



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**

**PROYECTO TÉCNICO**

**PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO MECÁNICO**

**TEMA:**

---

“ANÁLISIS Y DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LOS TIPOS DE MADERAS USADOS EN LA CONSTRUCCIÓN DE PISOS DE BUSES URBANOS O BUS TIPO”

---

**AUTOR:** German Israel Suqui Pintado

**TUTOR:** Ing. Mg. Christian Castro

**Ambato – Ecuador**

**2017**

## **CERTIFICACIÓN**

En mi calidad de tutor del Trabajo Técnico, previo a la obtención del título de Ingeniero Mecánico, con el tema “ANÁLISIS Y DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LOS TIPOS DE MADERAS USADOS EN LA CONSTRUCCIÓN DE PISOS DE BUSES URBANOS O BUS TIPO”, elaborado por el señor German Israel Suqui Pintado egresado de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, Carrera Ingeniería Mecánica, CERTIFICO que el presente trabajo técnico es original de su autor, ha sido revisado cada uno de sus capítulos y está concluido en su totalidad.

.....  
Ing. Mg. Christian Castro

TUTOR

## **AUTORÍA DEL TRABAJO TÉCNICO**

Las opiniones, críticas, comentarios e ideas presentes en el Trabajo Técnico que lleva por tema “ANÁLISIS Y DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LOS TIPOS DE MADERAS USADOS EN LA CONSTRUCCIÓN DE PISOS DE BUSES URBANOS O BUS TIPO” nos corresponde únicamente al egresado German Israel Suqui Pintado y al Ing. Mg. Christian Castro, Tutor del trabajo de investigación.

.....  
German Israel Suqui Pintado

C. I.: 1804746699

## **APROBACION DEL TRIBUNAL DE GRADO**

Los suscritos profesores Calificadores, ya revisado en su totalidad el proyecto técnico realizado por señor German Israel Suqui Pintado de la carrera de Ingeniería Mecánica, aprueban el tema: “ANÁLISIS Y DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LOS TIPOS DE MADERAS USADOS EN LA CONSTRUCCIÓN DE PISOS DE BUSES URBANOS O BUS TIPO”

Ambato 24 Octubre 2017

.....

Ing. María Belén Paredes

.....

Ing. Diego Nuñez



## **DERECHOS DE AUTOR**

Se autoriza a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga de este Trabajo Técnico o parte de un documento disponible para su lectura, consulta y procesos de investigación según las normas de la institución.

Cedo los derechos en línea patrimoniales de mi Trabajo Técnico con fines de difusión pública, además se aprueba la reproducción de este Trabajo Técnico, dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia de tipo económica y se realice respetando los derechos del autor.

.....

German Israel Suqui Pintado

C. I.: 1804746699

## **DEDICATORIA**

*Al término de este trabajo que significa la culminación de una etapa en mi vida, quiero dedicar en primer lugar a dios por permitirme llegar hasta este punto, también agradecer a mis padres Marco y Carmen ya que sin su apoyo esto no sería posible, también agradecer a mis hermanos Marco y María y de manera muy especial a mi abuelita María quien ha sido el motor en mi vida, como también a todas las personas que siempre creyeron en mí.*

## **AGRADECIMIENTO**

*Una vez concluido este proyecto quiero agradecer a mis padres Marco y Carmen por todo el apoyo y la ayuda que me proporcionaron a lo largo de la vida como también a mis hermanos con quienes he compartido muchas experiencias que he aprendido.*

*De igual manera quiero agradecer a mi abuelita quien ha estado en los momentos importantes de mi vida.*

*También de manera especial al Ing. Mg. Christian Castro por el apoyo y la ayuda con sus conocimientos, los cuales fueron impartidos a lo largo de este proyecto.*

*Como también a todas las personas que aportaron un conocimiento en mi persona y me brindaron siempre una mano solidaria.*

## ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

<b>PORTADA</b> .....	i
<b>CERTIFICACIÓN</b> .....	ii
<b>AUTORÍA DEL TRABAJO TÉCNICO</b> .....	iii
<b>APROBACION DEL TRIBUNAL DE GRADO</b> .....	iv
<b>DERECHOS DE AUTOR</b> .....	v
<b>DEDICATORIA</b> .....	vi
<b>AGRADECIMIENTO</b> .....	vii
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	xi
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b> .....	xiii
<b>RESUMEN EJECUTIVO</b> .....	xv
<b>EXECUTIVE SUMMARY</b> .....	xvi
<b>CAPÍTULO I</b> .....	1
<b>ANTECEDENTES</b> .....	1
<b>1.1 Tema del trabajo técnico</b> .....	1
<b>1.2 Justificación</b> .....	1
<b>1.3 Objetivos</b> .....	2
<b>1.3.1 Objetivo general</b> .....	2
<b>1.3.2 Objetivos específicos</b> .....	2
<b>CAPÍTULO II</b> .....	3
<b>FUNDAMENTACIÓN</b> .....	3
<b>2.1 Investigaciones previas</b> .....	3
<b>2.2 Fundamentación teórica</b> .....	4
<b>2.2.1 Madera</b> .....	4
<b>2.2.1.1 Propiedades de la madera</b> .....	4
<b>2.2.2 Tipos de maderas</b> .....	5
<b>2.2.3 Propiedades mecánicas</b> .....	8
<b>2.2.3.1 Ensayos de resistencia a la flexión de la madera</b> .....	8
<b>2.2.3.2 Ensayos de resistencia a la tracción de la madera.</b> .....	10
<b>2.2.3.3 Ensayos de resistencia al impacto y a la dureza de la madera.</b> .....	13
<b>2.2.4 Carrocerías Metalmecánicas</b> .....	16
<b>2.2.4.1.- Clasificación de los vehículos de transporte</b> .....	17
<b>2.2.4.2 Análisis de la producción en carrocerías.</b> .....	19

<b>CAPÍTULO III</b> .....	21
<b>DISEÑO DEL PROYECTO</b> .....	21
<b>3.1 Selección de alternativas</b> .....	21
<b>3.1.1 Bus urbano o bus tipo</b> .....	21
<b>3.1.1.1Diseño y producción</b> .....	21
<b>3.1.2 Madera Plywood</b> .....	27
<b>3.1.2.1 Características de la madera para piso de bus urbano</b> .....	28
<b>3.1.3 Dimensionamiento de las probetas para ensayos</b> .....	30
<b>3.1.3.1 Corte de las probetas</b> .....	31
<b>3.1.3.2 Codificación de las probetas</b> .....	33
<b>3.1.3.3 Determinación de las características de las probetas</b> .....	34
<b>3.2 Cálculos o Módulo operativo</b> .....	34
<b>3.2.1 Ensayo de flexión en madera</b> .....	34
<b>3.2.1.1 Procedimiento del ensayo a flexión de madera plywood normal de 12 mm y 15 mm.</b> .....	36
<b>3.2.1.2 Procedimiento del ensayo a flexión de madera plywood marino de 12 mm y 15 mm.</b> .....	49
<b>3.2.2 Ensayo de Tracción en madera</b> .....	58
<b>3.2.2.1 Procedimiento del ensayo a tracción de madera plywood normal de 12 mm y 15 mm.</b> .....	59
<b>3.2.2.2 Procedimiento del ensayo a tracción de madera plywood marino de 12 mm y 15 mm.</b> .....	72
<b>3.2.3 Ensayo de impacto en madera</b> .....	81
<b>3.2.3.1 Procedimiento del ensayo de impacto para madera plywood normal de 12 mm y 15 mm.</b> .....	82
<b>3.2.3.2 Procedimiento del ensayo de impacto para madera plywood marino de 12 mm y 15 mm.</b> .....	89
<b>3.3 Presupuesto</b> .....	95
<b>3.3.1 Presupuesto de materia prima</b> .....	95
<b>3.3.2 Presupuesto de elaboración y análisis</b> .....	95
<b>3.4 Especificaciones Técnicas</b> .....	95
<b>3.4.1 Ensayo de Flexión</b> .....	96
<b>3.4.2 Ensayo de Tracción</b> .....	98
<b>3.4.3 Ensayo de Impacto</b> .....	101
<b>CAPÍTULO IV</b> .....	104
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b> .....	104
<b>4.1 Conclusiones</b> .....	104
<b>4.2 Recomendaciones</b> .....	cvi

