAMAÑO DE MUESTRA

El tamaño de la muestra es calculado en función del tamaño de la población, por lo tanto se clasificará en barrios, y en número de cuadras de la ciudad.

Existen 147 barrios según el departamento de Planificación del Ilustre Municipio de Riobamba, con sus correspondientes números de cuadras y su caracterización socioeconómica. Ver Tabla N° 7 de caracterización, que están distribuidos en los siguientes barrios:

Tabla N° 7 Levantamiento de Información Socioeconómica por Barrios

| N° | LISTADO DE BARRIOS | N° DE CUADRAS | ESTRATO SOCIO ECONÓMICO | | | |
|----|--------------------|---------------|-------------------------|---|---|---|
| | | | A | B | C | D |
| 1 | LA MERCED | 30 | | 1 | | |
| 2 | SAN FRANCISCO | 18 | | 1 | | |
| 3 | SANTA ROSA | 16 | | 1 | | |
| 4 | SAN ALFONSO | 32 | | 1 | | |
| 5 | LA PANADERÍA | 26 | | 1 | | |
| 6 | LOMA DE QUITO | 18 | | 1 | | |
| 7 | LA ESTACIÓN | 26 | | 1 | | |
| 8 | LA CONCEPCIÓN | 7 | | 1 | | |
| 9 | FERROVIARIO | 14 | | 1 | | |
| 10 | LAS CARMELITAS | 14 | | 1 | | |
| 11 | BONILLA ABARCA | 18 | | 1 | | |

| | | | | | | |
|----|------------------|----|--|---|---|--|
| 12 | LA CONDAMINE | 7 | | 1 | | |
| 13 | VILLA MARÍA | 26 | | 1 | | |
| 14 | LA PREVISORA | 9 | | 1 | | |
| 15 | BALLAVISTA | 48 | | 1 | | |
| 16 | SANTA MARIANITA | 8 | | 1 | | |
| 17 | LA TRINIDAD | 20 | | 1 | | |
| 18 | EL PRADO | 6 | | 1 | | |
| 19 | PLAZA DÁVALOS | 18 | | 1 | | |
| 20 | LA SALLE | 10 | | 1 | | |
| 21 | EL CUARTEL | 4 | | 1 | | |
| 22 | DIDONATO | 31 | | 1 | | |
| 23 | LAS DALIAS | 8 | | 1 | | |
| 24 | LOS PINOS | 15 | | 1 | | |
| 25 | LA GIORGINA | 6 | | 1 | | |
| 26 | SAN JUAN | 13 | | 1 | | |
| 27 | LA GIRALDA | 12 | | 1 | | |
| 28 | GENERAL LA VALLE | 4 | | 1 | | |
| 29 | MUNICIPAL | 8 | | 1 | | |
| 30 | SANTA FAZ | 7 | | 1 | | |
| 31 | ROSA MARÍA | 23 | | 1 | | |
| 32 | LA DELICIA | 1 | | 1 | | |
| 33 | EL TERMINAL | 5 | | 1 | | |
| 34 | PURUHÁ | 3 | | | 1 | |

| | | | | | | |
|----|------------------------------|----|--|---|---|---|
| 35 | SAN LUIS | 14 | | | 1 | |
| 36 | EL VERGEL | 9 | | 1 | | |
| 37 | SAN MARTÍN | 11 | | 1 | | |
| 38 | EL BATÁN | 12 | | | | 1 |
| 39 | BARRIO DE LOURDES | 6 | | | 1 | |
| 40 | VILLA GRANADA | 4 | | | | 1 |
| 41 | SAN ANTONIOAV. MALDONADO | 2 | | | | 1 |
| 42 | AV. MALDONADO | 23 | | | 1 | |
| 43 | 24 DE MAYO | 36 | | | 1 | |
| 44 | COOP. DE MAESTROS CHIMBORAZO | 22 | | 1 | | |
| 45 | CORAZÓN DE LA PATRIA | 4 | | 1 | | |
| 46 | COOP. EL MOP | 7 | | 1 | | |
| 47 | COOP. TIERRA NUEVA | 14 | | | 1 | |
| 48 | MIRAFLORES | 5 | | | 1 | |
| 49 | LIRIBAMBA | 8 | | | | 1 |
| 50 | SANTA ANA | 2 | | | | 1 |
| 51 | LAS FLORES | 3 | | | | 1 |
| 52 | LA LOLITA | 20 | | | 1 | |
| 53 | LOS MANZANARES | 24 | | 1 | | |
| 54 | 24 DE MAYO | 26 | | | | |
| 55 | COOP. SULTANA DE LOS ANDES | 12 | | | 1 | |
| 56 | DE LOURDES ALTO | 27 | | | | 1 |
| 57 | LOS TULIPANES | 6 | | | 1 | |

| | | | | | | |
|----|-------------------------------|----|---|---|---|---|
| 58 | LAS RETAMAS | 10 | | 1 | | |
| 59 | AUTOMODELO NORTE | 6 | 1 | | | |
| 60 | SAN JOSÉ DE TAPI | 3 | | | 1 | |
| 61 | SESQUICENTENARIO | 3 | | 1 | | |
| 62 | ALAMOS 1 | 24 | 1 | | | |
| 63 | CEMENTO CHIMBORAZO | 11 | 1 | | | |
| 64 | EL RETAMAL | 19 | | | | 1 |
| 65 | SAN MIGUEL DE TAPI | 43 | | | 1 | |
| 66 | COOP. ECUATORIANA DE CERÁMICA | 35 | 1 | | | |
| 67 | LA ALBORADA | 10 | 1 | | | |
| 68 | RIOBAMBA NORTE 1ra ETAPA | 30 | 1 | | | |
| 69 | CRUZADA SOCIAL | 2 | | 1 | | |
| 70 | LA CERÁMICA | 33 | | 1 | | |
| 71 | GRUTA DE LOURDES | 7 | | 1 | | |
| 72 | LA SABOYA | 7 | | | 1 | |
| 73 | VICTORIA | 2 | | 1 | | |
| 74 | SAN ANTONIO DEL AEROPUERTO | 9 | | | 1 | |
| 75 | 11 DE NOVIEMBRE | 13 | | 1 | | |
| 76 | BRIGADA GALÁPAGOS | 6 | | 1 | | |
| 77 | COOP. 21 DE ABRIL | 24 | | | 1 | |
| 78 | CALZADO LIBRE | 3 | | | 1 | |
| 79 | 19 DE OCTUBRE | 7 | | 1 | | |
| 80 | BOLIVAR CHIRIBOGA | 9 | | 1 | | |

| | | | | | | |
|-----|-----------------------------|----|--|---|---|---|
| 81 | EL ESFUERZO | 23 | | 1 | | |
| 82 | COMPLEJO LA PANADERÍA | 13 | | | 1 | |
| 83 | MIRADOR ALTO | 96 | | | 1 | |
| 84 | JOSÉ MANCERO | 37 | | | 1 | |
| 85 | EUGENIO ESPEJO | 9 | | 1 | | |
| 86 | COOP. CAMILO PONCE | 9 | | | 1 | |
| 87 | SAN MARTÍN | 3 | | 1 | | |
| 88 | LOS ANDES | 6 | | | | 1 |
| 89 | PERÍMETRO DE LAS INDUSTRIAS | 50 | | | | 1 |
| 90 | ORIENTAL | 4 | | | 1 | |
| 91 | MIRADOR ALTO | 6 | | | 1 | |
| 92 | PUEBLO UNIDO | 20 | | | 1 | |
| 93 | JUAN DE VELASCO | 12 | | | 1 | |
| 94 | SAN FRANCISCO DE PISCIN | 4 | | | 1 | |
| 95 | LOS LAURELES | 12 | | | | 1 |
| 96 | PARQUE INDUSTRIAL | 9 | | 1 | | |
| 97 | MEDIO MUNDO | 14 | | | | 1 |
| 98 | AUTOMODELO SUR | 4 | | 1 | | |
| 99 | BOLIVAR CHIRIBOGA | 6 | | 1 | | |
| 100 | PUCARÁ | 22 | | 1 | | |
| 101 | FAUSTO MOLINA | 26 | | 1 | | |
| 102 | TUBASEC | 32 | | | 1 | |
| 103 | LA DOLOROSA | 27 | | 1 | | |

| | | | | | | |
|-----|-----------------------|----|--|---|---|--|
| 104 | SAN RAFAEL | 32 | | 1 | | |
| 105 | LOTIZACIÓN DAQUILEMA | 8 | | | 1 | |
| 106 | LOS ALTARES | 7 | | | 1 | |
| 107 | LA UNIÓN | 13 | | 1 | | |
| 108 | LA POLITÉCNICA | 20 | | 1 | | |
| 109 | EL ROSAL | 3 | | | 1 | |
| 110 | SANTA ANITA | 15 | | 1 | | |
| 111 | LA LIBERTAD | 12 | | | 1 | |
| 112 | PRIMERA CONSTITUYENTE | 6 | | 1 | | |
| 113 | LOS ARUPOS | 4 | | 1 | | |
| 114 | EL SOL | 10 | | 1 | | |
| 115 | QUINTA LA ROSITA | 7 | | 1 | | |
| 116 | LA JOYA | 30 | | 1 | | |
| 117 | LA PAZ | 19 | | 1 | | |
| 118 | EL TEJAR | 8 | | 1 | | |
| 119 | COLÓN | 7 | | 1 | | |
| 120 | POLITÉCNICO ANTIGUO | 5 | | 1 | | |
| 121 | SANTA FAZ | 18 | | 1 | | |
| 122 | LA FLORIDA | 20 | | 1 | | |
| 123 | QUINTA MOSQUERA | 8 | | 1 | | |
| 124 | 9 DE OCTUBRE | 8 | | 1 | | |
| 125 | IRENE MARÍA | 10 | | 1 | | |
| 126 | SAN ANTONIO | 5 | | 1 | | |

| | | | | | | |
|-----|------------------------------------|----|---|---|---|---|
| 127 | COOP. 9 DE OCTUBRE | 21 | | | 1 | |
| 128 | LA PRIMAVERA | 22 | | 1 | | |
| 129 | COOP. LIBERACIÓN POPULAR | 11 | | 1 | | |
| 130 | LOS SHYRIS | 14 | | 1 | | |
| 131 | FRENTE VIVIENDÍSTICO | 6 | | | | 1 |
| 132 | QUEBRADA TARAZANA | 10 | | | | 1 |
| 133 | LA TARAZANA | 8 | | | | 1 |
| 134 | SAN ANTONIO DE YARUQUÍES | 22 | | | | 1 |
| 135 | EL PEDREGAL CENTRAL | 5 | | | | 1 |
| 136 | SAN FRANCISCO | 17 | | 1 | | |
| 137 | CENTRAL | 6 | | 1 | | |
| 138 | LA MERCED | 4 | | | 1 | |
| 139 | SANTA ROSA | 19 | | | | 1 |
| 140 | LA PISCINA | 10 | | | | 1 |
| 141 | CENTRO PARROQUIAL | 7 | | | 1 | |
| 142 | LA FLORIDA | 10 | | | | 1 |
| 143 | LA CERÁMICA 2 (Junto a la Cemento) | 20 | 1 | | | |
| 144 | GENERAL BARRIGA | 4 | | 1 | | |
| 145 | SAN JOSÉ DE TAPI | 37 | | | 1 | |
| 147 | CDLA. JUNTO A LA AZABOYA | 6 | 1 | | | |

2.2.1.1. MUESTREO PROBABILÍSTICO

CÁLCULO DEL TAMAÑO MUESTRAL

En base a la ecuación:

$$n = \frac{z^2 \cdot (p \times q) \cdot N}{N \cdot d^2 + z^2 (p \times q)}$$

Dónde:

- ❖ p = probabilidad de éxito
- ❖ q = probabilidad de fracaso
- ❖ d = error máximo permitido
- ❖ N = Tamaño del lote
- ❖ Z= nivel de confianza (Ver Anexo N° 1)

Tabla N° 8 Datos Experimentales Muestreo Probabilístico

| Z = 90% | d | N | p=95% | q |
|---------|------|-----|-------|------|
| 1.64 | 0.06 | 147 | 0.95 | 0.05 |

$$Z = 90 \% \quad 1.64$$

$$d = 6\% \quad 0.06$$

$$p + q = 1$$

$$q = 1 - 0.95$$

$$q = 0.05$$

Reemplazando tenemos:

$$n = \frac{(1.64)^2 \cdot (0.95 \times 0.05) \cdot 147}{147 \cdot (0.06)^2 + (1.64)^2 \cdot (0.95 \times 0.05)}$$

$$n = 29$$

Nota: Por lo tanto 29 es aproximadamente el número barrios a muestrear.

2.2.1.2. MUESTREO ALEATORIO SISTEMÁTICO UNIFORME DE PASO “K”

Para determinar las cuadras de los barrios que serán muestreados realizamos la siguiente ecuación:

$$K = \frac{N}{n}$$

Dónde:

❖ K = constante de asignación

❖ N= Universo

$$K = \frac{147}{29} = 5.0$$

Iniciamos la asignación con el número 3

$$K + 3 = 8$$

8 + 5 = 13 hasta completar los ítems que serán muestreados

Tabla N° 9 Números de cuadras de barrios a muestrear

| N° | BARRIOS A MUESTREARSE | CASAS A MUESTREAR |
|----|-----------------------|-------------------|
| 3 | SANTA ROSA | 16 |
| 8 | LA CONCEPCIÓN | 6 |
| 13 | VILLA MARÍA | 15 |
| 18 | EL PRADO | 5 |
| 23 | LAS DALIAS | 7 |
| 28 | GENERAL LA VALLE | 4 |
| 33 | EL TERMINAL | 4 |

| | | |
|-----|--------------------------|------------|
| 38 | EL BATÁN | 9 |
| 43 | 24 DE MAYO | 18 |
| 48 | MIRAFLORES | 4 |
| 53 | LOS MANZANARES | 15 |
| 58 | LAS RETAMAS | 8 |
| 63 | CEMENTO CHIMBORAZO | 9 |
| 68 | RIOBAMBA NORTE 1ra ETAPA | 17 |
| 73 | VICTORIA | 2 |
| 78 | CALZADO LIBRE | 3 |
| 83 | MIRADOR ALTO | 26 |
| 88 | LOS ANDES | 5 |
| 93 | JUAN DE VELASCO | 9 |
| 98 | AUTOMODELO SUR | 4 |
| 103 | LA DOLOROSA | 16 |
| 108 | LA POLITÉCNICA | 13 |
| 113 | LOS ARUPOS | 4 |
| 118 | EL TEJAR | 7 |
| 123 | QUINTA MOSQUERA | 7 |
| 128 | LA PRIMAVERA | 14 |
| 133 | LA TARAZANA | 7 |
| 138 | LA MERCED | 4 |
| 143 | LA CERÁMICA 2 | 13 |
| | TOTAL | 271 |

Nota: El universo de barrios a muestrear es de 147, y para las mediciones de campo se seleccionaron aleatoriamente 271 cuadras que serán muestreadas, una casa por cuadra, las cuales fueron escogidas al azar, distribuidas entre los 4 estratos socioeconómicos señalados.

2.2.2. PRESENTACIÓN DE CUADROS Y ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS (ENCUESTAS)

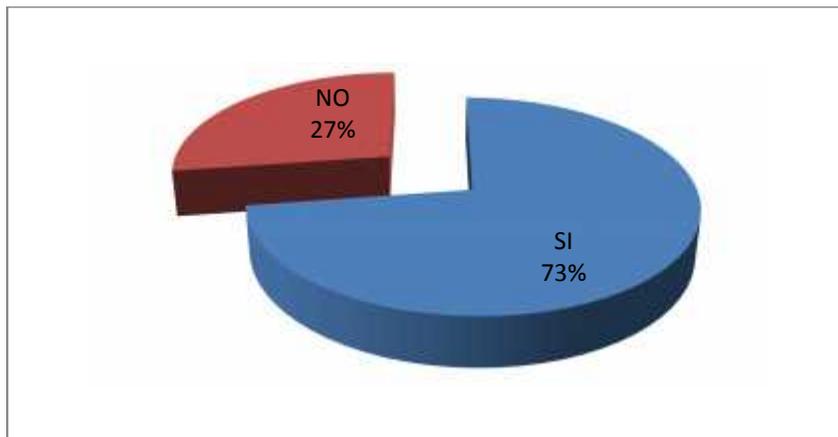
A continuación, se presentará el análisis e interpretación de la información obtenida en las encuestas realizadas a la población muestreada de las Urbanizaciones Residenciales.

1. ¿Conoce UD. los envases Tetra Pak?

Tabla N° 10 Conocimiento de envases tetra Pak

| RESPUESTA | FRECUENCIA | PORCENTAJE |
|--------------|------------|------------|
| SI | 197 | 73 |
| NO | 74 | 27 |
| TOTAL | 271 | 100 |

Gráfico N° 2 Conocimiento de Envases Tetra Pak



Fuente: Encuesta realizada

Elaboración: Autora

INTERPRETACIÓN:

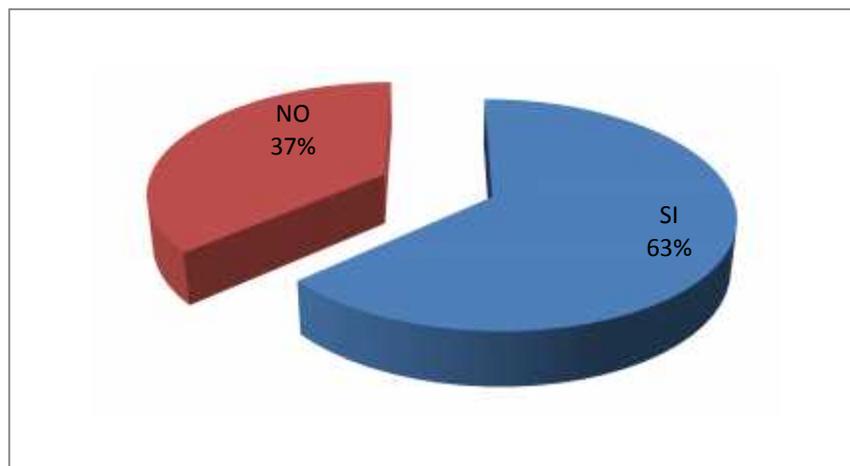
Analizando los resultados arrojados con la realización de la encuesta se evidencia que una gran parte de la población muestreada (73%) conoce el envase Tetra Pak, mientras que el 27 % de las personas encuestadas no sabía cuál era dicho envase.