<b>MATERIAL DE REFERENCIA .....</b>	<b>cvii</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>cxi</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2. 1 Propiedades de la madera .....	5
Figura 2. 2 Clasificación de madera .....	5
Figura 2. 3 Tipos de maderas.....	5
Figura 2. 4 Tipos de maderas Plywood (maderas blandas) .....	6
Figura 2. 5 Madera Plywood Marino BC .....	7
Figura 2. 6 Tipos de maderas Plywood Marino BC .....	7
Figura 2. 7 Tamaño de las probetas .....	9
Figura 2. 8 Aplicación de las cargas en la probeta. ....	9
Figura 2. 9 Formas de fractura ensayos de flexión.....	10
Figura 2. 10 Tensión paralela. ....	10
Figura 2. 11 Probeta para carga de tracción.....	11
Figura 2. 12 Probeta para carga de tracción con carga no axial. ....	11
Figura 2. 13 Probeta para carga de tracción con carga axial. ....	11
Figura 2. 14 Formas de fractura para ensayos de tracción.....	12
Figura 2. 15 Probeta para ensayo de impacto. ....	14
Figura 2. 16 Máquina para realizar análisis de Charpy. ....	15
Figura 2. 17 Formas de fractura para ensayo de impacto charpy. ....	15
Figura 2. 18 Carrocerías Metalmecánicas.....	16
Figura 2. 19 Descripción del sector carrocerero. ....	17
Figura 2. 20 Bus tipo o bus urbano. ....	17
Figura 2. 21 Bus escolar. ....	18
Figura 2. 22 Bus interprovincial. ....	18
Figura 2. 23 Transporte turístico.....	18
Figura 2. 24 Producción sector carrocerero 2010. ....	20
Figura 3. 1 Diseño bus tipo. ....	21
Figura 3. 2 Construcción Estructura. ....	22
Figura 3. 3 Materiales de fabricación. ....	23
Figura 3. 4 Respaldo de bus urbano.....	24
Figura 3. 5 Forrado de laterales. ....	24
Figura 3. 6 Construcción de compuertas. ....	25
Figura 3. 7 Construcción del piso. ....	25

Figura 3. 8 Construcción asientos.....	26
Figura 3. 9 Forrado interior.....	26
Figura 3. 10 Acabado.....	27
Figura 3. 11 Señalización y corte de probetas .....	32
Figura 3. 12 Probetas para análisis de flexión .....	32
Figura 3. 13 Probetas para análisis tracción .....	33
Figura 3. 14 Probetas para análisis de impacto.....	33
Figura 3. 15 Máquina universal METROTEC MTE - 50.....	35
Figura 3. 16 Procedimiento para el ensayo de flexión.....	35
Figura 3. 17 Calibrador pie de rey digital .....	35
Figura 3. 18 Colocación de apoyos y el puente de ensayo .....	37
Figura 3. 19 Aplicación de fuerza sobre la probeta .....	37
Figura 3. 20 Diagrama de esfuerzos .....	38
Figura 3. 21 Diagrama de velocidades y momentos.....	38
Figura 3. 22 Diagrama de la aplicación de la inercia.....	39
Figura 3. 23 Máquina universal METROTEC MTE - 50.....	59
Figura 3. 24 Abrazaderas de la máquina universal METROTEC MTE - 50.....	59
Figura 3. 25 Probetas reducidas en los extremos para el análisis de tracción .....	61
Figura 3. 26 Probetas sujetadas los extremos para el análisis de tracción.....	61
Figura 3. 27 Máquina de péndulo Charpy.....	81
Figura 3. 28 Procedimiento para el ensayo de impacto .....	81
Figura 3. 29 Calibrador pie de rey digital.....	81
Figura 3. 30 Colocación de la probeta en el puente de ensayo .....	83



## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. 1 Densidades de especies comunes de maderas .....	2
Tabla 2. 1 Propiedades de la madera plywood. ....	6
Tabla 2. 2 Propiedades de la madera plywood marino BC.....	8
Tabla 2. 3 Velocidades para tensión recomendado por la norma ASTM D143 .....	13
Tabla 2. 4 Clasificación de maderas norma UNE56.540.....	13
Tabla 2. 5 Dureza de maderas.....	14
Tabla 2. 6 Producción sector metalmecánico CANFAC. ....	19
Tabla 2. 7 Producción carroceara 2010. ....	19
Tabla 3. 1 Cargas vivas de diseño según la norma INEN NTE – 1323.....	22
Tabla 3. 2 Madera de estudio.....	27
Tabla 3. 3 Muestra de materiales a ensayar .....	28
Tabla 3. 4 Características de madera plywood o contrachapada .....	28
Tabla 3. 5 Características de madera plywood marino .....	30
Tabla 3. 6 Características técnicas de la madera .....	30
Tabla 3. 7 Dimensiones de probetas para ensayos según la norma ASTM D143 .....	31
Tabla 3. 8 Codificación de probetas por su tipo de madera.....	33
Tabla 3. 9 Codificación de probetas .....	34
Tabla 3. 10 Probetas para el análisis de flexión del primer tipo de madera .....	36
Tabla 3. 11 Ensayo de flexión de la madera plywood normal de 12 mm.....	43
Tabla 3. 12 Ensayo de flexión de la Madera Plywood normal de 15 mm.....	46
Tabla 3. 13 Probetas para el análisis de flexión del segundo tipo de madera.....	49
Tabla 3. 14 Eensayo de flexión de la madera plywood marino de 12 mm.....	52
Tabla 3. 15 Ensayo de flexión de la madera plywood marino de 15 mm.....	55
Tabla 3. 16 Probetas para el análisis de tracción del primer tipo de madera.....	60
Tabla 3. 17 Eensayo de tracción de la madera plywood normal de 12 mm. ....	66
Tabla 3. 18 Ensayo de tracción de la madera plywood normal de 15 mm. ....	69
Tabla 3. 21 Probetas para el análisis de tracción del segundo tipo de madera. ....	72
Tabla 3. 22 Ensayo de tracción de la madera plywood marino de 12 mm. ....	75
Tabla 3. 23 Ensayo de tracción de la madera plywood marino de 15 mm. ....	78
Tabla 3. 24 Probetas para el análisis de impacto del primer tipo de madera.....	82

Tabla3. 25 Ensayo de impacto de la madera plywood normal de 12 mm. ....	85
Tabla 3. 26 Ensayo de impacto de la madera plywood normal de 15 mm. ....	87
Tabla 3. 27 Probetas para el análisis de impacto del segundo tipo de madera .....	89
Tabla 3. 28 Ensayo de impacto de la madera plywood marino de 12 mm. ....	91
Tabla 3. 29 Ensayo de impacto de la madera plywood marino de 15 mm. ....	93
Tabla3. 30 Presupuesto de materia prima. ....	95
Tabla 3. 31 Presupuesto del análisis de la madera.....	95
Tabla 3. 32 Comparación del análisis de flexión de los tipos de maderas.....	96
Tabla 3. 33 Comparación del ensayo de tracción de los tipos de maderas. ....	98
Tabla 3. 34 Comparación de los ensayos de impacto de los tipos de maderas.....	101

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**

“ANÁLISIS Y DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LOS TIPOS DE MADERAS USADOS EN LA CONSTRUCCIÓN DE PISOS DE BUSES URBANOS O BUS TIPO”

**Autor:** German Israel Suqui Pintado

**Tutor:** Ing. Mg. Christian Castro

**RESUMEN EJECUTIVO**

El presente trabajo se basó en el análisis de un material compuesto por madera, mismo que es utilizado en la fabricación de los pisos de las carrocerías metalmecánicas de los buses urbanos, la investigación permitió determinar las propiedades de flexión, tracción e impacto de este material, debido a que en el sector se debe cumplir con normas que puedan certificar sus modelos, lo que mejora la calidad y garantiza sus productos.

El proyecto de modalidad documental y bibliográfica identificó las características que poseen los materiales mencionados, consiguientemente se procedió a realizar las probetas para la realización de los ensayos mencionados las cuales deben estar establecidas con las siguientes normas (flexión, tracción con la ASTM D143, impacto con la ASTM E23).

De los resultados que se obtenidos en los ensayos de tracción, flexión e impacto se determinó que la madera plywood marino de 12 mm con una resistencia de 44,9 N/mm es ideal para la elaboración de los pisos de los buses urbanos o bus tipo.

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTY OF CIVIL ENGINEERING AND MECHANICS**  
**MECHANICAL ENGINEERING DEGREE**

"ANALYSIS AND DETERMINATION OF THE MECHANICAL PROPERTIES OF  
THE TYPES OF WOOD USED IN THE CONSTRUCTION OF FLOORS OF CITY  
BUSES OR BUS TYPE"

**Author:** Germán Israel Suqui Pintado

**Tutor:** Ing. Mg. Christian Castro

**EXECUTIVE SUMMARY**

The present work was based on the analysis of a material composed of wood, which is used in the manufacture of the floors of the metalworking bodies of the urban buses, the research allowed to determine the properties of flexural, tensile and impact of this material, because in the sector must comply with standards that can certify their models, which improves the quality and guarantees their products.

The documentary and bibliographical modality project identified the characteristics of the mentioned materials, consequently proceeded to make specimens for the mentioned test, which must be established with the following standards (flexion, tensile with the ASTM D143, impact with ASTM E23).

From the results obtained in the tensile, flexural and impact tests, was determined that the wood plywood marine 12 mm with a resistance of 44,9 N/mm is ideal for the preparation of the floors of the urban buses or bus type.

# **CAPÍTULO I**

## **ANTECEDENTES**

### **1.1 Tema del trabajo técnico**

ANÁLISIS Y DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LOS TIPOS DE MADERAS USADOS EN LA CONSTRUCCIÓN DE PISOS DE BUSES URBANOS O BUS TIPO

### **1.2 Justificación**

Mediante la incorporación de nuevos materiales, todas las industrias carroceras y la mayoría de empresas se encuentran renovándose por ende la zona centro del país principalmente en Tungurahua se ha previsto realizar mejoras en la parte interna de los buses urbanos específicamente en los pisos para facilitar su confort y brindar seguridad al usuario [5].

Según los diferentes tipos de materiales utilizados sobre los pisos de las unidades, la madera sería una excelente opción por su resistencia en los buses urbanos o bus tipo, pues investigaciones sobre los componentes y su adherencia señalan ser útiles para realizar cambios en la forma estética del interior de un bus, por ello se proponen diversos tipos de maderas que podrán ser buenas alternativas al mejorar la adherencia al piso con bajos costo, por cuanto se procede a realizar pruebas con diferentes tipos de maderas con el fin de utilizar el más factible[5].

El número de materiales aplicados para este campo es amplio debido a que se puede realizar distintas operaciones para comprobar su eficiencia y resistencia a esfuerzos que están continuamente sometidos en un tiempo determinado, la densidad de los materiales depende del tipo que se va a utilizar como también del estado del material y de diversos factores que tengan los materiales.

Los resultados que se obtengan en esta investigación serán un aporte al proyecto de investigación planteado por el Ing. Mg. Christian Castro y el Ing. Mg. Cristian Pérez docentes de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, donde se realizara énfasis en los acabados interiores de los buses urbanos mediante normas como la ASTM D-143 y determinación de las propiedades mecánicas de los compuestos como la madera, ya que se realizaran los análisis con distintos tipos de este material para considerar la mejor opción en la adherencia al piso y el soporte al peso.

Este proceso depende directamente de la sensibilidad y toma de datos en tiempo real, como también del costo de adquisición de los materiales para realizar las pruebas, los materiales que se deben usar tienen que ser antideslizantes y resistentes al tráfico dependiendo de la norma a utilizarse [7].

**Tabla 1. 1** Densidades de especies comunes de madera

<b>Tipos de maderas</b>	<b>Densidad en g/cm<sup>3</sup></b>
Eucalipto	0,56
Chanul	0,66
Guayacán	0,76
Pino	0,39
Laguno	0,36
Jibaro	0,36

Fuente: [1].

### **1.3 Objetivos**

#### **1.3.1 Objetivo general**

Analizar y determinar las Propiedades Mecánicas de los tipos de maderas usados en la construcción de los pisos de buses urbanos.

#### **1.3.2 Objetivos específicos**

- Analizar los parámetros constructivos de los pisos del bus urbano.
- Determinar los parámetros de flexión, tracción e impacto de la madera.
- Realizar ensayos de tracción, flexión e impacto para determinar las propiedades mecánicas de los diferentes tipos de maderas.
- Analizar los valores obtenidos para comparación de los materiales y su factibilidad.

## **CAPÍTULO II**

### **FUNDAMENTACIÓN**

#### **2.1 Investigaciones previas**

En la investigación realizada se puede mencionar las siguientes citas previas:

Klever Santiago Morales Cisneros en su trabajo para la obtención del título de Ingeniero Mecánico en la Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica con el tema de: “Estudio del proceso de doblado de materiales compuestos por láminas de triplex y fibras de densidad media como material alternativo a la madera sólida y su incidencia en los tiempos de producción de muebles”, este trabajo concluye que la utilización de materiales alternativos pueden remplazar a la madera ya que existe un gran problema ambiental con la tala de bosques y que es un material escaso por ende se puede utilizar la madera contrachapada o triplex que es un compuesto laminar con densidades entre 500 a 700 kg/m<sup>3</sup> y pueden ser resistentes al ataque de agentes biológicos y cambios de temperatura y la producción será más factible de realizarlo[1].