2. Consume productos envasados en Tetra Pak?

Tabla N° 11 Consumo de productos envasados en Tetra Pak

| RESPUESTA | FRECUENCIA | PORCENTAJE |
|--------------|------------|------------|
| SI | 172 | 63 |
| NO | 99 | 37 |
| TOTAL | 271 | 100 |

Gráfico N° 3 Consumo de productos envasados en Tetra Pak



Fuente: Encuesta realizada

Elaboración: Autora

INTERPRETACIÓN:

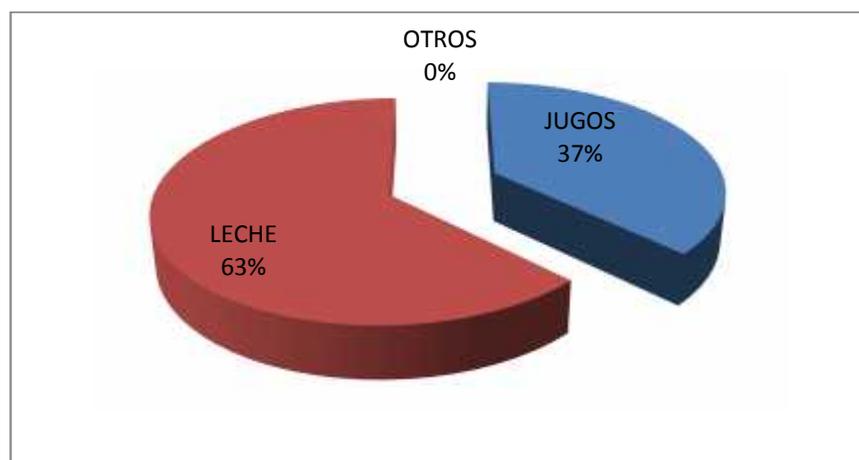
Como se puede observar en el presente gráfico más de la mitad de personas encuestadas (63%) consumen productos envasados en Tetra Pak, y un 37% no consumen productos en estos envases. Al indagar la razón de esta situación de la respuesta NO, comunicaron que en el caso de la leche se prefería cruda, sin ningún tipo de tratamiento.

3. Si su respuesta anterior es afirmativa indique. ¿Cuál de estos productos envasados consume mensualmente más?

Tabla N° 12 Productos consumidos mensualmente

| RESPUESTA | FRECUENCIA | PORCENTAJE |
|--------------|------------|------------|
| JUGOS | 64 | 37 |
| LECHE | 108 | 63 |
| OTROS | 0 | 0 |
| TOTAL | 172 | 100 |

Gráfico N° 4 Productos consumidos mensualmente



Fuente: Encuesta realizada

Elaboración: Autora

INTERPRETACIÓN:

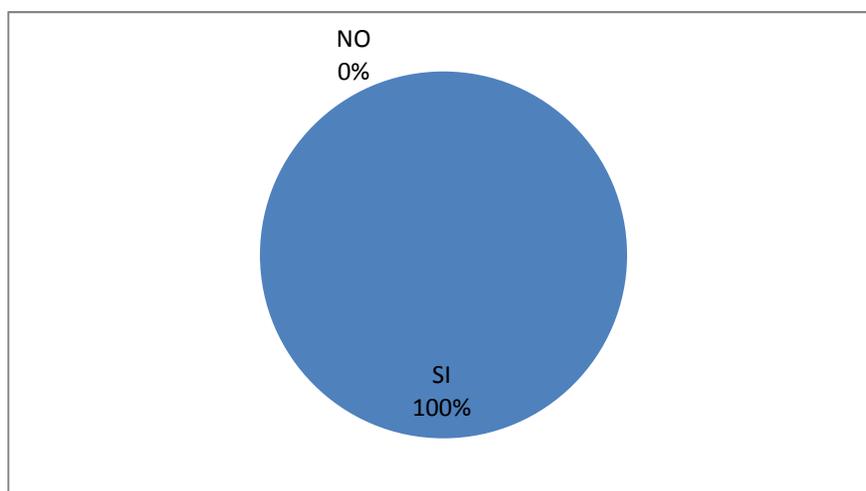
Analizando los resultados obtenidos con la aplicación de las encuestas evidenciamos que los productos que más tiene rotación en los domicilios encuestados es la leche con una participación de 63%, mientras tanto un 37% consume jugos.

4. ¿Estaría usted de acuerdo en apoyar campañas de reciclaje de los envases Tetra Pak en su hogar ó negocio?.

Tabla N° 13 Apoyo de campañas de reciclaje de Tetra Pak

| RESPUESTA | FRECUENCIA | PORCENTAJE |
|--------------|------------|------------|
| SI | 271 | 100 |
| NO | 0 | 0 |
| TOTAL | 271 | 100 |

Gráfico N° 5 Apoyo de campañas de reciclaje



Fuente: Encuesta realizada

Elaboración: Autora

INTERPRETACIÓN:

Con base en los resultados de la aplicación de las encuestas podemos evidenciar que la población si está dispuesta a apoyar las campañas de reciclaje de estos productos, y que además las personas que no consumían productos envasados en Tetra Pak igualmente encuestados también apoyarían dicha actividad, solo por reducir en lo posible estos desechos.

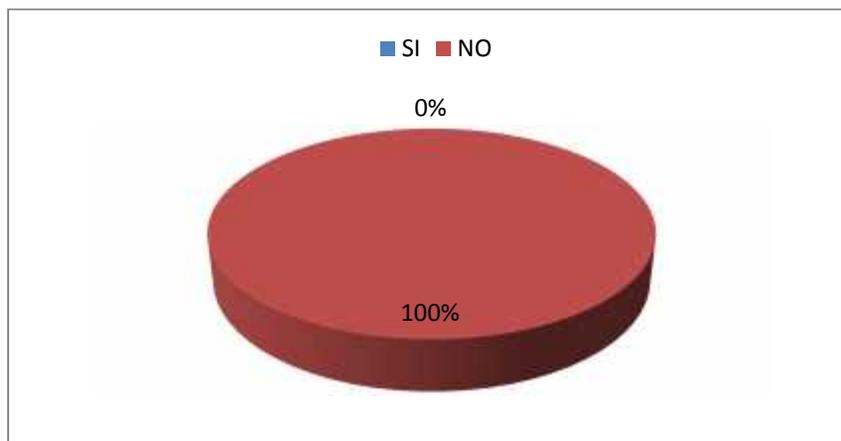
Con ello refleja que existe un grado elevado de conciencia ambiental en la población riobambeña, lo que más adelante se debe tratar de hacer es reforzar esa sensibilidad con capacitaciones ambientales.

5. ¿Sabe usted que se puede fabricar Madera Sintética (Tectán) a través del reciclado de los envases Tetra Pak?

Tabla N° 14 Conocimiento de madera sintética (Tectán) en la población

| RESPUESTA | FRECUENCIA | PORCENTAJE |
|------------------|-------------------|-------------------|
| SI | 0 | 0 |
| NO | 271 | 100 |
| TOTAL | 271 | 100 |

Gráfico N° 6 Conocimiento de madera sintética (Tectán) en la población.



Fuente: Encuesta realizada

Elaboración: Autora

INTERPRETACIÓN:

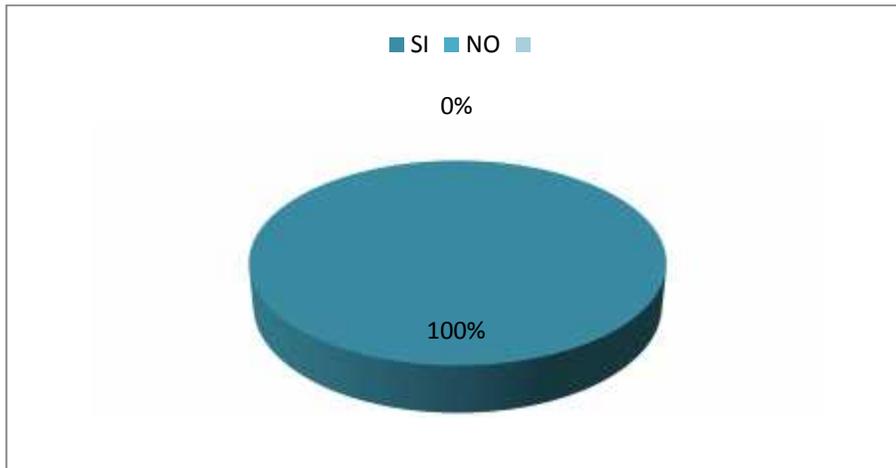
Observando los resultados obtenidos en dicha pregunta está nos indica que ninguna persona encuestada conocía que se puede fabricar madera sintética con la utilización de los envases Tetra Pak, lo cual nos indica que para tener un mundo mejor se debe concientizar a la población a cerca del reciclaje de los mismos

6. Esta UD. de acuerdo en comprar Planchas de Madera Sintética (Tectán), de buena calidad?

Tabla N° 15 Planchas de madera Sintética (Tectán)

| RESPUESTA | FRECUENCIA | PORCENTAJE |
|------------------|-------------------|-------------------|
| SI | 271 | 100 |
| NO | 0 | 0 |
| TOTAL | 271 | 100 |

Gráfico N° 7 Planchas de madera Sintética (Tectán)



Fuente: Encuesta realizada

Elaboración: Autora

INTERPRETACIÓN:

Como se evidencia en los resultados de la encuesta aplicada vemos que todas las personas encuestadas si comprarían las planchas de Tectán, pero manifestaban que lo harían siempre y cuando estas estén sujetas bajo normas de calidad que aseguren que pueden ser usadas satisfactoriamente.

2.3. MÉTODOS

Los métodos empleados para el desarrollo de esta investigación se llevaron a cabo en el laboratorio de la EMPRESA TUBASEC S.A, la EMPRESA ECUATORIANA CERÁMICA C A , y en laboratorio de físico-química de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

2.3.1.MÉTODOS DE ENSAYO PARA LA DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS FÍSICOS-MECÁNICOS DE LOS AGLOMERADOS DE TECTÁN

2.3.1.1. DETERMINACIÓN DE LAS DIMESIONES DE LAS MUESTRAS

EQUIPO

- Calibrador. Que permita realizar lecturas con una aproximación de 0,1mm
- Micrómetro. Que permita realizar lecturas con una aproximación de 0,001mm.
- Balanza. Que permita realizar lecturas con una aproximación de 0,01 g

PREPARACIÓN DE LA MUESTRA

Las muestras se deben someter antes del ensayo a un acondicionamiento previo el cual consiste en almacenarlas a una temperatura de $20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ y $65\% \pm 5\%$ de humedad relativa. Las probetas deben conservarse en estas condiciones hasta obtener una masa constante.

PROCEDIMIENTO

- 1.- Determinación del espesor. Para medir el espesor, utilizar el micrómetro.
- 2.- Determinación de la longitud y ancho. Para medir la longitud y el ancho, utilizar un calibrador adecuado a las piezas d ensayo, haciéndolo sin exceso de presión y a un ángulo de aproximadamente 45° del plano de la muestra.

EXPRESIÓN DE LOS RESULTADOS

El resultado de cada una de las medidas se expresará de la siguiente forma:

- a). Espesor: lo más aproximado a 0,01 mm
- b). Longitud y ancho, con dos decimales.

2.3.1.2. DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD APRENTE

EQUIPO

- Calibrador. Que permita realizar lecturas con una aproximación de 0,1mm
- Micrómetro. Que permita realizar lecturas con una aproximación de 0,001mm.
- Balanza. Que permita realizar lecturas con una aproximación de 0,01 g

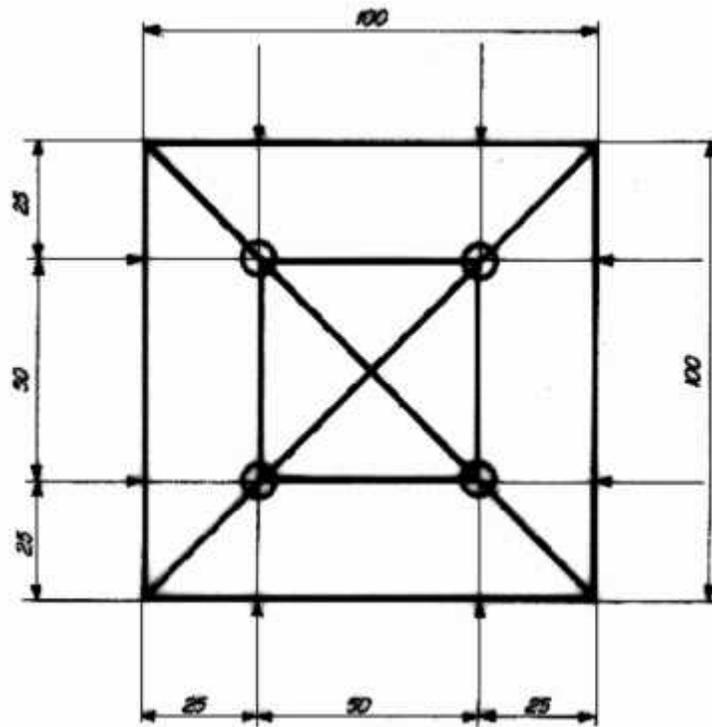
PREPARACIÓN DE LA MUESTRA

A las muestras se cortan en forma de cuadrado de 100 mm de lado con una tolerancia de $\pm 1,5$ mm, con bordes limpios y sin protección.

PROCEDIMIENTO

- 1.- Se determina la masa de la muestras con una aproximación de 0,01 g.
- 2.- Se mide el espesor en los cuatro puntos indicados en la Figura N° 4; la media aritmética de las cuatro medidas se considerará como espesor efectivo de la probeta.
- 3.- Se mide la longitud y el ancho paralelamente a los lados sobre las líneas marcadas con flechas en la en la misma figura. Se considerará como longitud o ancho de la probeta la media aritmética de cada dos medidas paralelas.
- 4.- Con estas medidas se calculará el volumen de la probeta con una aproximación de $0,1 \text{ cm}^3$.

Figura N° 4 Determinación del espesor, ancho y longitud de la muestra



Para calcular la Densidad Aparente (DA) se utiliza la siguiente fórmula:

$$DA = \frac{m_0}{V} \times 10^6$$

Dónde:

- ❖ DA = Densidad aparente en Kg/m³;
- ❖ m₀ = masa de la muestra en gramos;
- ❖ V = volumen de la muestra en mm.

2.3.1.3. DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD

EQUIPO

- Calibrador. Que permita realizar lecturas con una aproximación de 0,1mm
- Micrómetro. Que permita realizar lecturas con una aproximación de 0,001mm.
- Balanza. Una balanza con una sensibilidad de 0,01 g
- Estufa. Capaz de mantener una temperatura de $103^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ con ventilación.

PREPARACIÓN DE LA MUESTRA

El ensayo debe realizarse en muestras de cualquier forma y dimensión con un área total de 100 cm^2 .

PROCEDIMIENTO

- 1.- Medir la masa de la muestras con una aproximación de 0,001g.
- 2.- Introducir en la estufa, donde se mantiene a $103^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$, hasta que dos masas consecutivas no difieran en más del 1%.

Para calcular el contenido de humedad (CH) se utiliza la siguiente fórmula:

$$\text{CH} = \frac{m_0 - m_1}{m_1} \times 100$$

Dónde:

- ❖ CH = contenido de humedad, en porcentaje;
- ❖ m_0 = masa de la muestra antes del secado, en gramos;
- ❖ m_1 = masa de la muestra después del secado, gramos.

2.3.1.4. DETERMINACIÓN DE LA HINCHAZÓN Y DE LA ABSORCIÓN DE AGUA POR SUMERSIÓN TOTAL

EQUIPO

- Calibrador. Que permita realizar lecturas con una aproximación de 0,1mm
- Micrómetro. Que permita realizar lecturas con una aproximación de 0,001mm.
- Balanza. Que permita realizar lecturas con una aproximación de 0,01 g
- Recipiente con agua.
- Dispositivo de calefacción con un termostato. Que permita mantener una temperatura de $20 \pm 1^{\circ}\text{C}$.
- Bandas para medir PH

PROCEDIMIENTO

- 1.- Se cortan las muestras en forma de cuadrado de 100 mm de lado con una tolerancia de $\pm 1,5$ mm, con bordes limpios y sin protección
- 2.- Se determina la masa de la muestra con una aproximación de 0,1 g.
- 3.- Se mide el espesor en los cuatro puntos indicados en la Figura N° 4; la media aritmética de las cuatro medidas se considerará como espesor efectivo de la muestra.
- 4.- La longitud y el ancho se miden entre los puntos de cada lado con una precisión de 0,1mm. La media aritmética de cada dos medidas paralelas se considerará como la longitud y el ancho de la muestra.
- 5.- Se sumergen las muestras en el recipiente que contenga agua limpia y su temperatura sea de $20 \pm 1^{\circ}\text{C}$, las probetas deben estar separadas unas de las otras y

no deben tocar las paredes ni el fondo; los bordes superiores de las probetas deben estar totalmente por debajo de la superficie del agua.

6.- Se mantendrán sumergidas por dos horas y doce horas, haciéndolas girar verticalmente alrededor de su eje horizontal al cabo de la primera hora.

7.- Al principio de cada ensayo se comprobará que el PH del agua sea de 6 ± 1 .

8.- Se vuelve a pesar y se mide su espesor, longitud y su ancho, del mismo modo que antes de la sumersión.

Para calcular la Hinchazón (H) se utiliza la siguiente fórmula:

$$H = \frac{V_1 - V_0}{V_0} \times 100$$

Dónde:

- ❖ H = hinchazón en porcentaje;
- ❖ V_1 = volumen después de la sumersión, en cm^3 .
- ❖ V_0 = volumen antes de la sumersión, en cm^3 .

Para calcular la Absorción (Aa) se utiliza la siguiente fórmula:

$$Aa = \frac{P_1 - P_0}{P_0} \times 100$$

Dónde:

- ❖ Aa = absorción de agua en porcentaje;
- ❖ P_1 = peso de la muestra después de la sumersión, en gramos;
- ❖ P_0 = peso de la muestra antes de la sumersión, en gramos.

2.3.1.5. DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE RUPTURA

EQUIPOS

- Calibrador. Que permita realizar lecturas con una aproximación de 0,1mm
- Micrómetro. Que permita realizar lecturas con una aproximación de 0,001mm
- Máquina de ensayos de resistencia

PROCEDIMIENTO

- 1.- Se cortan las muestras en forma de cuadrado de 100 mm de lado con una tolerancia de $\pm 1,5$ mm, con bordes limpios y sin protección
- 2.- El espesor se mide en tres puntos del eje transversal sobre el que se ha de aplicar la carga, uno de ellos situado en el centro y los otros dos a 5mm de los bordes. La precisión de medición debe ser de 0,1 mm. La media aritmética de las tres mediciones se toma como valor de espesor.
- 3.- El módulo de ruptura se determina con una máquina para ensayos de resistencia de materiales, provista con dos apoyos paralelos cuya distancia es regulable. Los apoyos pueden tener extremos redondeados o planos, de tal forma que no se produzca mucha presión en estos puntos de la probeta durante el ensayo.

Para calcular el Módulo de Ruptura (MOR) se utiliza la siguiente fórmula:

$$MOR = \frac{3 \times F \times l}{2 \times a \times e^2}$$

Dónde:

- ❖ MOR = módulo de ruptura, en N/mm^2
- ❖ P = carga aplicada, en kg_f
- ❖ L = distancia entre los apoyos, en mm
- ❖ a = ancho de la muestra, en mm
- ❖ e = espesor de la muestra, en mm

CAPÍTULO III

INGENIERÍA DEL PROYECTO

3. LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

Tabla N° 16 Línea de Investigación

| Sector | Área | Línea de Investigación |
|----------------------------------|-------------------|------------------------|
| Recursos Naturales y Ambientales | Energía y Minería | Producción más limpia |

Fuente: Planificación de la investigación para la ESPOCH.2008

3.1. CÁLCULOS

3.1.1. CÁLCULOS DE PARÁMETROS FÍSICOS – MECÁNICOS DE LOS TABLEROS AGLOMERADOS DE TECTÁN

CÁLCULO DEL MÓDULO DE RUPTURA:

$$MOR = \frac{3 \times P \times L}{2 \times a \times e^2}$$

Dónde:

- ❖ MOR = módulo de rotura, en N/mm²
- ❖ P = carga aplicada, en kg_f
- ❖ L = distancia entre los apoyos, en mm

- ❖ a = ancho de la muestra, en mm
- ❖ e = espesor de la muestra, en mm

Reemplazando tenemos:

$$MOR = \frac{3 \times 26 \text{ kg}_f \times 260 \text{ mm}}{2 \times 232.4 \text{ mm} \times (5 \text{ mm})^2}$$

$$MOR = 1.75 \frac{\text{kg}_f}{\text{mm}^2} \times 9.8 \frac{\text{N}}{\text{kg}_f}$$

$$MOR = 16.77 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

CÁLCULO DE LA DENSIDAD APARENTE:

$$DA = \frac{m_0}{V} \times 10^6$$

Dónde:

- ❖ DA = Densidad aparente en Kg/m³;
- ❖ m₀ = masa de la muestra en gramos;
- ❖ V = volumen de la muestra en mm.

Reemplazando tenemos:

$$DA = \frac{37.21}{48528.4} \times 10^6$$

$$DA = 766.76 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$$

CÁLCULO DEL CONTENIDO DE HUMEDAD

$$CH = \frac{m_0 - m_1}{m_1} \times 100$$

Dónde:

- ❖ CH = contenido de humedad, en porcentaje;
- ❖ m_0 = masa de la muestra antes del secado, en gramos;
- ❖ m_1 = masa de la muestra después del secado, gramos.

Reemplazando tenemos:

$$CH = \frac{37.21 - 36.02}{36.02} \times 100$$

$$CH = 3.30\%$$

CÁLCULO DE ABSORCIÓN DE AGUA POR SUMERSIÓN TOTAL 2 HORAS

$$Aa = \frac{P_1 - P_0}{P_0} \times 100$$

Dónde:

- ❖ Aa = absorción de agua en porcentaje;
- ❖ P_1 = peso de la muestra después de la sumersión, en gramos;
- ❖ P_0 = peso de la muestra antes de la sumersión, en gramos.

Reemplazando tenemos:

$$Aa = \frac{45.10 - 38.50}{38.50} \times 100$$

$$Aa = 17.14\%$$

CÁLCULO DE ABSORCIÓN DE AGUA POR SUMERSIÓN TOTAL 24 HORAS

Reemplazando tenemos:

$$Aa = \frac{49.92 - 38.50}{38.50} \times 100$$

$$Aa = 29.66 \%$$

CÁLCULO DE LA HINCHAZÓN DE AGUA POR SUMERSIÓN TOTAL 2 HORAS

$$H = \frac{V_1 - V_0}{V_0} \times 100$$

Dónde:

- ❖ H = hinchazón en porcentaje;
- ❖ V_1 = volumen después de la sumersión, en cm^3 .
- ❖ V_0 = volumen antes de la sumersión, en cm^3 .

Reemplazando tenemos:

$$H = \frac{64.50 - 52.02}{52.02} \times 100$$

$$H = 13.99 \%$$

CÁLCULO DE LA HINCHAZÓN DE AGUA POR SUMERSIÓN TOTAL 24

HORAS

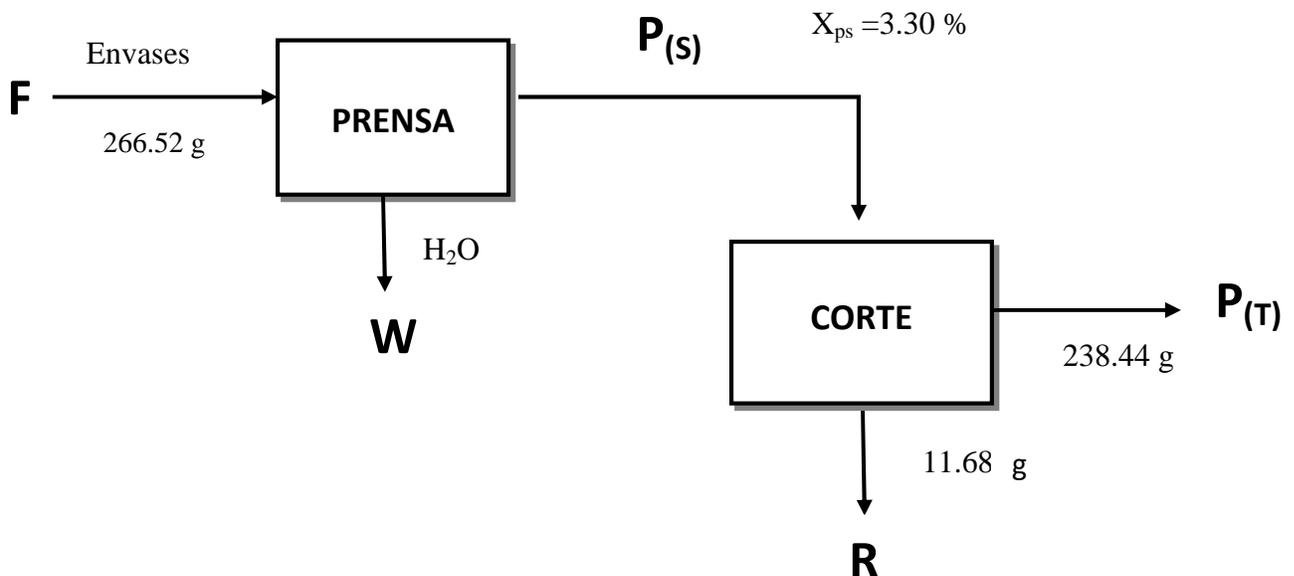
Reemplazando tenemos:

$$H = \frac{64.75 - 52.02}{52.02} \times 100$$

$$H = 24.47 \%$$

3.1.2. BALANCE DE MASA Y ENERGÍA EN LA PRENSA HIDRAÚLICA

3.1.2.1. BALANCE DE MASA



BALANCE EN EL PRENSADO

Balance General de Masa

$$F = W + P_{(s)}$$

$$W = F - P_{(s)}$$

$$W = 266.52 \text{ g} - 250,12 \text{ g}$$

$$W = \boxed{16.4 \text{ g}} \text{ H}_2\text{O que se evapora}$$

BALANCE EN EL CORTE

Producto Terminado

$$P_{(s)} = P_{(T)} + R$$

$$P_{(s)} = 238.44 \text{ g} + 11.68 \text{ g}$$

$$\boxed{P_{(s)} = 250.12 \text{ g}}$$

Balance de masa para el Agua

$$F_{(XF)} = PS_{(XPS)} + W_{(XW)}$$

$$W_{(XW)} + PS_{(XPS)} = F_{(XF)}$$

$$266.52 \text{ g} = 16.1 (1) + 250.12 \text{ g} (0.033)$$

$$XF = \frac{24.65 \text{ g}}{266.52 \text{ g}}$$

$$XF = 0.0925 \times 100$$

$$XF = 9.25 \%$$

3.1.2.2. BALANCE DE ENERGÍA



$$Q = mCp \Delta T$$

$$Q = m Cp (T_f - T_i)$$

$$Q = 250.12 \text{ g} (3.97) \frac{\text{J}}{\text{g} \cdot \text{°C}} (180 - 20) \text{°C}$$

$$Q = 158876.22 \frac{\text{J}}{\text{g}}$$

$$Q = 158.87 \frac{\text{KJ}}{\text{g}}$$

NOTA: no es posible realizar el balance de energía, por cuanto no existe un cambio de fase, está presente el cambio de temperatura (120-180)°C , es decir es un calor sensible.

3.2. RESULTADOS DE LOS CÁLCULOS

De los cálculos aplicados se obtuvieron los siguientes resultados de gran importancia para el proceso de elaboración del tablero aglomerado de Tectán.

3.2.1. RESULTADOS OBTENIDOS DE LOS DIFERENTES MÉTODOS APLICADOS EN EL TABLERO AGLOMERADO DE TECTÁN

Tabla N° 17 RESULTADOS OBTENIDOS DE LO PARÁMETROS FÍSICOS- MECÁNICOS

| PARÁMETROS (Temperatura °C, presión Ton, tiempo min, espesor mm). | MOR (N/mm ²) | DA (Kg/m ³) | CH (%) | Aa (% peso) (2 horas) | Aa (% peso) (24 horas) | H % (vol) (2 horas) | H % (vol) (24 horas) |
|---|-------------------------------------|-----------------------------------|------------------|---------------------------------|----------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|
| 150°C 15 Ton; 10 min 7 mm | 7.25 | 481.10 | 4.04 | 27,03 8.7 mm | 52,85 9.5 mm | 24.29 | 35.85 |
| 150 °C 15Ton ; 20 min 6.6 mm | 8.52 | 551.34 | 3.92 | 24.08 7.9 mm | 46.92 8.8 mm | 19.69 | 33.46 |
| 180 °C 15Ton; 10 min 6.3 mm | 9.30 | 590.39 | 3.89 | 22.88 7.5 mm | 46.40 8.4 mm | 19.05 | 33.33 |
| 180 °C 15Ton; 20 min 6 mm | 9.54 | 634.66 | 3.83 | 22.43 7.1mm | 45.45 7.9 mm | 18.33 | 32.05 |

| | | | | | | | |
|--|-------|--------|------|------------------------|------------------------|-------|-------|
| 150 °C 20Ton; 10 min 5.7 mm | 11.80 | 643.89 | 3.74 | 21.84 6.8 mm | 42,33 7.2 mm | 17.54 | 27.21 |
| 150 °C 20Ton; 20 min 5.5 mm | 12.50 | 669.80 | 3.69 | 20,27 6.4 mm | 38,74 6.9 mm | 16.36 | 26.07 |
| 180 °C 20Ton; 10 min 5.3 mm | 14.73 | 728.85 | 3.60 | 19.92 6.1 mm | 30.90 6.6 mm | 15.08 | 24.89 |
| 180 °C 20Ton; 20 min 5 mm | 16.77 | 766.76 | 3.30 | 17,27 5.7 mm | 29,66 6.2 mm | 13.99 | 24.47 |

NOTA: Esta tabla resume los valores de las propiedades físicas y mecánicas de los Tableros Aglomerados de Tectán obtenidos experimentalmente en el laboratorio

Tabla N° 18 RESULTADOS OBTENIDOS DE LOS DIFERENTES MÉTODOS APLICADOS EN EL TABLERO AGLOMERADO DE MADERA

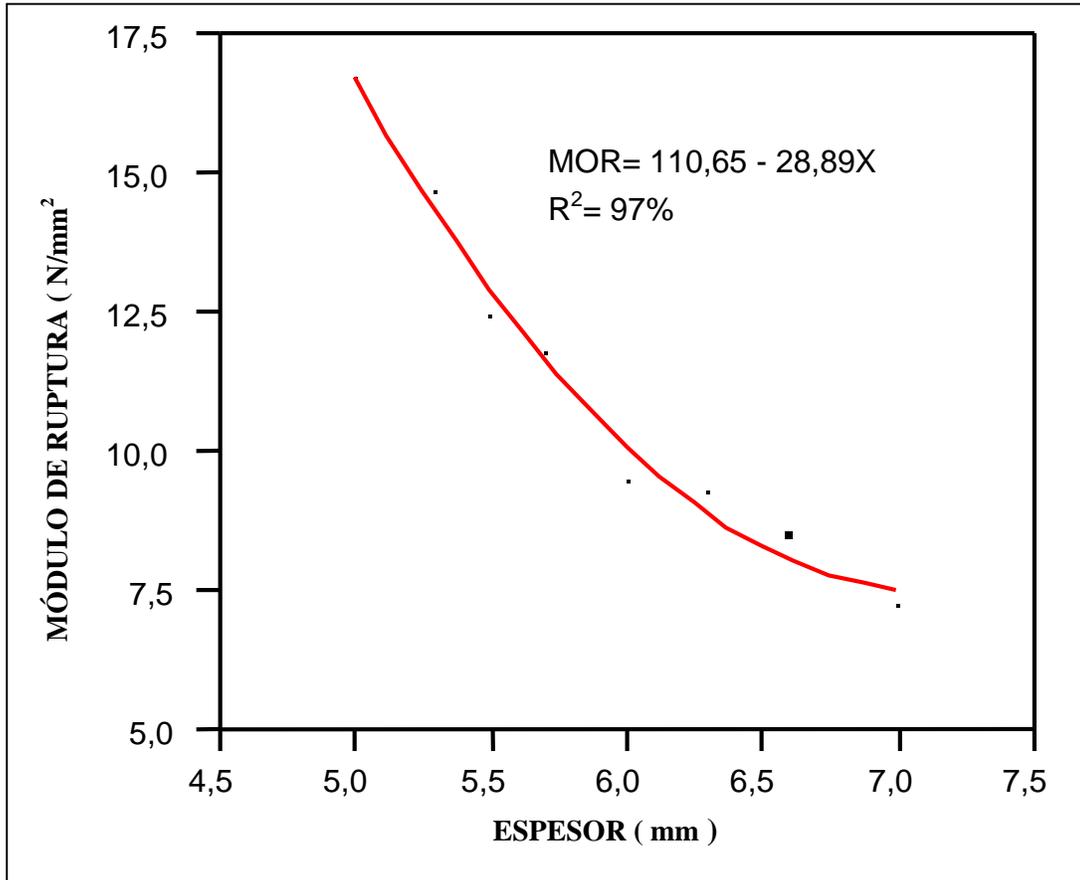
| ESPESOR | MOR (N/mm ²) | DA (Kg/m ³) | CH (%) | Aa (% peso 2 horas) | Aa (% peso 24 horas) | H % (vol 2 horas) | H % (vol 24 horas) |
|----------------|------------------------------------|-----------------------------------|------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|-----------------------------|------------------------------|
| 5 mm | 23.10 | 818.91 | 7.13 | 12.02 | 33.65 | 12.99 | 32.12 |
| | | | | 5.6 | 6.7 | | |

3.2.2. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE LOS PARÁMETROS FÍSICOS Y MECÁNICOS DE LOS TABLEROS

Tabla N° 19 Resultados obtenidos del Módulo de Ruptura de los Tableros Aglomerados de Tectán

| Espesor del Tablero (mm) | 7 | 6.6 | 6.3 | 6 | 5.7 | 5.5 | 5.3 | 5 |
|---|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|
| MOR (N/mm²) | 7.25 | 8.52 | 9.30 | 9.54 | 11.80 | 12.50 | 14.73 | 16.77 |

Gráfico N° 8 Módulo de Ruptura de los Tableros Aglomerados de Tectán



Polynomial Fit degree=2

Column 8 = 110,655 - 28,8957 Column 1 + 2,02348 Column 1^2

Summary of Fit

| | |
|----------------------------|----------|
| RSquare | 0,985184 |
| RSquare Adj | 0,979257 |
| Root Mean Square Error | 0,47018 |
| Mean of Response | 11,30125 |
| Observations (or Sum Wgts) | 8 |

INTERPRETACIÓN

Al realizar el análisis de regresión del Módulo de Ruptura que se ilustra en el gráfico, se determinó que la parábola del módulo de ruptura = 110,65 - 28,89x; que infiere que partiendo de un intercepto de 110,65, el módulo de ruptura incrementa 28,89 décimas por

cada unidad de cambio en el espesor aplicado, reportándose también una determinación del 97.%, en el módulo de ruptura por efecto del espesor.

Como podemos observar en la gráfica, la mayoría de tableros cumplen con la norma NTC 2261 (Norma Técnica Colombiana), que exige un mínimo 8.0 (N/mm²) y un máximo de 21.0 (N/mm²), el tablero que sobresalió en la presente investigación fue el que tuvo un espesor de 5mm, con MOR= 16.77 N/mm², satisfaciendo la norma que parametriza los estándares de tableros aglomerados.