Verónica Elizabeth Morocho Toaza en su proyecto de titulación de Ingeniero Mecánico en la Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica con el tema de: “Estudio del comportamiento a fatiga mecánica de polímeros compuestos con fibra natural y su incidencia en la aplicación para la fabricación de accesorios de la industria carrocera”, en el cual podemos observar el comportamiento de probetas realizadas con polímeros de acuerdo a la norma ASTM D-638 utilizando el aserrín producido por maderas en un 45% para mezclar con resina lo que permite aprovechar una sinergia de propiedades que les confiere un incremento de potencial para su utilización[2].

Franklin Rene Recalde Vásquez en su trabajo para la obtención de su título de Ingeniero Civil en la Universidad Central del Ecuador, Facultad de Ingeniería Ciencia Físicas y Matemáticas con el tema de: “Diseño de elementos estructurales utilizando madera laminada” en este documento encontramos los tipos de maderas que se pueden utilizar

como pueden ser madera fina, regular, construcción de pallets en los cuales las especies más comunes son el eucalipto y el pino en la región Sierra y en la región Costa tenemos al laurel, melina y teca con unas densidades que varían entre los 0.35 a 0.75 g/cm<sup>3</sup>, también presenta mejor comportamiento que los aceros normales y también evita costosas labores de mantenimiento [3].

José Sediél Barreto Castañeda al realizar su trabajo para la obtención de su título de Magister en Construcción en la Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Artes con el tema de: “Estudio de propiedades físico mecánicas (corte y flexión) de la especie de madera tropical teca (*tectona grandis*) en el sistema de laminado pegado estructural”, en el siguiente trabajo se procede a determinar el tipo de madera tropical que puede remplazar al pino ya que es muy utilizado para la construcción de edificaciones con luces mayores a 100 metros de longitud ya que su resistencia a la flexión es de 800kg/cm<sup>2</sup> y su densidad es de 500kg/m<sup>3</sup> y se desea remplazar con teca ya que es la única especie dentro del grupo tropical que cumple con las características físicas y que es una especie reforestada con una densidad de 530 kg/m<sup>3</sup>[4].

## **2.2 Fundamentación teórica**

### **2.2.1 Madera**

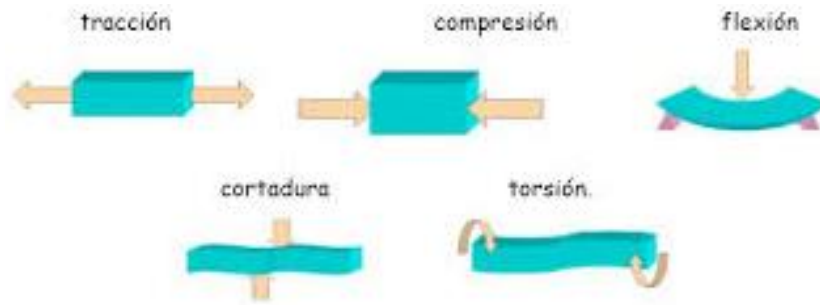
La madera es un material o una sustancia dura y resistente que varía de densidad dependiendo del tipo de madera, la cual se puede utilizar como combustible y como material para la utilización en cualquier construcción por ser fácil de manipular y fácil de trabajar a comparación de otros materiales[21].

El aspecto que tiene este material es considerado como una de las propiedades más importantes, por las cuales se puede utilizar para la decoración y el revestimiento gracias a su apariencia que unido a sus propiedades permiten una fácil manipulación.

#### **2.2.1.1 Propiedades de la madera**

La madera tiene en sus propiedades principales una gran resistencia a la dureza, densidad y rigidez también alcanza otras ventajas como su fácil uso en la realización de acabados gracias a su densidad y estructura. La calidad de la madera y resistencia mecánica junto a sus propiedades térmicas y acústicas tienen relación, es decir si una madera es más densa tendrá mayor dureza y resistencia.

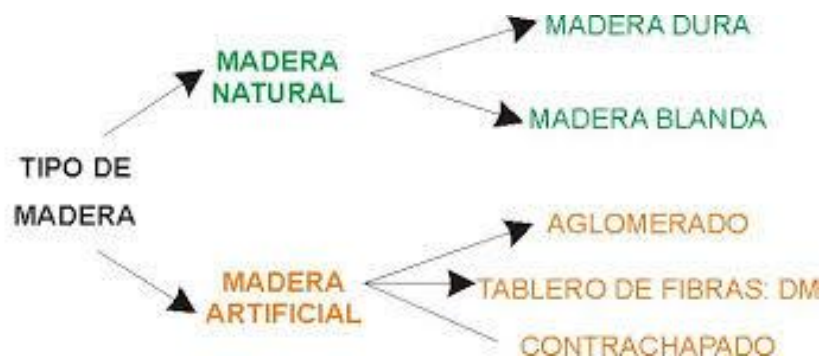




**Figura 2. 1** Propiedades de la madera  
Fuente: [24].

Por esta razón la resistencia depende del estado de la madera mientras más seca será más resistente como también la resistencia a la compresión, baja resistencia a la tracción y una resistencia moderada al cizallamiento [3].

### 2.2.2 Tipos de maderas



**Figura 2. 2** Clasificación de madera  
Fuente: [25].

Las maderas se pueden presentar casi en cualquier tipo, predominando las maderas blandas las cuales pueden ser de pino y abeto para uso industrial como también de roble rojo, abedul, arce, caoba, caobilla entre otras como maderas decorativas.

Antiaris	Bubinga	Castaño	Cedro
Cerezo	Embero	Etimoe	Fresno
Haya	Haya Vaporizada	Iroko	Mansonia
Maple	Mongoy	Mukali	Nogal
Pino Gallego	Pino Melix	Pino Valsain	Roble
Roble Mallado	Sapelli	Sapelli Rameado	Ukola

**Figura 2. 3** Tipos de maderas  
Fuente: [26].

a) **Madera plywood o contrachapada.**- La madera plywood es un tablero elaborado con láminas chapas las cuales están pegadas una encima de otra, de tal forma que sus fibras estas perpendiculares y son pegadas con una resina sintética a presión y calor.

La principal característica de la madera contrachapada es la uniformidad que presenta y su bajo peso, a diferencia de las maderas macizas, las propiedades mecánicas se van igualando a medida que aumenta el número de chapas [22].



**Figura 2. 4** Tipos de maderas Plywood (maderas blandas)  
Fuente: [22].

Esta madera se debe almacenar en lugares limpios, secos y aireados separándola del piso, en posición horizontal sobre listones o en superficies planas.