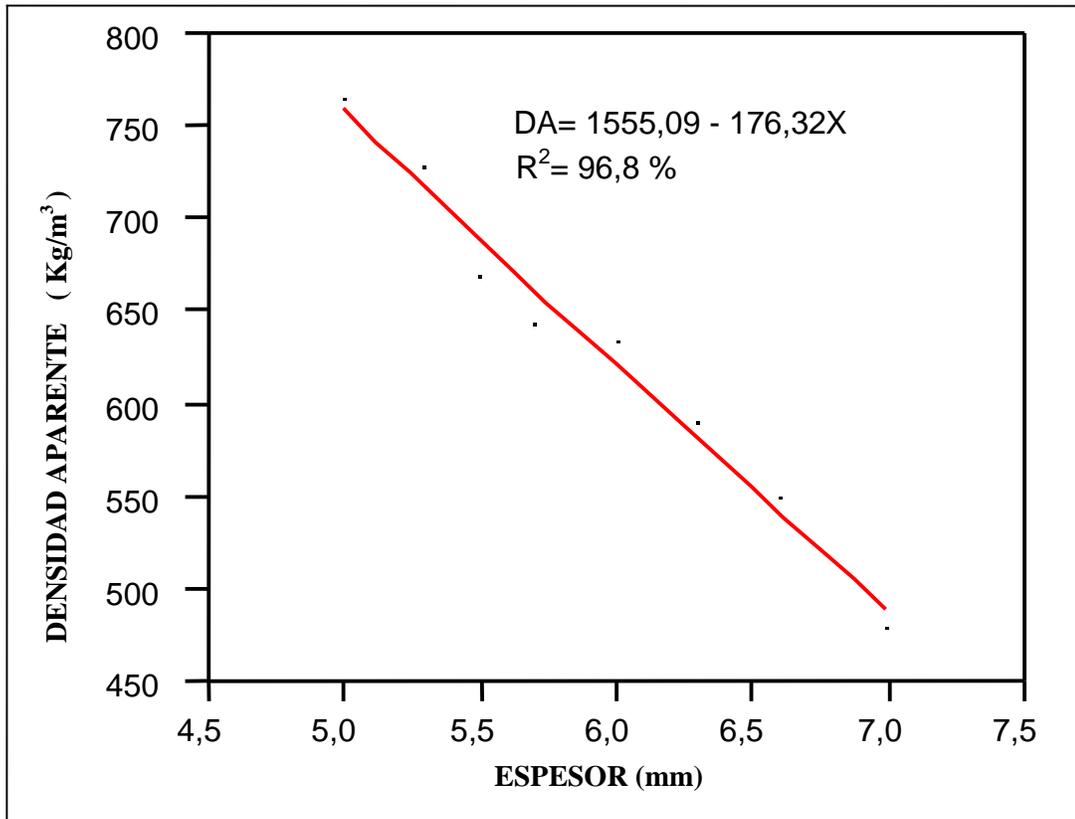
Además se puede percibir que es una gráfica inversamente proporcional, es decir que a medida que disminuye el espesor, tiende a aumentar la resistencia del tablero.

Tabla N° 20 Resultados obtenidos de la Densidad Aparente de los Tableros

Aglomerados de Tectán

| | | | | | | | | |
|---------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Espesor del Tablero (mm) | 7 | 6.6 | 6.3 | 6 | 5.7 | 5.5 | 5.3 | 5 |
| DA (Kg/m³) | 481.10 | 551.34 | 590.39 | 634.66 | 643.89 | 669.80 | 728.85 | 766.76 |

Gráfico N° 9 Densidad Aparente de los Tableros Aglomerados de Tectán



Polynomial Fit degree=2

Column 2 = 1555,09 - 176,321 Column 1 + 3,46285 Column 1²

Summary of Fit

| | |
|----------------------------|----------|
| RSquare | 0,977744 |
| RSquare Adj | 0,968841 |
| Root Mean Square Error | 16,3576 |
| Mean of Response | 633,3488 |
| Observations (or Sum Wgts) | 8 |

INTERPRETACIÓN

Al realizar el análisis de regresión de la densidad aparente que se ilustra en el gráfico, se determinó ecuación de regresión de la densidad aparente = 1555,09 - 176,32x; que infiere que partiendo de un intercepto de 1555,09, la densidad aparente aumenta 176,32x décimas

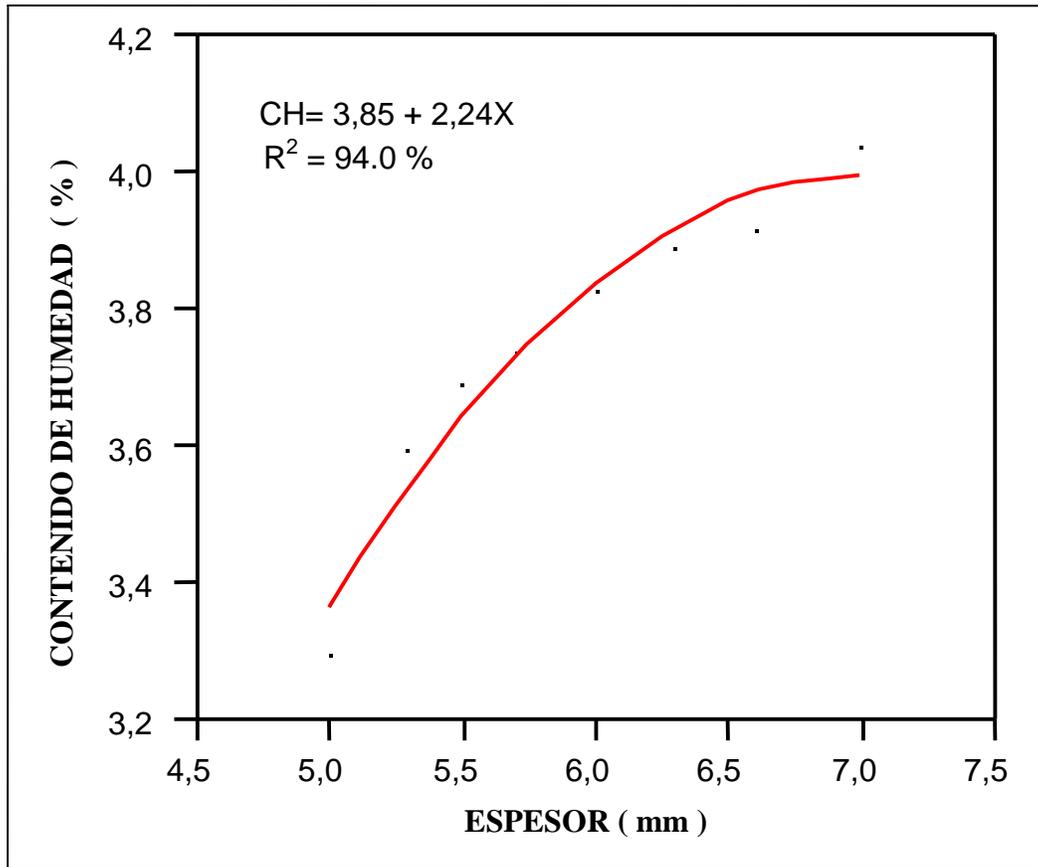
por cada unidad de cambio en el espesor aplicado, reportándose también una determinación del 96.8%, en la densidad aparente por efecto del espesor.

En la representación gráfica se observa que sigue la misma tendencia anterior, donde se observa claramente que a medida que disminuye el espesor, incrementa la densidad del tablero, es decir el espesor es inversamente proporcional a la densidad aparente, en este el tablero que tiene 5mm de espesor, tiene una densidad de 766,76 (Kg/m³) cumple de la mejor manera con la norma NTC 2261 (Norma Técnica Colombiana), que lo clasifica como un tablero de media densidad, debido a que está entre de los rangos de 500 y 800 Kg/m³.

**Tabla N° 21 Resultados obtenidos del Contenido de Humedad de los Tableros
Aglomerados de Tectán**

| | | | | | | | | |
|-------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Espesor del Tablero (mm) | 7 | 6.6 | 6.3 | 6 | 5.7 | 5.5 | 5.3 | 5 |
| CH (%) | 4.04 | 3.92 | 3.89 | 3.83 | 3.74 | 3.69 | 3.60 | 3.30 |

Gráfico N° 10 Contenido de Humedad de los Tableros Aglomerados de Tectán



Polynomial Fit degree=2

Column 3 = -3,8542 + 2,24921 Column 1 + 0,16111 Column 1^2

Summary of Fit

| | |
|----------------------------|----------|
| RSquare | 0,957309 |
| RSquare Adj | 0,940232 |
| Root Mean Square Error | 0,056031 |
| Mean of Response | 3,75125 |
| Observations (or Sum Wgts) | 8 |

INTERPRETACIÓN

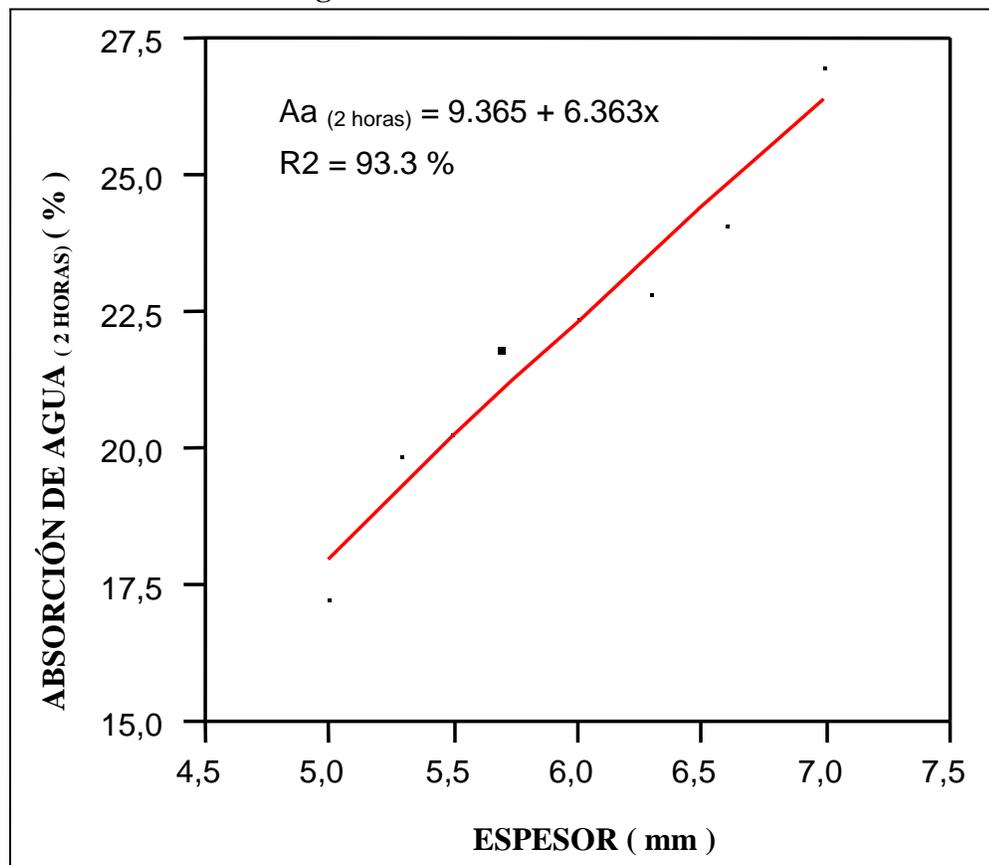
Al realizar el análisis de regresión se determinó la ecuación de regresión es contenido de humedad = $3,85 + 2,24x$; que indica que por cada unidad de cambio de espesor del tablero aplicado, también se incrementa a razón de 2,24 décimas, además se identifica un coeficiente de determinación (R^2), de 94 % entre las variables regresionadas.

Realizadas las pruebas físicas del contenido de humedad en los tableros aglomerados de Tectán se resolvió que a menor espesor, menor contenido de humedad. Los parámetros que la norma NTC 2261 (Norma Técnica Colombiana), sugiere que el contenido de humedad debe estar entre el 5% y 11 %, en este caso el tablero no cumple con esta norma ya que los tablero tienen un contenido de humedad entre el 3 y el 4 %, menor al dicho en la misma.

Tabla N° 22 Resultados obtenidos de la Absorción de agua (2 horas) por sumersión total de los Tableros Aglomerados de Tectán

| Espesor del Tablero (mm) | 7 | 6.6 | 6.3 | 6 | 5.7 | 5.5 | 5.3 | 5 |
|---------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Aa (2 Horas) (%) | 27.03 | 24.08 | 22.88 | 22.43 | 21.84 | 20.27 | 19.92 | 17.27 |

Gráfico N° 11 Absorción de agua (2 horas) por sumersión total de los Tableros Aglomerados de Tectán



Polynomial Fit degree=2

Column 4 = -9,3651 + 6,36327 Column 1 û 0,17945 Column 1^2

Summary of Fit

| | |
|----------------------------|----------|
| RSquare | 0,951635 |
| RSquare Adj | 0,93229 |
| Root Mean Square Error | 0,763692 |
| Mean of Response | 21,965 |
| Observations (or Sum Wgts) | 8 |

INTERPRETACIÓN

En el análisis de regresión se determinó la ecuación de regresión es de, porcentaje de absorción de agua (2 horas) = $9,36 + 6,36 x$; como se ilustra en el gráfico, donde se infiere que la absorción se incrementa en 6,36 décimas por cada unidad de cambio espesor aplicado en el tablero, además el coeficiente de determinación es de 93 %, entre las variables regresionadas.

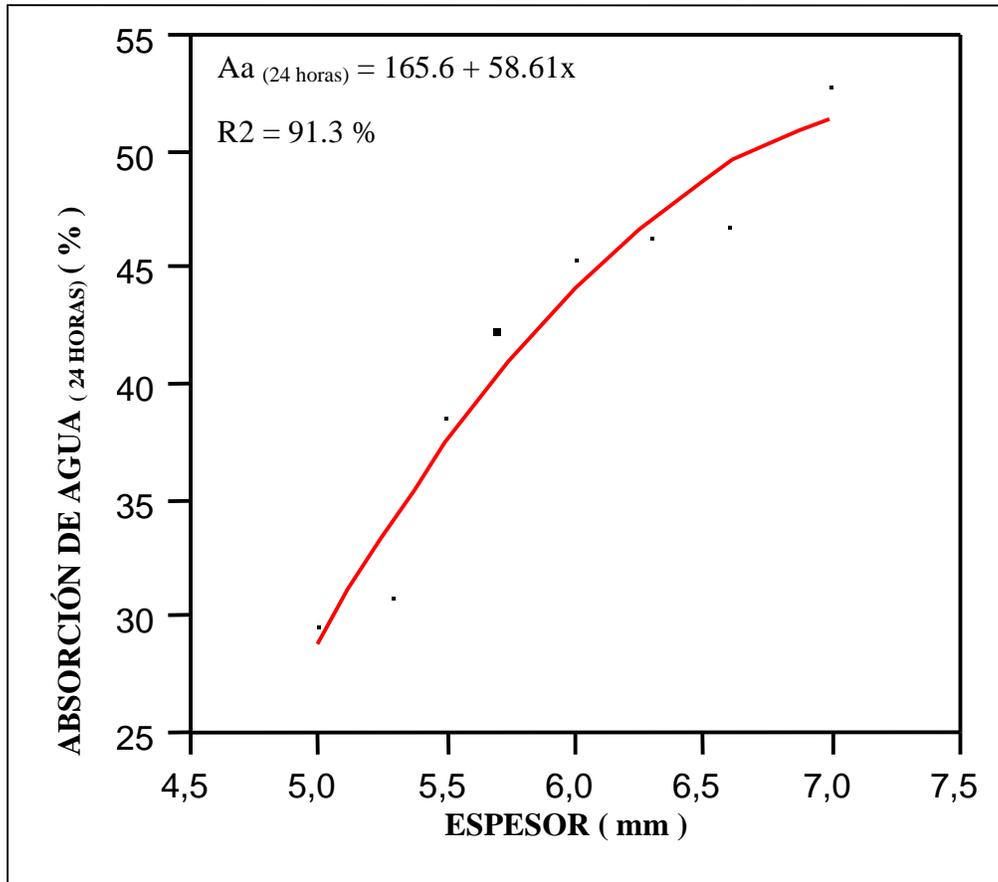
El resultado del porcentaje promedio de absorción de agua en 2 horas de sumersión total para el mejor tablero aglomerado de Tectán, fue de 17,27 % el cual se puede observar que cumplió con las estipulaciones de la norma Venezolana (Covenin 847-91), que exige un 25% como valor máximo, además la gráfica indica claramente que el espesor es directamente proporcional a la absorción, es decir, que a medida que disminuye el espesor, disminuye la absorción de agua debido a la mejor compactación del tablero.

Tabla N° 23 Resultados obtenidos de la Absorción de agua (24 horas) por sumersión total de los Tableros

| Espesor del Tablero (mm) | 7 | 6.6 | 6.3 | 6 | 5.7 | 5.5 | 5.3 | 5 |
|---------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Aa (24 Horas) (%) | 52.85 | 46.92 | 46.40 | 45.45 | 42.33 | 38.74 | 30.90 | 29.66 |

Gráfico N° 12 Absorción de agua (24 horas) por sumersión total de los Tableros

Aglomerados de Tectán



Polynomial Fit degree=2

Column 5 = -165,6 + 58,6128 Column 1 - 3,94331 Column 1^2

Summary of Fit

| | |
|----------------------------|----------|
| RSquare | 0,938486 |
| RSquare Adj | 0,91388 |
| Root Mean Square Error | 2,374964 |
| Mean of Response | 41,65625 |
| Observations (or Sum Wgts) | 8 |

INTERPRETACIÓN

Realizado el análisis de regresión se determinó la ecuación de regresión es absorción de agua en 24 horas= $165,6 + 58,61x$; que indica que por cada unidad de cambio en el nivel

del espesor también se incrementa a razón de 58,61 décimas, y su coeficiente de regresión, es de 91,3%.

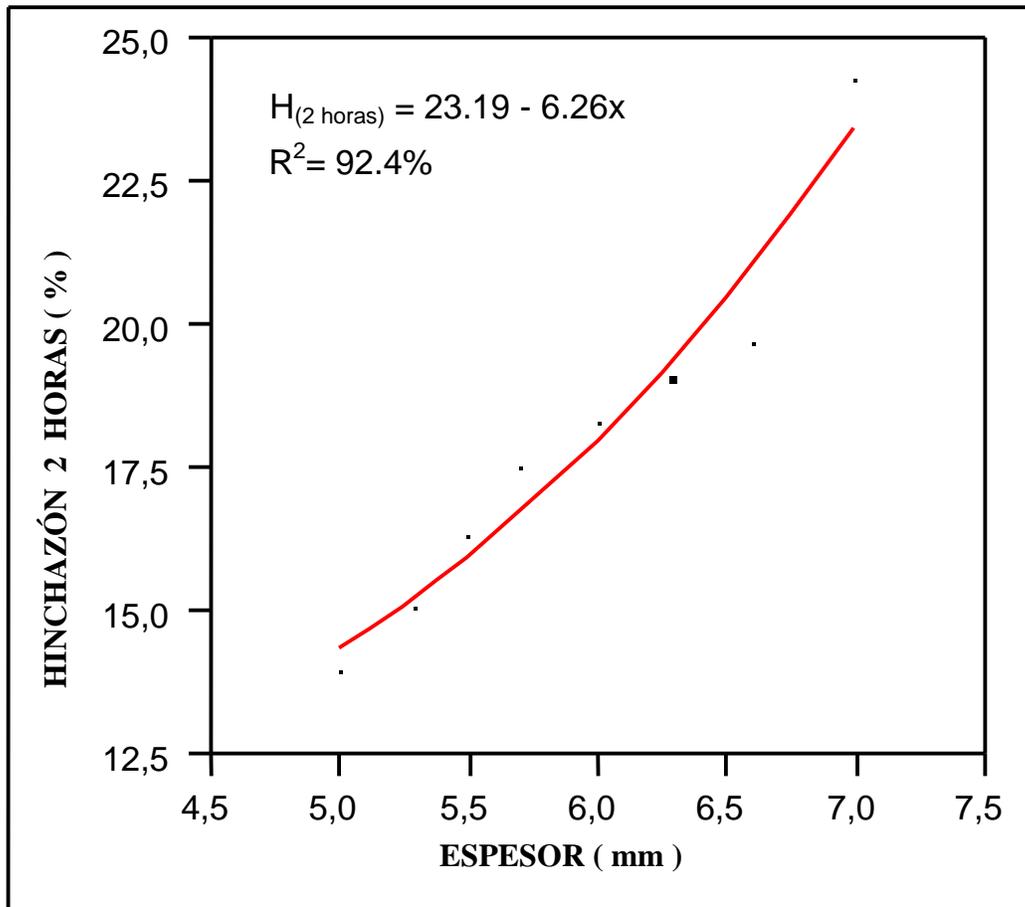
Respecto a este ensayo, se obtuvo que para la absorción a 24 horas por sumersión en el agua para el que mejor se ajusta a las normas inicialmente generó valores aproximados de 17,27 %. De esto se pudo obtener que ante la absorción máxima, el tablero incrementó su peso en aproximadamente 29,66 %. Que cumple perfectamente con la norma venezolana (Covenin 847-91), que exige el cumplimiento de un valor máximo del 60%. Lo anterior queda planteado en el gráfico, que resume los estadígrafos para la absorción de agua durante 24 horas. Cabe recalcar que a menor espesor, menor absorción de agua por sumersión total.

Tabla N° 24 Resultados obtenidos de la Hinchazón de agua (2 horas) por sumersión total de los Tableros Aglomerados de Tectán

| Espesor del Tablero (mm) | 7 | 6.6 | 6.3 | 6 | 5.7 | 5.5 | 5.3 | 5 |
|---------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| H (2 Horas) (%) | 24.29 | 19.69 | 19.05 | 18.33 | 17.54 | 16.36 | 15.08 | 13.99 |

Gráfico N° 13 Hinchazón de agua (2 horas) por sumersión total de los Tableros

Aglomerados de Tectán



Polynomial Fit degree=2

Column 6 = 23,199 ù 6,26092 Column 1 + 0,89941 Column 1^2

Summary of Fit

| | |
|----------------------------|----------|
| RSquare | 0,946054 |
| RSquare Adj | 0,924475 |
| Root Mean Square Error | 0,876009 |
| Mean of Response | 18,04125 |
| Observations (or Sum Wgts) | 8 |

INTERPRETACIÓN

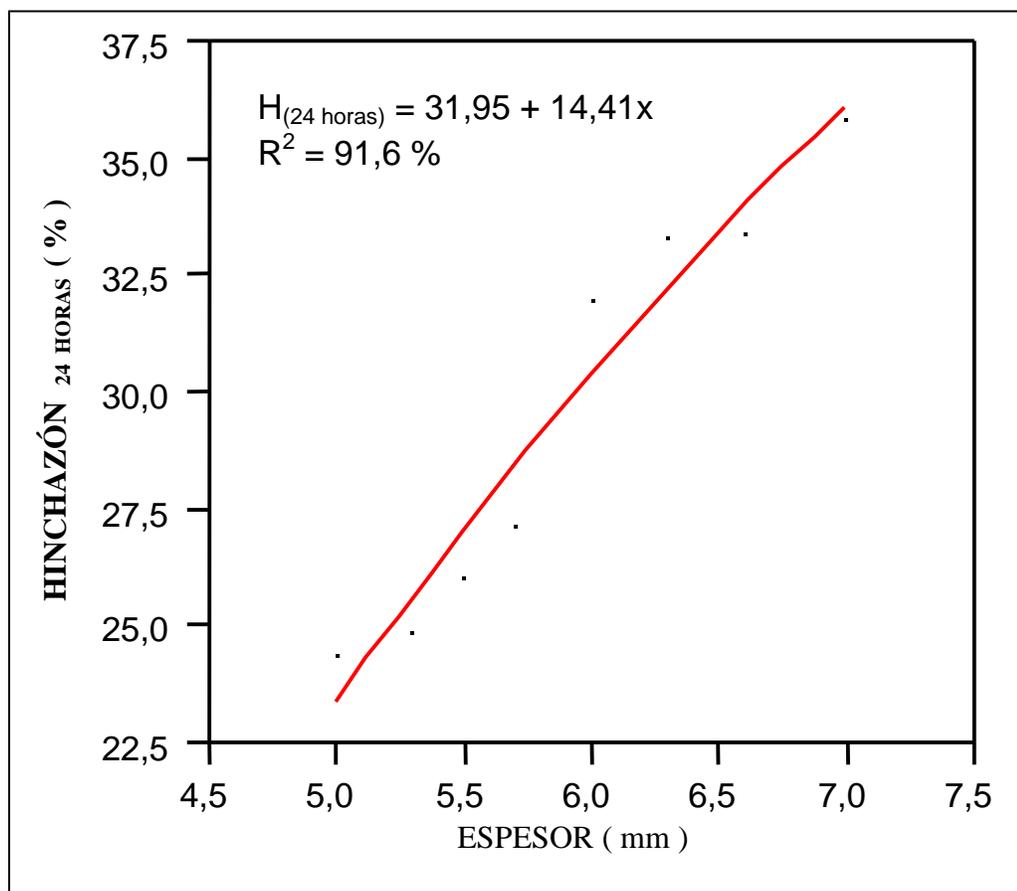
En la ecuación de regresión se determinó que el modelo propuesto se ajusta a la variable en un 92.4% y se logra ver que es estadísticamente discernible el modelo utilizado. Lo que lleva a concluir que el espesor explica a la absorción de agua durante 2 horas en un 92.4%.

La determinación de la Hinchazón de agua por sumersión total fue realizada mediante la norma ecuatoriana INEN 899 (1982 -10), la cual hace mención el procedimiento que debe seguirse. Como resultado se obtuvo el mejor tablero aglomerado con un valor de 13,99 % de hinchazón en un tiempo de 2 horas. Como se puede observar el espesor nos dice que a medida que va decreciendo el espesor, decrece la hinchazón del tablero.

Tabla N° 25 Resultados obtenidos de la Hinchazón de agua (24 horas) por sumersión total de los Tableros Aglomerados de Tectán

| Espesor del Tablero (mm) | 7 | 6.6 | 6.3 | 6 | 5.7 | 5.5 | 5.3 | 5 |
|-----------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| H_(24 Horas) (%) | 35.85 | 33.46 | 33.33 | 32.05 | 27.21 | 26.07 | 24.89 | 24.47 |

Gráfico N° 14 Hinchazón de agua (24 horas) por sumersión total de los Tableros Aglomerados de Tectán.



Polynomial Fit degree=2

Column 7 = -31,957 + 14,4151 Column 1 - 0,66984 Column 1^2

Summary of Fit

| | |
|----------------------------|----------|
| RSquare | 0,940126 |
| RSquare Adj | 0,916176 |
| Root Mean Square Error | 1,297173 |
| Mean of Response | 29,66625 |
| Observations (or Sum Wgts) | 8 |

INTERPRETACIÓN

Como en el caso anterior se siguió los mismos pasos a realizar para dicha determinación, en la cual el mejor tablero, en un tiempo de 24 horas tiene 24,47% de hinchazón, este cumple con un margen mínimos de hinchamiento de líquido, los que permite afirmar que los tableros aglomerados poseen una buena resistencia a la humedad, siendo un gran diferenciador con respecto a lo aglomerados de madera común ya que por su conformación y materias primas, tiene una resistencia a la humedad menor.

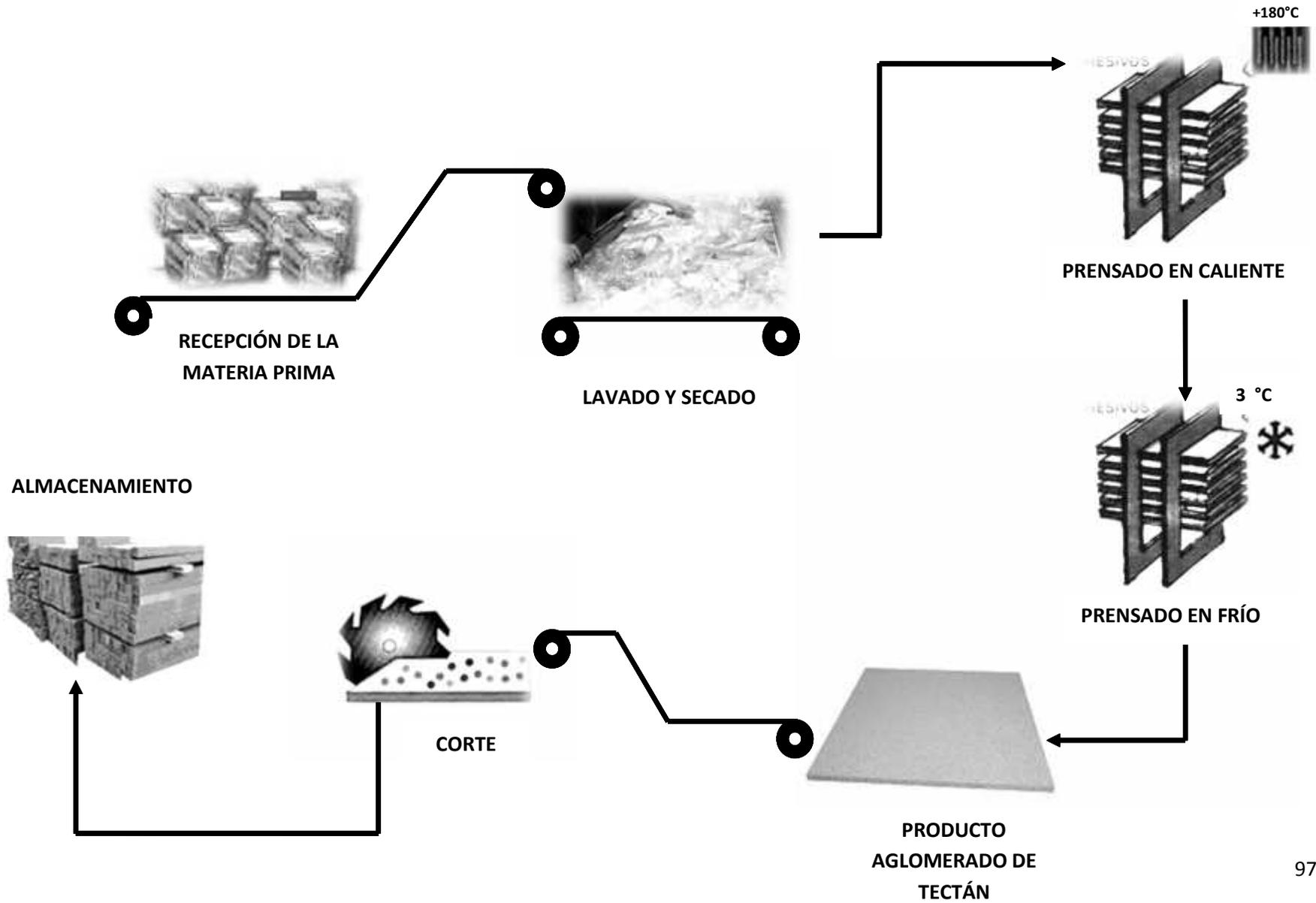
3.3. PRESENTACIÓN DE LA PROPUESTA

Para tratar éstos residuos que no son biodegradables como son los envases Tetra Pak, se propuso un diseño de un proceso de elaboración de un tablero, con la finalidad de disminuir el grado de contaminación ambiental. Después de haber realizado todos los estudios, se determinó que el tablero de Tectán es un producto de muy buena calidad que puede ser comercializado como una alternativa en materiales de construcción reemplazando la madera, con óptimas propiedades tanto físicas como mecánicas, este puede ser obtenido de diferentes espesores, así como también de distintas dimensiones. Para la fabricación del mismo se utiliza como materia prima el reciclado de envases multicapa o de Tetra pak. Mediante el calentamiento y compresión en una prensa, el polietileno contenido en el

material se funde y actúa como aglomerante de los otros componentes como si se tratara de una cola o pegamento. El resultado es que sobre una superficie luego de la compresión en caliente, se obtiene un tablero rígido compacto y comparable a los aglomerados de madera. La ventaja de este producto obtenido del reciclado de envases de cartón es que a diferencia de los aglomerados convencionales, no es necesario que se incorpore productos como el formaldehído que tienen niveles de toxicidad.

3.3.1. DISEÑO DEL PROCESO

TABLERO AGLOMERADO DE TECTÁN



3.3.2. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

- **RECOLECCIÓN**

La primera etapa para la elaboración del tablero aglomerado de Tectán consiste en la recolección de los envases para luego ser prensadas y empacadas (pacas), en este caso fueron recolectados en el relleno sanitario y en algunas urbanizaciones residenciales. Se realiza una pre-selección del material en forma manual, acomodando y/o desembolsando los contenedores pre seleccionados de envases multicapa (tetra pak).

- **RECEPCIÓN DE LA MATERIA PRIMA**

Una vez que las muestras fueron recolectadas se las deposita en el laboratorio donde fueron esparcidas para luego clasificarlas según el estado en la que se encuentran

- **SEPARACIÓN FINAL**

Se identifican y se almacenan los envases de TETRA PAK usados, se revisa y controla la humedad y limpieza, puesto que es de vital importancia evitar los residuos e impurezas para garantizar la calidad de los tableros aglomerados de TECTÁN.

- **LAVADO Y SECADO**

Con el fin de garantizar la limpieza de los envases antes de ser reutilizados el material es lavado con agua común y detergente para retirar las impurezas que el mismo contenga como son sustancias orgánicas adheridas al envase, así como también evitar posibles malos olores que produzcan.

- **PRENSADO EN CALIENTE**

Para realizar el proceso de Fabricación de TECTÁN es necesario que sea empleada una prensa hidráulica de calor que permite compactar y prensar los envases de TETRA PAK usados así como también que permita por medio del calor derretir el polietileno que hace parte de la materia prima, uniendo tanto el aluminio como el cartón en un aglomerado de formidables características.

El molde tiene que estar cubierto de una lámina fina de teflón, encima se extiende la materia prima, para luego introducirlo en una prensa hidráulica, donde se somete a compresión a una temperatura de 180°C, a 20 toneladas de presión durante aproximadamente 20 minutos, tiempo suficiente para formar un tablero.

Cabe anotar que durante la fabricación de TECTÁN no se emplean químicos ni formaldehidos, como la fabricación de los demás aglomerados de madera que contaminan tanto el medio ambiente, así como pueden generar complicaciones para la salud en el largo plazo.

- **PRENSADO EN FRÍO**

Una vez se ha compactado el material en la prensa hidráulica de calor, se prensa nuevamente por una prensa hidráulica en frío a 3 °C lo que permite por el cambio de temperaturas el endurecimiento de los tableros, dándoles dureza y rigidez, obteniendo como resultado tableros aglomerados resistentes a la humedad de excelente calidad y durabilidad.

- **CORTE**

En esta etapa consiste en cortar los bordes del tablero, cuyas partículas no se encuentran cohesionadas en buena forma, a diferencia de las zonas más centrales, luego de esto, se procede a realizar el corte de los tableros de TECTAN, con las dimensiones y medidas estándares del mercado. Para este proceso se emplean cierras circulares similares a las utilizadas en la industria de la madera, puesto que estas son de fácil manipulación y utilización al igual que los aglomerados de madera.

3.4. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

Con el trabajo de investigación realizado del diseño de un proceso para la elaboración de un aglomerado de Tectán, se logró conseguir en la mayoría de los casos que el tablero esté dentro de los límites aceptables de la norma técnica colombiana NTC 2261, y la Norma Venezolana Covenin 847-91

Después de haber sometido a la muestra a diferentes pruebas, los resultados evidencian un tablero resistente a la absorción por sumersión total de agua en 24 horas, el cual está dentro de los rangos permitidos por la norma. Se logró determinar que a medida que disminuye el espesor también disminuye el porcentaje de absorción, el mismo comportamiento fue analizado para tableros sumergidos durante 2 horas (ver gráfico N° 11) en que se comprobó la misma tendencia.