**Tabla 2. 1** Propiedades de la madera plywood.

Ítem	Estándar	Unidad	Requerido	Valor
<b>Contenido Humedad</b>	EN 322	%	≤17%	15.2
<b>Densidad</b>	EN 323	Kg/mm <sup>3</sup>		560
<b>Calidad Unión</b>	EN 314-1	N/mm <sup>2</sup>	Por pieza	0,61-0,82
	EN 314-1	%	Daños	0
<b>Desviación Estándar</b>	EN 314-1			0,104
	EN 310	N/mm <sup>2</sup>	Largo	55.3
<b>Resistencia al doblado</b>	EN 310	N/mm <sup>2</sup>	Ancho	33.5
	EN 310	N/mm <sup>2</sup>	-	7.048
<b>Módulo de elasticidad</b>	EN 310	N/mm <sup>2</sup>	-	2,177
<b>Fibras cruzadas</b>	Bintagor	Okoume	BB/CC	
<b>Cara o Fase</b>	Poplar			
<b>Pegamento</b>	Mr. Glue			

Fuente: [22].

**b) Madera Plywood marino BC.-** La madera pelicano plywood marino es utilizado para uso industrial, el mismo que puede soportar mayores condiciones extrema del clima, como agua, rayos ultravioleta, viento entre otros debido a su pegamento especial de WPS [23].



**Figura 2. 5** Madera Plywood Marino BC  
Fuente: [23].

Generalmente se utilizan diferentes maderas para la fabricación de los tableros de chapa marina, los tableros externos suelen ser de roble o chopo por su acabado pero si se busca la resistencia del material para interiores se utiliza maderas como el pino o el abeto por su excelente comportamiento frente a la humedad.



**Figura 2. 6** Tipos de maderas Plywood Marino BC  
Fuente: [22].

La principal característica de la madera plywood marino BC es la estabilidad estructural en todo el tablero, presentan uniformidad, a diferencia de las maderas resisten con mayor fuerza a la humedad.

**Tabla 2. 2** Propiedades de la madera plywood marino BC.

Ítem	Estándar	En Requerido	Valor
<b>Contenido Humedad</b>	EN 322	≤14%	9.7
<b>Densidad</b>	EN 323	-	0.53
<b>Calidad Unión</b>	EN 314-1	≥0.7	0,85
<b>Resistencia al doblado</b>	EN 310	-	44.9
<b>Módulo de elasticidad</b>	EN 310	-	4465
<b>Emisión de formaleido</b>	EN 717-2	E1/E2	3.53
		E1	33.5
		E2	3,5 mg/l/m <sup>2</sup> xh
<b>Grado</b>	Film		3,5@8,0mg/l/m <sup>2</sup> xh
<b>Pegamento</b>	WBP		Ambas caras
<b>Producto</b>	Inmunizado		A todo tipo de insecto

Fuente: [23].

### 2.2.3 Propiedades mecánicas

La madera se emplea habitualmente como un material de ingeniería gracias a su amplia gama de propiedades físicas, mecánicas y térmicas las cuales se pueden elegir de distintas clases dependiendo de los requerimientos, especificaciones. La resistencia a la madera está influenciada por factores como los tipos de cargas aplicadas, la dirección y duración de la carga aplicada, también de la temperatura y humedad, según normas como la ASTM D143 que definen los métodos y ensayos que se pueden determinar las propiedades mecánicas incluyendo la resistencia a la flexión, resistencia a la tracción y resistencia a la cizalladura.

#### 2.2.3.1 Ensayos de resistencia a la flexión de la madera

El ensayo de resistencia a la flexión de la madera consiste en la aplicación de fuerzas en la barra de madera como se lo demuestra en la norma ASTM D143 en donde se establecen las características de las probetas y el procedimiento.

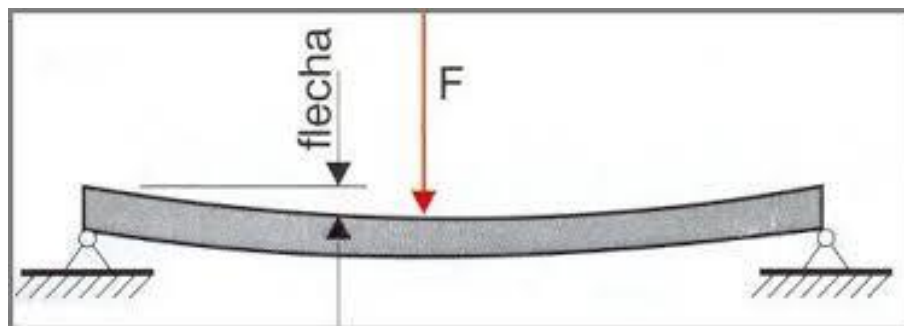
**a) Tamaño de la muestra.-** El tamaño de los ensayos de flexión tendrán dos características el primario se lo realizara por una probeta de 50mm de ancho por 50mm

de alto y por 760 mm de largo mientras que para el secundario serán de 25mm de alto por 25mm de ancho y por 410mm de largo como nos indica la norma ASTM D143 [6].



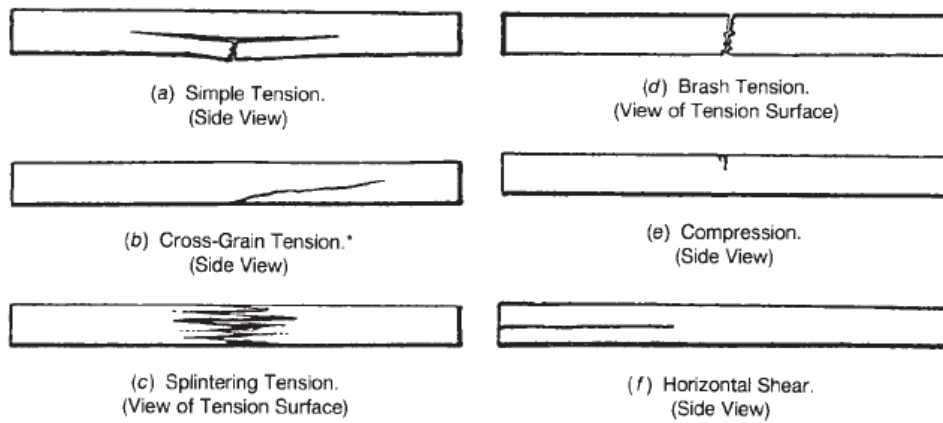
**Figura 2. 7** Tamaño de las probetas  
Fuente: [6].

Según la norma las probetas deberán resistir cargas de 890 N para el primer tipo de probetas, mientras que para el segundo tipo deberá soportar cargas de 220 N las cuales podrán ser aplicadas en la máquina universal. Estas cargas pueden variar dependiendo del tipo de madera que se utilice, de la superficie, como también del estado de la madera [6].



**Figura 2. 8** Aplicación de las cargas en la probeta.  
Fuente: Autor

**b) Descripción de las fallas de deflexión estática.** - Las fallas de flexión estáticas se clasifican de acuerdo con el aspecto de la superficie fracturada del material y la forma en que se ha fracturado, las superficies que se fracturan puede dividirse en superficies descascaradas y fibrosas las cuales de una forma abrupta pueden indicar las asillas en la parte fracturada [6].