Ahora bien analizando la hinchazón por sumersión de agua en 2 y 24 horas, se puede observar que es un caso similar al de la absorción en la cual el espesor disminuye y también

disminuye la hinchazón, este comportamiento se comparó con datos analizados en un aglomerado de madera.

Al ser expuesto la muestra del tablero a la acción del agua, la misma presenta un aumento en su masa con respecto a la absorción, y también un incremento en su volumen es decir incremento de las dimensiones o de espesor en cuanto a la hinchazón. Esto tiene lugar cuando su contenido de humedad se encuentra por debajo del punto de saturación, a partir del cual solo se produce un aumento de la masa y su volumen permanece prácticamente constante.

Con la determinación de la prueba del contenido de humedad se pudo observar que no cumple con las especificaciones de la norma técnica Colombiana NTC 2261, ya que no está dentro de los parámetros exigidos dentro de la misma, no obstante se ve claramente que llega al límite inferior esto puede ser causado por que en los tableros realizados, dentro de ellos contienen una lámina delgada de aluminio, además polietileno que es característico de los envases tetra pak, esto puede conllevar a que haya menor humedad, a diferencia de los aglomerados de madera que de por sí contienen humedades considerables.

En cuanto a las pruebas mecánicas se evidencia un tablero con gran resistencia, debido a que el módulo de ruptura está dentro de las exigencias de la norma técnica colombiana, además de acuerdo a este análisis se constata que a medida que disminuye el espesor aumenta la resistencia del tablero. Como en el caso anterior la densidad aparente sigue el mismo camino que el módulo de ruptura. Es decir que el espesor es inversamente proporcional a la densidad.

Con estas propiedades físico-mecánicas al tablero aglomerado de tectán se lo puede clasificar como un tablero de grado medio especial (MGS), y de media densidad.

Cabe recalcar que en todos los tableros realizados en la investigación, se utilizó la misma cantidad de materia prima, lo que varía es el espesor debido al grado de compactación de los mismos.

CAPÍTULO IV

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. CONCLUSIONES

- ❖ Se diseñó un proceso sencillo para obtener de manera artesanal el producto que es el tablero aglomerado de Tectán a partir de material reciclado, sin la aplicación de agentes adhesivos, que pueden tener niveles de toxicidad, como es el caso de los aglomerados de madera en los cuales se utilizan resinas como son los formaldehídos.

- ❖ El tablero aglomerado que se ajusta desde el punto de vista técnico, luego de varias pruebas es el que cuenta con presión de 20 toneladas, una temperatura de 180 °C, y un tiempo de residencia de prensado de 20 minutos.

- ❖ A través de MOR, DA, CH, Aa, H, se determinó que los tableros poseen una relación dependiente del espesor :
 - ✓ Es necesario señalar que los tableros en estudio, son capaces de resistir una carga de ruptura de (16.77 N/mm²), comparando con la norma técnica colombiana NTC 2261, este está dentro de los rangos permisibles para que sea un tablero de excelente resistencia.

 - ✓ De acuerdo con la misma norma colombiana, se lo puede clasificar como “Tablero de media densidad” por su valor (766.76 kg/m³).

- ✓ El contenido de humedad del producto obtenido está por debajo de lo requerido por la norma (4.04%), esto se debe a que el tablero además de papel contiene una lámina de aluminio y polietileno que puede influenciar a que haya menor porcentaje de contenido de esta propiedad.

- ✓ Con respecto a los porcentajes que tienen que ver, la absorción de 2 y 24 horas, se encuentran dentro de los rangos especificados por la norma venezolana (Covenin 847-91), (17.27% - 29.66%). Se logró determinar, que ante una disminución del espesor de los tableros, la absorción también disminuía, es por causa de la mayor compactación que tienen el mismo. Además se agrega que al haber mayor compactación, disminuye los espacios vacíos donde puedan quedar depositadas las moléculas de agua.

- ✓ El procedimiento para determinar los valores de hinchazón en espesor obtenidos a 2 y 24 horas de sumersión total, fue realizado mediante la norma ecuatoriana INEN 899 (1982 -10), la cual no tiene especificación técnica a cerca de los valores de hinchamiento que debe tener el tablero, sin embargo mediante los pasos realizados se logró determinar los porcentajes de hinchazón, los cuales fueron comparados con una muestra de aglomerado de madera, se puede observar que el Tectán está dentro de éstos rangos.

Los resultados de los cálculos nos dieron una perspectiva del nivel de operación del proceso de elaboración del Tectán clasificando al mismo como un tablero de grado medio especial (MGS), y de media densidad según las normas antes mencionadas.

- ❖ Se comparó los parámetros físicos-mecánicos del aglomerado de Tectán con el de madera, se estableció que el Tectán tiene medidas establecidas dentro de las normas, en los tableros aglomerados de madera, existió un parámetro que superó las norma de calidad el cual fue el módulo de ruptura, los demás están dentro de las mismas, según dichas pruebas se determinó que el Tectán es apto para reemplazar la madera en espacios cerrados, especialmente para divisiones de interiores.

4.2. RECOMENDACIONES

- ❖ Es importante recomendar que se haga análisis sobre la estabilidad del producto frente a posibles ataques químicos, físicos y biológicos a diferentes condiciones de temperatura y humedad.
- ❖ Se sugiere a las empresas encargas de producir tableros de madera, que inviertan en este tipo de investigaciones ya que así se podría dar un descanso considerable a la tala de árboles.
- ❖ Desarrollar proyectos de investigación que fomenten el interés de los industriales productores de este tipo de tablero y de esta manera exista una retroalimentación de conocimientos, utilizando como referencia los valores obtenidos de los tableros ensayados, en la industria de la construcción y mueblera.

- ❖ Fomentar la actividad de reciclaje en la población para que todos participen en esta actividad tan beneficiosa, juntando unos cuantos envases se podrá hacer una pequeña pero importante diferencia para el desarrollo sustentable de la sociedad en general

CAPÍTULO V

5. BIBLIOGRAFÍA

- 1.- **CEVERA, FANTONI, A.**, Envase y Embalaje La venta silenciosa 2a. ed., Madrid-España., ESIC Ediciones., 2003., Pp. 27-31.
- 2.- **ESCUDERO, SERRANO, M.**, Almacenaje de productos., 1a ed., Madrid-España., Ediciones Parainfo., 2011., Pp. 187-190.
- 3.- **GUTIERRES, PEREZ, C. Y OTROS.**, Actuación frente al cambio climático., 1a. ed., Murcia-España., F.G. Graf, S.A., 2009., Pp. 222-224.
- 4.- **HUERTAS, TOREJÓN, M.**, Materiales, Procedimientos y Técnicas Pictóricas I., 1a. ed., Madrid-España., Ediciones Akal. S.A., 2010., Pp. 38- 39.

- 5.- KOTLER, P, Y OTROS.,** Dirección de Marketing., 12a. ed., México Distrito Federal- México., Pearson Educación., 2010., Pp. 393-394.
- 6.- RAMOS, CASTELLANOS, P.,** Gestión del Medio Ambiente., 1a. ed., Madrid-España., Universidad Salamanca., 1996., Pág. 23 -29.
- 7.- SALA, A.,** Historias curiosas de los negocios., 1a. ed., Madrid-España., Ediciones Robinbook S. L., 2009., Pp. 55-57.
- 8.--COLOMBIA., INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN (ICONTEC),** Tableros de partículas aglomeradas para aplicaciones interiores no estructurales., NTC N^o 2261., Bogotá-Colombia., NTC., 2010., Pp. 2-9.
- 9.--ECUADOR., INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN (INEN),** Tableros de madera aglomerada, contrachapada y fibras de madera (MDF). Determinación de las dimensiones de las probetas., NTE INEN N^o 895., Quito-Ecuador., INEN., 2005., Pp. 1-3.
- 10.--ECUADOR., INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN (INEN),** Tableros de madera aglomerada. Determinación de la Hinchazón y de la absorción de agua por sumersión total., NTE INEN N^o 899., Quito-Ecuador., INEN., 1982., Pp. 1-3.

11.--ECUADOR., INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN (INEN), Tableros de madera aglomerada, contrachapada y fibras de madera (MDF). Determinación del contenido de humedad., NTE INEN N_o 896., Quito-Ecuador., INEN., 2005., Pp. 1.

12.--ECUADOR., INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN (INEN), Tableros de madera aglomerada, contrachapada y fibras de madera (MDF). Determinación de la densidad aparente., NTE INEN N_o 897., Quito-Ecuador., INEN., 2005., Pp. 1-3.

13.- ENVASES

- <http://www.quiminet.com/articulos/definicion-de-envase-envasado-empaque-y-embalaje-15316.htm>
2012-04-26
- http://www.tetrapak.com/ar/products_and_services/elsistematefabrik/composici3n%20del%20envase/pages/default.aspx
2012-04-26
- <http://www.hoy.com.ec/noticias-ecuador/empresa-tetra-pak-envasa-100-millones-de-litros-en-el-pais-546263.html>
2012-04-26
- <http://www.quiminet.com/articulos/definicion-de-envase-envasado-empaque-y-embalaje-15316.htm>
2012-04-26

14.- RECICLAJE

- <http://www.monografias.com/trabajos93/reciclaje-como-alternativa-disminuir-contaminacion/reciclaje-como-alternativa-disminuir-contaminacion.shtml>
2012- 03 -27
- http://www.minambiente.gov.co/documentos/4077_170909_criterios_tec_residuos_org.pdf
2012- 03 -27
- <http://greenvoxolutions.blogspot.com/2011/05/beneficios-de-reciclar-tetrapak.html>
2012- 03 -27

15.- AGLOMERADOS

- <http://www.areatecnologia.com/videos/AGLOMERADO.htm>
2012- 03 -27
- <http://www.areatecnologia.com/videos/AGLOMERADO.htm>
2012- 03-30
- <http://www.telstarinstrumat.com/es/productos/analisis+mecanico/modulo+de+ruptua.htm>
2012- 03-30
- http://www.newcombspring.com/Spanish/article_elasticidad_sp.htm
2012- 03-30
- <http://www.clubdarwin.net/seccion/packacking/el-tectan-un-material-que-cuida-el-medio-ambiente>
2012- 03-30

CAPÍTULO VI

1. ANEXOS

ANEXO N°1. AREAS BAJO LA CURVA DE DISTRIBUCIÓN NORMAL

TABLA
ÁREAS BAJO LA CURVA DE DISTRIBUCIÓN NORMAL

| Z | ÁREA ENTRE z y $-z$ | ÁREA EN DOS COLAS $<-z$ y $+z$ | ÁREA EN UNA COLA $<-z$ o $+z$ |
|-------|--------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|
| 0,00 | 0,0000 | 1,0000 | 0,5000 |
| 0,05 | 0,0398 | 0,9601 | 0,4800 |
| 0,10 | 0,0796 | 0,9203 | 0,4602 |
| 0,15 | 0,1192 | 0,8808 | 0,4404 |
| 0,20 | 0,1585 | 0,8415 | 0,4207 |
| 0,25 | 0,1974 | 0,8026 | 0,4013 |
| 0,30 | 0,2358 | 0,7642 | 0,3821 |
| 0,35 | 0,2737 | 0,7263 | 0,3632 |
| 0,40 | 0,3108 | 0,6892 | 0,3446 |
| 0,45 | 0,3473 | 0,6527 | 0,3264 |
| 0,50 | 0,3829 | 0,6171 | 0,3085 |
| 0,55 | 0,4177 | 0,5823 | 0,2912 |
| 0,60 | 0,4515 | 0,5485 | 0,2743 |
| 0,65 | 0,4843 | 0,5157 | 0,2579 |
| 0,70 | 0,5161 | 0,4839 | 0,2420 |
| 0,75 | 0,5467 | 0,4533 | 0,2266 |
| 0,80 | 0,5763 | 0,4237 | 0,2119 |
| 0,85 | 0,6047 | 0,3953 | 0,1977 |
| 0,90 | 0,6320 | 0,3681 | 0,1841 |
| 0,95 | 0,6579 | 0,3421 | 0,1711 |
| 1,00 | 0,6827 | 0,3173 | 0,1587 |
| 1,05 | 0,7063 | 0,2937 | 0,1469 |
| 1,10 | 0,7287 | 0,2713 | 0,1357 |
| 1,15 | 0,7499 | 0,2501 | 0,1251 |
| 1,20 | 0,7699 | 0,2301 | 0,1151 |
| 1,25 | 0,7887 | 0,2113 | 0,1057 |
| 1,28 | 0,7995 | 0,2005 | 0,1003 |
| 1,30 | 0,8064 | 0,1936 | 0,0968 |
| 1,35 | 0,8230 | 0,1770 | 0,0885 |
| 1,40 | 0,8385 | 0,1615 | 0,0808 |
| 1,45 | 0,8529 | 0,1471 | 0,0735 |
| 1,50 | 0,8664 | 0,1336 | 0,0668 |
| 1,55 | 0,8789 | 0,1211 | 0,0606 |
| 1,60 | 0,8904 | 0,1096 | 0,0548 |
| 1,645 | 0,90 | 0,10 | 0,05 |
| 1,65 | 0,9011 | 0,0989 | 0,0495 |
| 1,70 | 0,9107 | 0,0891 | 0,0446 |
| 1,75 | 0,9199 | 0,0801 | 0,0401 |
| 1,80 | 0,9281 | 0,0719 | 0,0359 |
| 1,85 | 0,9357 | 0,0643 | 0,0321 |
| 1,90 | 0,9426 | 0,0574 | 0,0287 |
| 1,95 | 0,9488 | 0,0512 | 0,0256 |
| 1,96 | 0,95 | 0,05 | 0,025 |

**NORMA TÉCNICA
COLOMBIANA**

**NTC
2261**

2003-07-23

**MADERA.
TABLEROS DE PARTÍCULAS AGLOMERADAS
PARA APLICACIONES INTERIORES NO
ESTRUCTURALES**



E: WOOD. BOUNDED PARTICLEBOARDS FOR NON-
STRUCTURAL INTERNAL APPLICATIONS.

CORRESPONDENCIA:

DESCRIPTORES: madera; tablero de madera.

I.C.S.: 79.060.20

Editada por el Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC)
Apartado 14237 Bogotá, D.C. - Tel. 6078888 - Fax 2221435

Prohibida su reproducción

Segunda actualización
Editada 2003-07-25

PRÓLOGO

El Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, **ICONTEC**, es el organismo nacional de normalización, según el Decreto 2269 de 1993.

ICONTEC es una entidad de carácter privado, sin ánimo de lucro, cuya Misión es fundamental para brindar soporte y desarrollo al productor y protección al consumidor. Colabora con el sector gubernamental y apoya al sector privado del país, para lograr ventajas competitivas en los mercados interno y externo.

La representación de todos los sectores involucrados en el proceso de Normalización Técnica está garantizada por los Comités Técnicos y el periodo de Consulta Pública, este último caracterizado por la participación del público en general.

La NTC 2261 (Segunda actualización) fue ratificada por el Consejo Directivo del 2003-07-23.

Esta norma está sujeta a ser actualizada permanentemente con el objeto de que responda en todo momento a las necesidades y exigencias actuales.

A continuación se relacionan las empresas que colaboraron en el estudio de esta norma a través de su participación en el Comité Técnico 66 Manufacturas de madera.

| | |
|-------------------------|-----------------------------------|
| CHALLENGER S.A. | MANTESA S.A. |
| ENDECOLSA S.A. | PIZANO S.A. |
| INMUNIZADORA DE MADERAS | TABLEMAC S.A. |
| SERRANO GÓMEZ S.A. | TRIPLEX ACEMAR S.A. |
| MANUFACTURAS TERMINADAS | SENA CENTRO NACIONAL DE LA MADERA |

Además de las anteriores, en Consulta Pública el Proyecto se puso a consideración de las siguientes empresas:

| | |
|--|--|
| ANHÍDRIDOS Y DERIVADOS DE COLOMBIA S.A. | DEPOSITO LOS RETALES LTDA. |
| DISTRICONDOR LTDA. | MADERPLAST LTDA- |
| EL KATIVO | MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE |
| ENCHAPES Y APLIQUES | MINISTERIO DE SALUD |
| ENDECOLSA ENCHAPADOS DE COLOMBIA S.A. | MUEBLES DE COLOMBIA |
| ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERÍA FEDEMADERA | REFORESTADORA EL GUASIMO S.A. |
| INTERAMERICANA DE PRODUCTOS QUIMICOS S.A.-INTERQUIM- | REFORESTADORA DE LA COSTA S.A. |
| INVESA S.A. | SOLO MEPLEX |
| LAMITECH S.A. | SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO |
| | TERRANOVA |
| | UNIVERSIDAD NACIONAL |

ICONTEC cuenta con un Centro de Información que pone a disposición de los interesados normas internacionales, regionales y nacionales.

DIRECCIÓN DE NORMALIZACIÓN

**MADERA.
TABLEROS DE PARTÍCULAS AGLOMERADAS PARA
APLICACIONES INTERIORES NO ESTRUCTURALES**

1. OBJETO

Esta norma establece las características que deben cumplir los tableros de partículas aglomeradas de madera u otro material lignocelulósico lijados sin recubrimiento para aplicaciones interiores no estructurales.

2. REFERENCIAS NORMATIVAS

Las siguientes documentos normativos referenciados cita son indispensables para la aplicación de dicho documento normativo. Para referencias fechadas, se aplica únicamente la edición citada. Para referencias no fechadas, se aplica la última edición del documento normativo referenciado (incluida cualquier corrección).

NTC 3912:2002, Madera. Método para determinar niveles de formaldehído a partir de productos de madera mediante el uso de un desecador. (ASTM D 5582:2000).

NTC 3913:1996, Madera. Método de ensayo para determinar el contenido de formaldehído en productos de madera. Métodos de extracción del perforador. (DIN EN 120:92).

3. DEFINICIONES Y CLASIFICACIÓN

3.1 DEFINICIONES

Para los propósitos de esta norma, se aplican los términos y definiciones siguientes:

3.1.1

tablero de partículas aglomeradas

Tablero formado por partículas de madera o material lignocelulósico, aglomeradas mediante un proceso de prensado plano y calor en presencia de un adhesivo termoendurecible.

3.1.2

adhesivo termoendurecible

Resinas que solidifican cuando se calientan, ejemplos: úreaformaldehído, fenolformaldehído, melamina.

NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 2261 (Segunda actualización)

3.1.3

deslaminación

Separación de la parte interna del tablero o una sopladura en la superficie.

3.1.4

mancha

Cambio de tonalidad en una zona del tablero que afecta la homogeneidad de la superficie.

3.1.5

costra de pegante

Concentración de pegante endurecido sobre cualquier área de la superficie del tablero.

3.1.6

grieta

Separación de las astillas de la superficie del tablero.

3.1.7

prensado plano

Presión de fabricación que se aplica perpendicularmente al plano de las caras y la longitud de las partículas se sitúa preferentemente paralela al plano del tablero.

3.1.8

humedad

Contenido de agua que posee el tablero con relación a su peso seco.

3.1.9

cuadratura

Diferencia entre las dos diagonales, del tablero.

3.1.10

alabeo

Pandeo y abarquillamiento del tablero.

3.1.11

pandeo

Curvatura a lo largo del tablero.

3.1.12

abarquillamiento

Curvatura a lo ancho del tablero

3.2 CLASIFICACIÓN

El tablero se clasifica de acuerdo con la densidad, con la distribución de las partículas y con las propiedades fisicomecánicas de la siguiente manera :

3.2.1 De acuerdo con la densidad

- a) Tablero de baja densidad: generalmente menor de 500 kg/m^3
- b) Tablero de media densidad: generalmente entre 500 kg/m^3 y 800 kg/m^3
- c) Tablero de alta densidad: generalmente mayor de 800 kg/m^3

NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 2261 (Segunda actualización)

3.2.2 De acuerdo con la distribución de las partículas

- a) Tablero de una sola capa: tablero en el que la forma y el tamaño de las partículas tienen la misma distribución en todo el espesor del mismo.
- b) Tableros de capas múltiples: aquél en el que la forma y el tamaño de las partículas varían por capas homogéneas a través de espesor del tablero formando una estructura simétrica a través del mismo.
- c) Tablero de distribución continua de partículas: tablero en el que la variación del tamaño y la forma de las partículas es continua y simétrica a través del espesor del mismo.

3.2.3 De acuerdo con las propiedades físico-mecánicas especificadas en la Tabla 2.

- a) Tablero de grado alto, HG
- b) Tablero de grado medio especial, MGS
- c) Tablero de grado medio uno, MG1
- d) Tablero de grado bajo, LG

4. REQUISITOS GENERALES

4.1 El tablero debe estar exento de deslaminación, la superficie de sus dos caras debe ser homogénea (color uniforme), no debe presentar manchas, costras de pegante o grietas.

4.2 El alabeo (pandeo y abarquillamiento) del tablero se acordará entre las partes de acuerdo con el uso.

5. REQUISITOS ESPECÍFICOS

5.1 Los tableros de partículas aglomeradas presentarán un contenido de humedad entre 5 % y 11 %, al momento del embarque. El tablero no debe exceder la humedad en equilibrio con el medio ambiente en donde se encuentre.

5.2 Las dimensiones serán las acordadas entre el comprador y el vendedor con las tolerancias dimensionales indicadas en la Tabla 1.

Las mediciones se realizarán de acuerdo a la metodología establecida en el numeral 7.9.

5.3 La cuadratura no deberá exceder 3 mm/m del ancho del tablero cuando el largo y el ancho cumplan con las tolerancias exigidas en la Tabla 1. Las mediciones de estas dimensiones se realizarán de acuerdo a la metodología establecida en el numeral 7.1.4.2.

5.4 El módulo de rotura, módulo de elasticidad, enlace interno, sostenimiento del tornillo de acuerdo con el espesor y la densidad del tablero serán los indicados en la Tabla 2. La medición del espesor se realizará según la metodología establecida en el numeral 7.1.4.1.

NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 2261 (Segunda actualización)

Tabla 1. Tolerancias dimensionales de los tableros de partículas aglomeradas

| Espesor nominal en mm | Tolerancias del espesor mm | Tolerancias del largo mm | | Tolerancias del ancho mm |
|--------------------------|----------------------------------|-----------------------------|----------------|--------------------------------|
| | | Mayor de 2 550 | Menor de 2 550 | |
| 4 - 20 | ± 0,2 | ± 5 | ± 2 | ± 2 |
| Mayor de 20 | ± 0,3 | | | |

NOTA La variación máxima de los valores del espesor en un mismo tablero no debe ser mayor de 0,25 mm

Tabla 2. Valores mínimos de módulo de rotura, módulo de elasticidad, enlace interno y Sostenimiento del tornillo para tableros de partículas aglomeradas

| Grado | Módulo de rotura (N/mm ²) | Módulo de elasticidad (N/mm ²) | Contenido de humedad (%) |
|-------|--|---|--------------------------------|
| HG | 21,0 | 2400 | 5 - 11 |
| MGS | 14,5 | 2000 | 5 - 11 |
| MG1 | 11,0 | 1500 | 5 - 11 |
| LG | 8,0 | 800 | 5 - 11 |

* NA significa no es aplicable

NOTA 1 Para calibres menores de 15 mm no es aplicable la prueba de sostenimiento del tornillo por el canto.

NOTA 2 Para calibres menores de 10 mm no es aplicable la prueba de sostenimiento del tornillo por la cara.

NOTA 3 Para que un tablero sea clasificado en un grado específico, éste deberá cumplir con todos los valores establecidos en la Tabla 2 para este grado.

5.5 Los valores de contenido o de emisión de formaldehído se tomarán de la Tabla 3, evaluados según el método seleccionado.

Tabla 3. Requisitos máximos de formaldehído para tableros de partículas aglomeradas.

| Contenido de formaldehído del tablero por el método del perforador en mg/100 g, máx ¹⁾ | Emisión de formaldehído por el método del desecador en mg/L, máx ²⁾ |
|---|---|
| 30 | 5 |
| ¹⁾ Véase el numeral 7.8.1 | |
| ²⁾ Véase el numeral 7.8.2, pueden utilizarse otros métodos de ensayo que demuestren su correlación con el método de la cámara grande | |

6. TOMA DE MUESTRAS Y CRITERIOS DE ACEPTACIÓN O RECHAZO DEL PRODUCTO

6.1 TOMA DE MUESTRAS

Se efectuará de acuerdo con lo indicado en la Figura 1.

6.1.1 Para verificar todos los requisitos establecidos en el numeral 5, la toma de muestras se efectuará de acuerdo con el plan indicado en la Tabla 4, a excepción de los ensayos de las emisiones de formaldehído para los que se tomarán tres láminas de cada calibre independientemente del tamaño del lote.

Tabla 4. Plan de muestreo

| Tamaño del lote | Tamaño de la muestra | k |
|-----------------|----------------------|-------|
| 300 o menos | 3 | 0,765 |
| 301 - 500 | 4 | 0,814 |
| 501 - 800 | 5 | 0,874 |
| 801 - 1 300 | 7 | 0,955 |
| 1 301 - 3 200 | 10 | 1,030 |
| 3 201 - 8 000 | 15 | 1,090 |
| 8 001 - 22 000 | 20 | 1,120 |
| 2 2001 o más | 25 | 1,140 |

6.2 CRITERIOS DE ACEPTACIÓN O RECHAZO

Si después de realizar los ensayos respectivos el índice de calidad es mayor o igual al valor K establecido en la Tabla 4, se aceptará el lote, en caso contrario se rechazará.

6.2.1 Forma de calcular K para los siguientes requisitos: flexión estática, enlace interno y resistencia al arranque del tornillo.

$$\text{Índice de calidad (K)} = \frac{X - L}{S}$$

en donde

- X = promedio de los valores correspondientes de los tableros que forman la muestra.
- L = valor mínimo especificado.
- S = desviación estándar entre los valores de los tableros de la muestra.

7. ENSAYOS

7.1 PREPARACIÓN DE PROBETAS PARA LOS ENSAYOS

7.1.1 Número de probetas

El número de probetas para cada uno de los ensayos está de acuerdo con lo indicado en la Figura 1.

7.1.2 Forma y dimensiones de las probetas

Se indican en cada uno de los ensayos y en la Figura 1.

7.1.3 Acondicionamiento

7.1.3.1 Las probetas se colocan en un ambiente a $20 \text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2 \text{ }^{\circ}\text{C}$ de temperatura y $65 \% \pm 5 \%$ de humedad relativa, con el objeto de homogeneizarlas. Periódicamente se determina su masa hasta que sea constante en dos determinaciones consecutivas con un intervalo mínimo de 6 h. Por acuerdo entre comprador y vendedor se pueden especificar condiciones especiales.

NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 2261 (Segunda actualización)

7.1.4 Aparatos para la medición de las dimensiones de las probetas

7.1.4.1 Determinación del espesor. Se utiliza un calibrador de espesores con puntas circulares de 10 mm de diámetro, que permita realizar lecturas con una aproximación de 0,1 mm.

7.1.4.2 Determinación del largo, del ancho y de la cuadratura. Se utiliza una cinta métrica que permita realizar lecturas con aproximación de 1 mm.

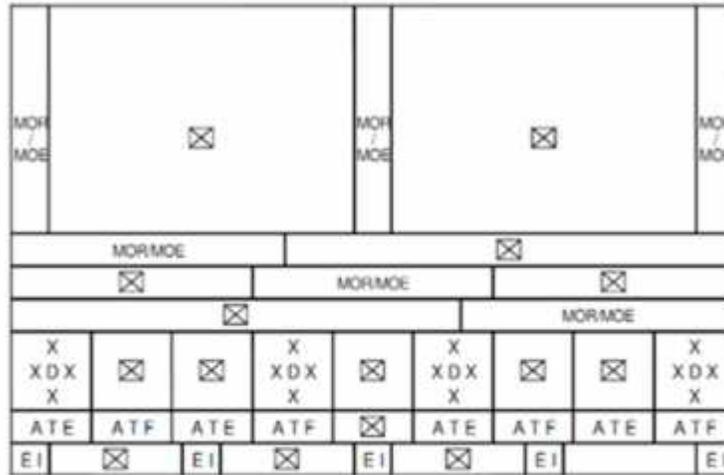
7.1.4.3 Determinación de la masa. Se utiliza una balanza que permita realizar lecturas con aproximación de 0,1 g.

7.1.5 Precisión de los resultados

Salvo especificaciones diferentes el resultado de cada una de las medidas se expresa con la siguiente aproximación :

7.1.5.1 Espesor: 0,1 mm

7.1.5.2 Largo y ancho: 1,0 mm



- Conveniones
- MOR : Módulo de rotura
 - MOE : Módulo de elasticidad
 - EI : Enlace interno
 - ATE : Arranque del tornillo en canto
 - ATF : Arranque del tornillo en cara
 - ☒ : Decantado / extra
- Longitud del tablero

Figura 1. Esquema de muestreo para un tablero aglomerado

NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 2261 (Segunda actualización)

7.2 DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD**7.2.1 Probetas**

Las probetas se cortan en forma de cuadrado de 150 mm de lado con una tolerancia de $\pm 1,5$ mm, con bordes rectos, limpios y sin protección. Se acondicionan de acuerdo con el numeral 7.1.3.

7.2.2.1 Se determina la masa de la probeta con una aproximación de 0,1 g.

7.2.2.2 Se mide el espesor en cuatro puntos diferentes situados de acuerdo con lo indicado en la Figura 1, se obtiene la media aritmética de las cuatro medidas, la cual se considera como espesor efectivo de la probeta.

7.2.2.3 Se mide el largo y el ancho. La media aritmética de cada dos medidas paralelas se considerará como largo o ancho efectivo de la probeta.

7.2.2.4 Con las medidas obtenidas en los numerales 7.2.2.2 y 7.2.2.3 se obtiene el volumen de la misma con una aproximación de $0,1 \text{ cm}^3$.

7.2.3 Cálculos

La densidad se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$D = \frac{M}{V} \times 1000$$

en donde

| | | |
|----------|---|-------------------------------|
| <i>D</i> | = | densidad, en kg/m^3 |
| <i>M</i> | = | masa de la probeta, en gramos |
| <i>V</i> | = | volumen, en cm^3 |

7.2.3.1 La densidad de un tablero será la media aritmética de las probetas ensayadas.

7.3 DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD

7.3.1 Se determinará la humedad sobre las mismas probetas en que se determinó la densidad. La masa de la muestra debe ser determinada en una balanza con precisión de $\pm 0,1$ g.

7.3.2 El secado se efectúa a una temperatura de $103 \text{ }^\circ\text{C} \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ en un secador con circulación de aire hasta obtener masa constante, comprobado mediante determinaciones sucesivas a intervalos no menores de una hora.

7.3.3 El contenido de humedad se expresa como porcentaje de la masa seca aplicando la siguiente fórmula.

$$CH = \frac{M_1 - M_2}{M_2} \times 100$$

en donde

| | | |
|----------------------|---|---|
| <i>CH</i> | = | contenido de humedad, en porcentaje en masa |
| <i>M₁</i> | = | masa inicial de la muestra, en g |
| <i>M₂</i> | = | masa seca de la muestra, en g |

7.4 DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ROTURA Y DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD

7.4.2 El espesor se mide en tres puntos del eje transversal sobre el que se ha de aplicar la carga, uno de ellos situado en el centro y los otros dos a 5 mm de los bordes. La precisión de medición debe ser de 0,1 mm. La media aritmética de las tres mediciones se toma como valor de espesor.

7.4.3 El módulo de rotura y el módulo de elasticidad se determinan con una máquina para ensayos de resistencia de materiales, provista con dos apoyos paralelos cuya distancia es regulable. Los apoyos pueden tener extremos redondeados o planos, de tal forma que no se produzca mucha presión en estos puntos de la probeta durante el ensayo.

Cuando se utilicen probetas con extremos redondeados, su radio debe ser, como mínimo, 1,5 veces el espesor nominal de la lámina.

7.4.4 La distancia entre los apoyos debe ser la siguiente:

7.4.4.1 25 veces el espesor de la probeta, si éste es menor que 7 mm.

7.4.4.2 15 veces el espesor de la probeta, si éste es mayor que 7 mm.

7.4.5 La carga se aplica a todo lo ancho de la probeta, normal al plano de la superficie y equidistante de los puntos de apoyo. La aplicación de la carga debe ser continua y uniforme con una velocidad del cabezal de la máquina calculada como sigue:

$$N = \frac{Z \cdot L^2}{6 \cdot e}$$

en donde

| | | |
|----------|---|--|
| <i>N</i> | = | velocidad del cabezal de la máquina, en mm/min. |
| <i>Z</i> | = | velocidad de deformación unitaria de la fibra extrema 0,005 (mm/mm)/min. |
| <i>L</i> | = | distancia entre los apoyos, en mm. |
| <i>e</i> | = | espesor nominal de la probeta, en mm. |

NOTA Si los calibres de las probetas están entre 4 mm y < 6 mm, se recomienda que la velocidad del cabezal de la máquina sea de 6 mm/min; si los calibres están entre 6 mm y < 12 mm, se recomienda que la velocidad del cabezal de la máquina sea de 9 mm/min; si los calibres están entre 12 y 19 mm, se recomienda que la velocidad del cabezal de la máquina sea de 12 mm/min.

7.4.5.1 El módulo de rotura se expresa, en N/mm² y se calcula mediante la fórmula siguiente:

$$MOR = \frac{3 \times P \times L}{2 \times a \times e^2}$$

NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 2261 (Segunda actualización)

en donde

| | | |
|------------|---|--------------------------------------|
| <i>MOR</i> | = | módulo de rotura, en N/mm^2 |
| <i>P</i> | = | carga aplicada, en N |
| <i>L</i> | = | distancia entre los apoyos, en mm |
| <i>a</i> | = | ancho de la probeta, en mm |
| <i>e</i> | = | espesor nominal de la probeta, en mm |

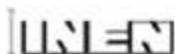
El módulo de rotura de un tablero será la media aritmética de las probetas ensayadas.

ANEXO A
(Informativo)

BIBLIOGRAFÍA

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS, Standard Test Method For Evaluating Properties of Wood-Base Fiber and Particle Panel Materials, Philadelphia, 2003 (ASTM D 1037-99).

AMERICAN NATIONAL STANDARD, American National Standard for Particleboard. 1999, 11 p. (ANSI A208.1-1999)



INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN

Quito - Ecuador

NORMA TÉCNICA ECUATORIANA

NTE INEN 895:2005
Primera revisión

**TABLEROS DE MADERA AGLOMERADA,
CONTRACHAPADA Y DE FIBRA DE MADERA (MDF).
DETERMINACIÓN DE LAS DIMENSIONES DE LAS
PROBETAS.**

Primera Edición

PLYWOOD AND WOOD FIBERS BOARDS. DETERMINATION OF DIMENSIONS OF TEST PIECES.

First Edition

DESCRPTORES: Madera, tableros de madera, ensayos
AG 08 01-301
CDU: 674.06
CUI: 3311
ICS: 79.080.10

3.4.3 El número y posición de los puntos de medida estarán de acuerdo con la norma correspondiente para cada método de ensayo de tablero de madera aglomerada, contrachapada y de fibras de madera (MDF).

3.5 Expresión de resultados

3.5.1 El resultado de cada una de las medidas se expresará como sigue:

- a) Espesor: lo más aproximado a 0,01 mm
- b) Longitud y ancho: lo más aproximado a 0,1 mm.

3.5.2 El espesor, el largo y ancho de las piezas de ensayo, será el valor de la media aritmética de cada grupo de medidas, con dos decimales.