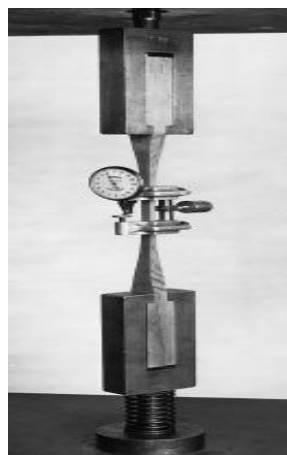


**Figura 2. 9** Formas de fractura ensayos de flexión  
Fuente: [6].

- a) Tensión simple (vista lateral)
- b) Cruz-grano tensión (vista lateral)
- c) Astillar tensión (vista de la tensión de superficie)
- d) Tensión descarada (vista de la tensión de superficie)
- e) Compresión (vista lateral)
- f) Corte horizontal (vista lateral)

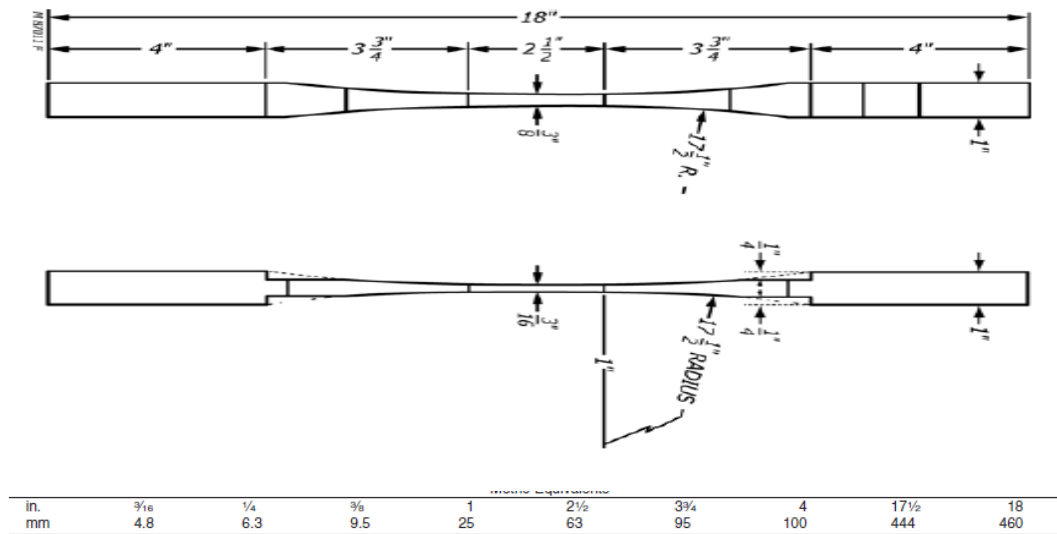
### 2.2.3.2 Ensayos de resistencia a la tracción de la madera.

El ensayo de tracción se lo realiza mediante aplicación de fuerzas sobre la barra de madera como está especificado en la norma ASTDM D143 y ASTM D4761 mediante la cual se establecen las características y el procedimiento de análisis de las probetas [6].

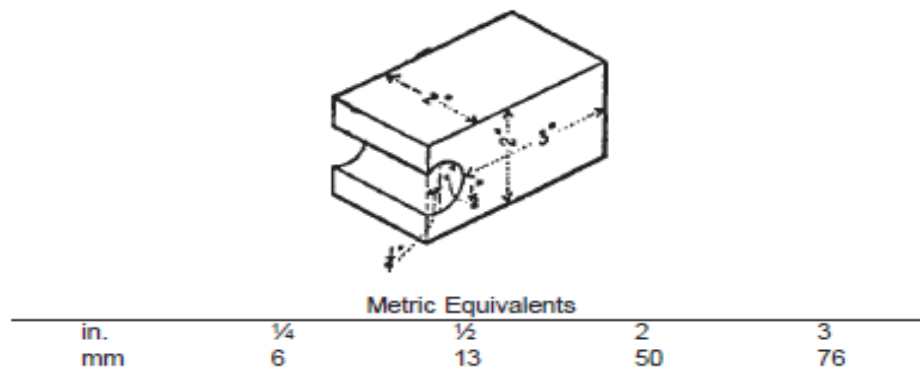


**Figura 2. 10** Tensión paralela.  
Fuente: [6].

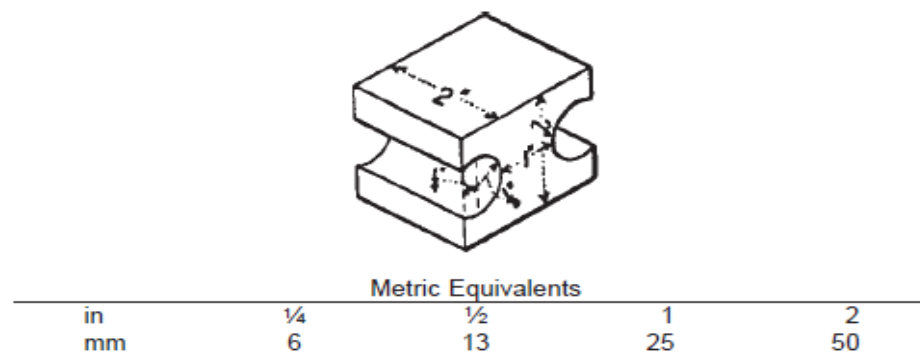
a) **Tamaño de la muestra.**- Los tamaños de la muestra para determinar la tensión estarán orientados a la dirección de la sección crítica en los extremos de mayor tamaño, se tomara las medidas de las muestras hasta cuando pasen del límite proporcional [6].



**Figura 2. 11** Probeta para carga de tracción.  
Fuente: [6].



**Figura 2. 12** Probeta para carga de tracción con carga no axial.  
Fuente: [6].



**Figura 2. 13** Probeta para carga de tracción con carga axial.  
Fuente: [6].

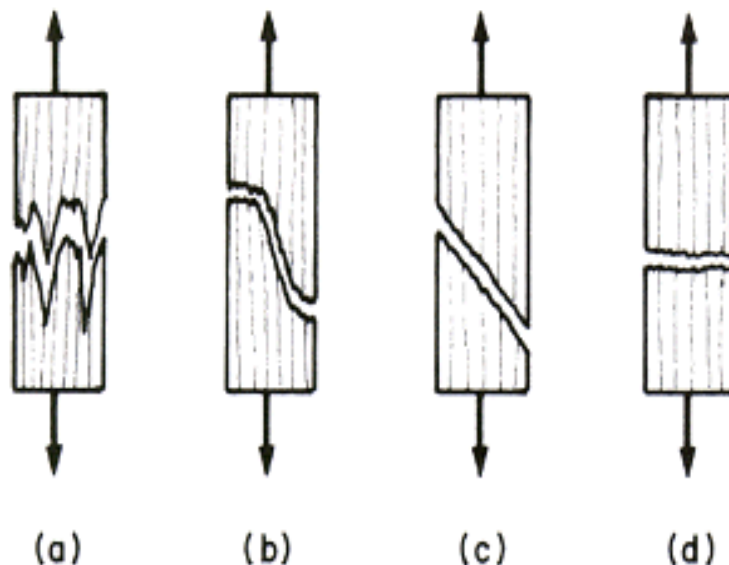
**b) Procedimiento para realizar el análisis.-** Comenzamos midiendo la muestra antes de realizar el análisis, verificando las dimensiones y el contenido de humedad en la madera para que resista a la tracción, hay que verificar los puños de la máquina y colocar la muestra a lo largo en la dirección que se aplica de la carga.

La velocidad de la prueba se determinará mediante la carga aplicada sobre la superficie de la muestra, la misma comienza a fracturarse y esto sucederá aproximadamente en 1 minuto de tal manera que la carga no debe alcanzar su estado de fractura en menos de 10 segundos ni más de 10 minutos.

**c) Descripción de falla de tracción.-** Las fallas de tracción se clasifican de acuerdo con el aspecto de la superficie del material y la forma con que se fracturan, las superficies puede dividirse en superficies descascaradas y fibrosas [18].

- a) Tensión cortes limpios
- b) Combinados de tensión y corte
- c) Tensión cortante
- d) Tensión frágil

Como se indica en la figura 2.14:



**Figura 2. 14** Formas de fractura para ensayos de tracción.  
Fuente: [18].



**d) Velocidad del ensayo de tensión de la madera.-** Para los ensayos de tensión se realizarán las lecturas de las cargas y deformaciones que recomiendan los estándares de la norma ASTM D143 la cual indica que será de 0.05plg/min o 1mm/min.

**Tabla 2. 3** Velocidades para tensión recomendado por la norma ASTM D143

Material de ensayo	Referencia de la ASTM	Máxima velocidad del puente		Velocidad de aplicación de carga
		A la cedencia	A la resistencia	
		Tramo de calibración	Tramo de calibración	
Materiales metálicos productos de acero	E-8	0.062 plg/min	0.5 plg/min	100 kips/plg <sup>2</sup>
	A 370	1.57 mm/min	12.7 mm/min	
Hierro fundido Gris	A 48	0.062 plg/min	0.125 plg/min	15 kips/plg <sup>2</sup>
		1.57 mm/min	(3.125 mm/min)	
Velocidad de las mordazas				
Plásticos	D638	0.05 plg/min	0.20 a 0.25 plg/min	
		1.27 mm/min	5.08 a 6.35 mm/min	
Hule duro	D 530			2.9 a 3.1 lb/s
Madera	D 143	Paralelo al grano	Perpendicular al grano	
		0.05 plg/min	0.10 plg/min	
		1.00 mm/min	2.5 mm/min	
Concreto	C 190			600 ± 25 lb/min

Fuente: [6].

### 2.2.3.3 Ensayos de resistencia al impacto y a la dureza de la madera.

Para realizar los ensayos de resistencia a la tracción de la madera se debe aplicar la fuerza mediante la información de la norma ASTM D143 y ASTM E23, en las cuales se especifica la forma de aplicar la fuerza en las probetas y el procedimiento que se realiza.

**Tabla 2. 4** Clasificación de maderas norma UNE56.540

Dureza (1/mm)	Clasificación
1-2	Blandas
3-4	Duras

Fuente: [7].

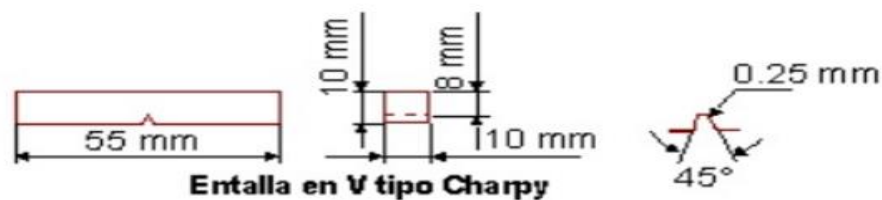
Es una prueba de impacto o de golpe sobre la madera es considerada como una prueba valiosa y deseable que a diferencia de las pruebas en otros materiales como el acero y el hormigón, la madera no es un material homogéneo sino que está compuesta de fibras.

**Tabla 2. 5** Dureza de maderas

<b>GRADO DE DUREZA DE LAS MADERAS</b>					
<b>Tipo de madera</b>	<b>Dureza Brinell n/mm<sup>2</sup></b>	<b>Grado de dureza</b>	<b>Tipo de madera</b>	<b>Dureza Brinell n/mm<sup>2</sup></b>	<b>Grado de dureza</b>
Arce	48	4	Cerezo	30	2
Bambú	40	4	Alerce Siberia	25	2
Arce Europeo	27	2	Merbau	49	4
Peral	35	4	Panga Panga	45	4
Abedul	31	3	Pitch Pine	33	3
Haya	34	3	Teca	38	4
Doussie	40	4	Roble Termo	32	3
Roble	34	3	Fresno Termo	31	3
Fresno	41	4	Abeto Termo	11	1
Abeto	12	1	Tiredwood	62	4
Jarrah	52	4	Nogal	31	3
Jatoba	69	4	Wengue	45	4
Kempas	52	4	Zembrano	56	4
Pino Nórdico	19	2			

Fuente: [27].

**a) Tamaño de la muestra.-** El tamaño de los ensayos de impacto tendrá características de las probetas de análisis Charpy según la norma ASTM E23-72.



**Figura 2. 15** Probeta para ensayo de impacto.

Fuente: [8].

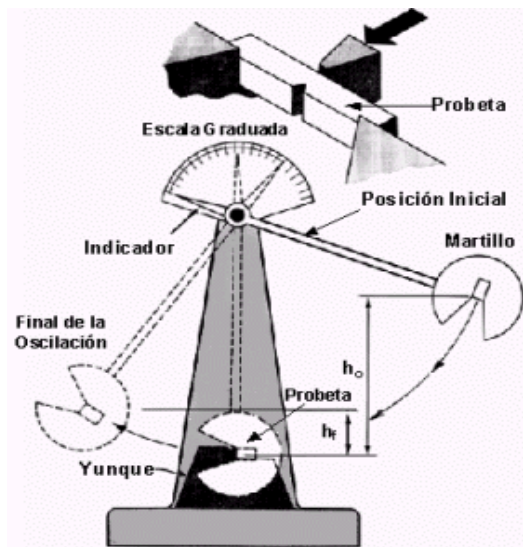
En las pruebas de impacto o de golpe existe varios tipos de ensayos como:

- Ensayo de dureza Brinell
- Ensayo de impacto por caída de dardo
- Ensayo de impacto por Charpy

El ensayo de impacto en la madera se lo realiza para determinar la capacidad de resistir o absorber la energía sin romperse, mediante esto se evalúa el estado, bajo las condiciones de cargas estáticas.

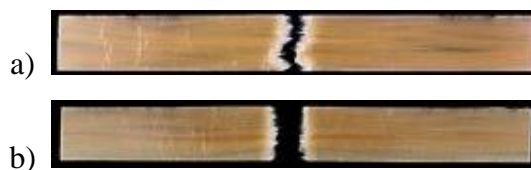
**b) Análisis mediante el método Charpy.-** La características esenciales de esta prueba de impacto es que tiene que tener una adecuada muestra, debe ser compatible con el sistema, y que la prueba debe recibir golpe de la masa en movimiento el cual tiene energía suficiente para romper la muestra colocando un dispositivo para medir la energía absorbida por la muestra rota [8].