3.6 Informe

3.6.1 El informe de los ensayos debe contener, si aplica, la siguiente información:

- Nombre y dirección del laboratorio de ensayo
- Informe del muestreo de acuerdo con la NTE INEN 900
- Fechas del ensayo y del informe
- Referencia a esta norma
- Tipo y espesor del tablero
- Especificaciones correspondientes del producto
- Tratamiento de la superficie si es importante
- Equipo específico usado, en caso de diferentes posibilidades permitidas en esta norma
- Resultados obtenidos
- Todas las desviaciones de esta norma que puedan ocurrir.

(Continúa)

ANEXO N° 4. NTE INEN 899

CDU 674.06



AG 05.03.305

| | | |
|--|--|---|
| Norma Ecuatoriana | <p align="center">TABLEROS DE MADERA AGLOMERADA DETERMINACION DE LA HINCHAZON Y DE LA ABSORCION DE AGUA POR SUMERSION TOTAL</p> | <p align="center">INEN 899 1982-10</p> |
| <p align="center">1. OBJETO</p> <p>1.1 Esta norma especifica un método para determinar la hinchazón y la absorción de agua por sumersión total de los tableros de madera aglomerada.</p> <p align="center">2. EQUIPO</p> <p>2.1 Para la realización de este ensayo, se necesitarán los aparatos indicados en la Norma INEN 895.</p> <p>2.2 Un recipiente con agua, provisto de un dispositivo de calefacción con un termostato que permita mantener una temperatura de 20 ± 1 °C.</p> <p align="center">3. PROBETAS</p> <p>3.1 Las probetas de ensayo serán de forma cuadrada de 100 mm de lado. Con los lados lisos, sin protección y las esquinas cortadas a escuadra.</p> <p>3.2 Las probetas deberán ser acondicionadas como se indica en la Norma INEN 895.</p> <p align="center">4. PROCEDIMIENTO</p> <p>4.1 Obtenida la probeta, pesar con aproximación de 0.1 g. Se mide el espesor en cuatro puntos diferentes, según se indica en la figura 1. La media aritmética de las cuatro medidas se considerará el espesor real. La longitud y el ancho se miden entre los puntos de cada lado con una precisión de 0.1 mm. La media aritmética de cada dos medidas paralelas se considerará como la longitud y el ancho de la probeta.</p> <p>4.2 A continuación, se sumergen las probetas verticales en el recipiente que contenga agua limpia y su temperatura sea de 20 ± 1 °C; las probetas deben estar separadas unas de las otras y no deben tocar las paredes ni el fondo; los bordes superiores de las probetas deben estar totalmente por debajo de la superficie del agua. Se mantendrán sumergidas las probetas durante dos horas, haciéndolas girar verticalmente al rededor de su eje horizontal al cabo de la primera hora. Al principio de cada ensayo se comprobará que el PH del agua sea de 6 ± 1, corrigiéndose en caso contrario.</p> <p>4.3 Por último, se vuelve a pesar y se miden su espesor, su longitud y su ancho, del mismo modo que antes de la sumersión.</p> <p align="center">5. CALCULOS</p> <p>5.1 Hinchazón. La hinchazón se calculará por diferencia de volumen con la fórmula siguiente:</p> | | |

Instituto Ecuatoriano de Normalización, INEN, Casilla 3979 - Quito - Ecuador - Quito - Ecuador - Prohíbe la reproducción

(Continúa)

$$H = \frac{V_1 - V_0}{V_0} \times 100$$

Donde:

H = hinchazón en porcentaje

V₁ = volumen después de la sumersión, en cm³

V₀ = volumen antes de la sumersión, en cm³

La hinchazón en el espesor se expresará con una aproximación de 0.5%. La hinchazón de un tablero, será la media aritmética de la hinchazón de las probetas obtenidas a partir del mismo.

6.2 Absorción de agua. La absorción de agua se calculará con la fórmula siguiente:

$$A_a = \frac{P_1 - P_0}{P_0} \times 100$$

Donde:

A_a = absorción de agua en porcentaje.

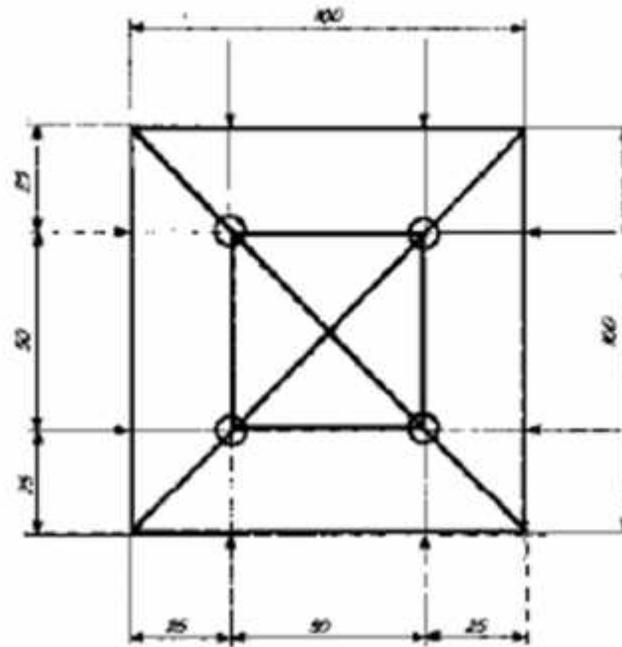
P₁ = peso de la probeta después de la sumersión, en gramos

P₀ = peso de la probeta antes de la sumersión, en gramos.

El resultado se expresará con una aproximación del 1%. La absorción del agua por un tablero será la media aritmética de la absorción de agua de las probetas obtenidas a partir del mismo.

(Continúa)

TOMA DE MUESTRAS DE UN TABLERO



○ Zona de medida del espesor

FIGURA 1. Toma de muestras de un tablero (dimensiones en mm).



INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN

Quito - Ecuador

NORMA TÉCNICA ECUATORIANA

NTE INEN 896:2005
Primera revisión

**TABLEROS DE MADERA AGLOMERADA,
CONTRACHAPADA Y DE FIBRAS DE MADERA (MDF).
DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD.**

Primera Edición

PLYWOOD AND WOOD FIBERS BOARDS. DETERMINATION OF MOISTURE CONTENT.

First Edition

DESCRPTORES : Madera, tableros de madera, ensayos, humedad
AG 08.01-302
CDU: 674.08
CUI: 3311
ICS: 79.060.10

| | | |
|---|--|--|
| <p>Norma Técnica Ecuatoriana Voluntaria</p> | <p>TABLEROS DE MADERA AGLOMERADA, CONTRACHAPADA Y DE FIBRAS DE MADERA (MDF). DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD</p> | <p>NTE INEN 896:2005 Primera revisión 2005-10</p> |
| <p style="text-align: center;">1. OBJETO</p> <p>1.1 Esta norma establece el método para determinar el contenido de humedad de los tableros de madera aglomerada, contrachapada y de fibras de madera (MDF).</p> <p style="text-align: center;">2. DISPOSICIONES GENERALES</p> <p>2.1 El muestreo de las piezas de ensayo será de acuerdo a lo establecido en la NTE INEN 900.</p> <p style="text-align: center;">3. METODO DE ENSAYO</p> <p>3.1 Resumen. La probeta se somete a secado hasta masa constante y a una temperatura normalizada.</p> <p>3.2 Equipo</p> <p>3.2.1 Balanza. Una balanza con una sensibilidad de 0,01 g.</p> <p>3.2.2 Estufa. Capaz de mantener una temperatura de 103°C ± 2°C con ventilación.</p> <p>3.3 Preparación de la muestra</p> <p>3.3.1 El ensayo debe realizarse en probetas de cualquier forma y dimensión con un área total de 100 cm², acondicionadas como se indica en la NTE INEN 896.</p> <p>3.4 Procedimiento</p> <p>3.4.1 Obtenida la probeta, medir su masa inmediatamente con una aproximación de 0,01 g; caso contrario se podría modificar su contenido de humedad inicial.</p> <p>3.4.2 Una vez medida la masa de la probeta, introducir en la estufa, donde se mantiene a 103°C ± 2°C, hasta que alcance masa constante que se comprueba pesándola periódicamente, hasta que dos masas consecutivas no difieran en más del 1%.</p> <p>3.5 Cálculos</p> <p>3.5.1 El porcentaje del contenido de humedad CH, de cada probeta, se calcula lo más aproximado a 0,1%, con la siguiente fórmula:</p> $CH = \frac{m_0 - m_1}{m_1} \times 100$ <p>En donde:</p> <p>m_0 = masa de la probeta antes del secado, en gramos; m_1 = masa de la probeta después del secado, en gramos.</p> <p>3.5.2 El contenido de humedad de un tablero o de un lote de tableros de madera aglomerada, contrachapada y de fibras de madera (MDF), es igual al valor de la media aritmética del contenido de las probetas de éstos.</p> <p style="text-align: right;">(Continúa)</p> <p>DESCRPTORES: Madera, tableros de madera, ensayos, humedad</p> | | |

3.6 Expresión de resultados

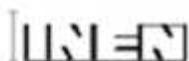
3.6.1 Determinar la pérdida de la masa de la probeta de ensayo, entre los estados, antes y después del secado.

3.7. Informe

3.7.1 El informe de este ensayo deben contener, si aplica, la siguiente información:

- Nombre y dirección del laboratorio de ensayo
- Informe del muestreo de acuerdo con la NTE INEN 900
- Fechas del ensayo y del informe
- Referencia a esta norma
- Tipo y espesor del tablero
- Especificaciones correspondientes del producto
- Tratamiento de la superficie si es importante
- Equipo específico usado, en caso de diferentes posibilidades permitidas en esta norma
- Resultados expresados,
- Todas las desviaciones de esta norma que puedan ocurrir

(Continúa)



INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN

Quito - Ecuador

NORMA TÉCNICA ECUATORIANA

NTE INEN 897:2005

Primera revisión

TABLEROS DE MADERA AGLOMERADA, CONTRACHAPADA Y DE FIBRAS DE MADERA (MDF). DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD APARENTE.

Primera Edición

PLYWOOD BOARDS. DETERMINATION OF APPARENT DENSITY.

First Edition

DESCRPTORES: Madera, tableros de madera, ensayos, densidad.
AG 08.01-303
CDU: 674.06
CUI: 3311
ICS: 79.060.10

Norma Técnica
Ecuatoriana
Voluntaria

TABLEROS DE MADERA AGLOMERADA, CONTRACHAPADA Y DE FIBRAS DE MADERA (MDF). DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD APARENTE.

**NTE INEN
897:2005
Primera revisión
2005-10**

1. OBJETO

1.1 Esta norma establece el método para determinar la densidad aparente de los tableros de madera aglomerada, contrachapada y de fibras de madera (MDF).

2. DEFINICIÓN

2.1 **Densidad aparente (DA).** Es el cociente de la masa de la probeta con su humedad real en gramos, para el volumen en cm^3 .

3. DISPOSICIONES GENERALES

3.1 El muestreo de las piezas de ensayo será de acuerdo a lo establecido en la NTE INEN 895.

4. MÉTODO DE ENSAYO

4.1 **Resumen.** Se determina la masa de la probeta y su volumen a una temperatura normalizada.

4.2 Equipo

4.2.1 Para la determinación de la longitud y ancho, se utilizará un calibrador o cualquier otro aparato de medición que permita realizar lecturas con una aproximación de 0,1 mm.

4.2.2 Para determinar el espesor, se utilizará un micrómetro o cualquier otro instrumento de medición similar que permita realizar lecturas con una aproximación de 0,01 mm.

4.2.3 **Balanza.** Que permita realizar lecturas con una aproximación de 0,01g.

4.3 Preparación de la muestra

4.3.1 Las probetas deben ser de forma cuadrada de 100 mm de lado, sus bordes serán rectos y limpios. Se acondicionarán como se indica en la NTE INEN 895.

4.4 Procedimiento

4.4.1 Se determina la masa de la probeta con una aproximación de 0,01g.

4.4.2 Las medidas se determinarán de acuerdo con la NTE INEN 895.

4.4.3 Se mide el espesor en los cuatro puntos indicados en la figura 1; la media aritmética de las cuatro medidas se considerará como espesor efectivo de la probeta.

4.4.4 Se miden la longitud y el ancho paralelamente a los lados sobre las líneas marcadas con flechas en la figura 1. Se considerará como longitud o ancho de la probeta la media aritmética de cada dos medidas paralelas.

4.4.5 Con estas medidas se calculará el volumen de la probeta con una aproximación de $0,1 \text{ cm}^3$.

(Continúa)

DESCRIPCIÓN: Madera, tableros de madera, ensayo, densidad.

4.5 Cálculos

4.5.1 La densidad aparente (DA) de cada probeta se calcula en kilogramos por metro cúbico (kg/m^3), usando la siguiente fórmula:

$$DA = \frac{m_b}{V} \times 10^6$$

En donde:

m_b = masa de la probeta en gramos;
 V = volumen de la probeta en mm^3 .

4.5.2 La densidad aparente de un tablero es la media aritmética de las densidades de todas las piezas de ensayo del mismo panel, expresada en kg/m^3 , con aproximación a números enteros.

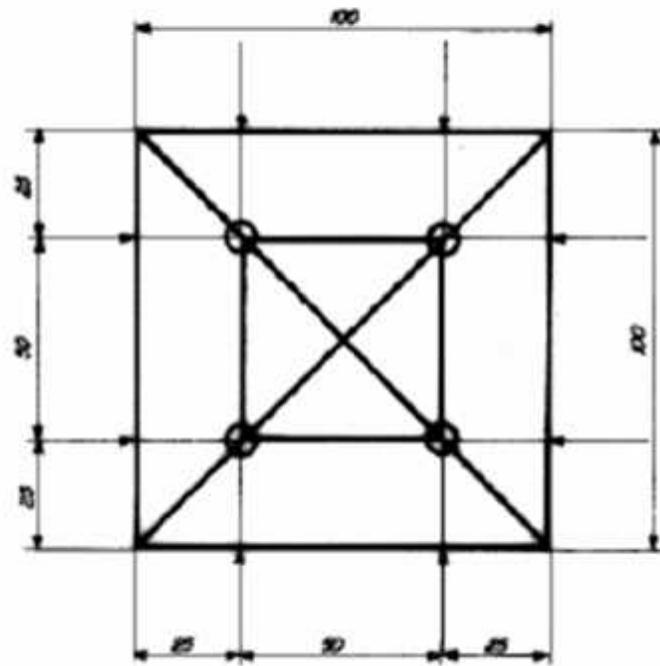
4.6 Informe

4.6.1 El informe de este ensayo debe contener, si aplica, la siguiente información:

- Nombre y dirección del laboratorio de ensayo
- Informe del muestreo de acuerdo con la NTE INEN 900
- Fechas del ensayo y del informe
- Referencia a esta norma
- Tipo y espesor del tablero
- Especificaciones correspondientes del producto
- Tratamiento de la superficie si es importante
- Equipo específico usado, en caso de diferentes posibilidades permitidas en esta norma
- Resultados obtenidos
- Todas las desviaciones de esta norma que puedan ocurrir.

(Continúa)

FIGURA 1 Toma de medidas (dimensiones en mm)



○ = Zona de medida del espesor

(Continúa)

ANEXO N° 7. ENCUESTA

ENCUESTA

ENVASES TETRA PAK

Su información será de mucha ayuda para las investigaciones, por lo que le
agradecemos por su sinceridad

1. ¿Conoce UD. los envases Tetra Pak?

Si _____ No _____

2. ¿Consume productos envasados en Tetra Pak?

Si _____ No _____

3. Si su respuesta anterior es afirmativa indique. ¿Cuál de estos productos
envasados consume mensualmente más?

Jugos _____ Leche _____ Otros _____

4. ¿Estaría usted de acuerdo en apoyar campañas de reciclaje de los envases
Tetra Pak en su hogar ó negocio?

Si _____ No _____

5. ¿Sabe usted que se puede fabricar Madera Sintética (Tectán) a través del
reciclado de los envases Tetra Pak?

Si _____ No _____

6. ¿Esta UD. de acuerdo en comprar Planchas de Madera Sintética (Tectán), de buena calidad

Si _____

No _____

GRACIAS POR SU COLABORACIÓN!

ANEXO N° 8. FOTOGRAFÍAS DEL DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN.

PROCESO DE ELABORACIÓN DEL TABLERO AGLOMERADO DE TECTÁN



**RECOLECCIÓN DE LOS ENVASES TETRA PAK
EN EL RELLENO SANITARIO**



RECEPCIÓN DE LA MATERIA PRIMA

PROCESO DE ELABORACIÓN DEL TABLERO AGLOMERADO DE TECTÁN



SEPARACIÓN FINAL



LAVADO Y SECADO

PROCESO DE ELABORACIÓN DEL TABLERO AGLOMERADO DE TECTÁN



PRENSADO EN CALIENTE
180 °C, 20 Ton, 20 min



PRENSADO EN FRÍO
3 °C, 20 Ton, 20 min

PROCESO DE ELABORACIÓN DEL TABLERO AGLOMERADO DE TECTÁN



CORTE



ALMACENAMIENTO

DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE RUPTURA



El espesor se mide en los cuatro puntos del eje transversal sobre el que se ha de aplicar la carga.



Utilizando una máquina para ensayos de resistencia de materiales, provista con dos apoyos paralelos cuya distancia es regulable, se determina MOR

DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD APARENTE



Se mide el espesor en los cuatro puntos; la media aritmética de las cuatro medidas se considerará como espesor efectivo de la muestra.



Se mide la longitud y el ancho paralelamente. Se considerará como longitud o ancho de la muestra la media aritmética de cada dos medidas paralelas

DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD



Medir la masa de la muestra con una aproximación de 0,001g.



Introducir en la estufa las probetas, donde se mantiene a $103^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$, pesar nuevamente para obtener la masa final

DETERMINACIÓN DE LA HINCHAZÓN Y DE LA ABSORCIÓN DE AGUA POR SUMERSIÓN TOTAL



Luego de haber medido el espesor, y la longitud, se procede a pesar las muestras.



Se sumergen las muestras en el recipiente que contenga agua limpia y su temperatura sea de $20 \pm 1^\circ\text{C}$, se comprobará que el pH del agua sea de 6 ± 1



Pesar y medir las muestras para calcular el porcentaje de absorción e hinchamiento.