El proceso de análisis en este método se procede a dejar caer el péndulo a unos  $30^\circ$ ,  $45^\circ$  o  $60^\circ$  estos ángulos se utilizan para calcular la energía que se necesita para que se fracture la probeta.



**Figura 2. 16** Máquina para realizar análisis de Charpy.  
Fuente: [8].

**c) Descripción de fallas de impacto.-** Las fallas de impacto se clasifican de acuerdo con el aspecto de la superficie fracturada del material y la forma en que se ha fracturado [19].



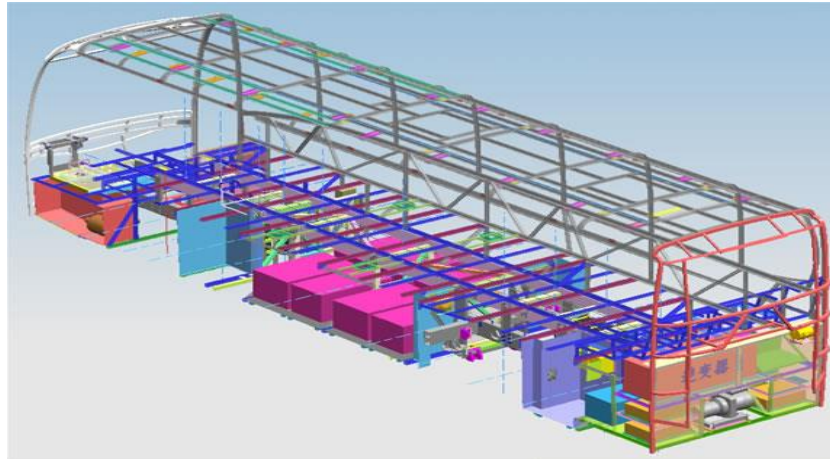
**Figura 2. 17** Formas de fractura para ensayo de impacto Charpy.  
Fuente: [18].

a) Tensión astillar

b) Tensión corte limpio

#### 2.2.4 Carrocerías Metalmecánicas

La carrocería es la parte externa de un bus, es capaz de resistir cargas e impactos y está compuesta de varias piezas las cuales protegen el motor y todos los elementos internos que compone el bus.



**Figura 2. 18** Carrocerías Metalmecánicas.  
Fuente: [28].

El sector carrocerero es una parte del sector metalmecánico, esta englobado en el sector de las estructuras, además la utilización de autobuses es necesario debido a que todas las personas necesitan movilizarse cada vez más a distintos lugares, La industria carrocera genera miles de empleos cada año, para el año 2014 según diagnósticos se generaron 1500 empleos directos, 889 empleos de mano de obra lo cual representa el 10% en el sector metalmecánico [9].



**Figura 2. 19** Descripción del sector carrocero.  
Fuente: [10].

### 2.2.4.1.- Clasificación de los vehículos de transporte

**a) Bus urbano o bus tipo.-** El Bus tipo o urbano se denomina a aquel que los pasajeros viajan al interior de una ciudad, dependen de la capacidad de la carrocería con un mínimo de 61 pasajeros, los asientos del bus tipo son regularmente de un material duro y resistente de fácil limpieza[15].



**Figura 2. 20** Bus tipo o bus urbano.  
Fuente: [15].

**b) Bus escolar.-** Este tipo de bus es utilizado para el transporte de personal estudiantil como también de personal administrativo de una empresa, en este tipo de bus se tiene una capacidad de 30 pasajeros, el diseño es cómodo para la comodidad de los pasajeros [16].



**Figura 2. 21** Bus escolar.  
Fuente: [16].

**c) Bus interprovincial.-** El bus interprovincial sirven para el transporte de pasajeros, dotados de una gran comodidad y espacios para carga los cuales permiten recorrer grandes distancias tienen entre 38 a 40 asientos solo para pasajeros sentados con asientos acolchonados con inclinación [15].



**Figura 2. 22** Bus interprovincial.  
Fuente: [15].

**d) Transporte de turismo.-** Estas unidades son aquellas que están más adaptadas a las comodidades de los pasajeros estas unidades están con lo último en instrumentación de seguridad, entretenimiento y confort para el pasajero los cuales prestan servicio a ciertos clientes [17].



**Figura 2. 23** Transporte turístico.

Fuente: [17].

Este sector se dedica a la fabricación y producción de carrocerías y se especializa primordialmente en la fabricación de furgones y buses, además se fabrican en partes de plataformas, transportes de vehículos, volquetes; según la CANFAC el promedio de buses mensuales es de 127, a un precio que varía entre 50 y 70 mil dólares.

**Tabla 2. 6** Producción sector metalmecánico CANFAC.

<b>Producción</b>			
<b>Productos</b>	<b>% producción</b>	<b>Productos</b>	<b>% producción</b>
Buses	85%	Volteos	2 %
Furgones	7%	Transportes de vehículos	1 %
Plataforma	2%	Volquetes	2 %

Fuente: [9].

El sector carrocerero abarca un 63 % de demanda a nivel nacional y un 77% a nivel regional, en la zona centro del Ecuador, Tungurahua es conocida por manufactura además se caracteriza por que es la provincia donde existen mayor cantidad de carrocerías.

**Tabla 2. 7** Producción carroceara 2010.

<b>PROVINCIA</b>	<b>COSTO CARROCERIAS</b>	<b>PRODUCCION 2010</b>	<b>%</b>	<b>VALOR (\$)</b>	<b>PAGO IVA(\$)</b>
Chimborazo	45000,00	300	21,30%	13500000,00	1620000,00
Cotopaxi	45000,00	24	1,70%	1080000,00	129600,00
Pastaza	45000,00	6	0,40%	270000,00	32400,00
Tungurahua	45000,00	1080	76,60%	48600000,00	5832000,00

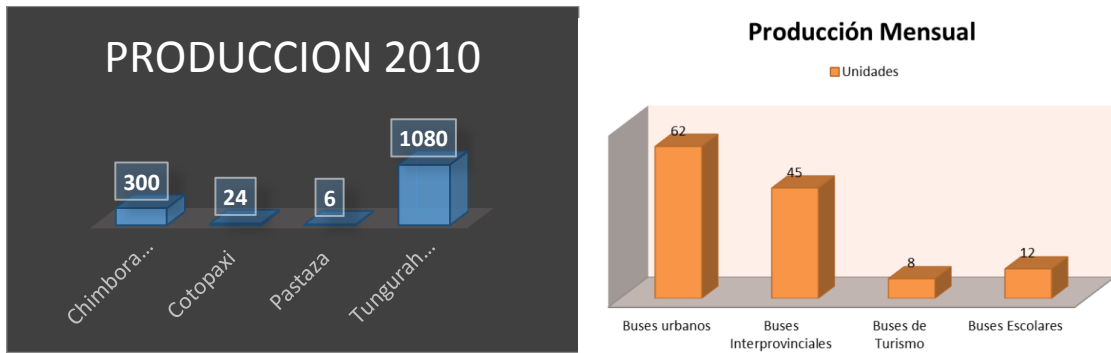
Fuente: [10].

#### **2.2.4.2 Análisis de la producción en carrocerías.**

Las empresas carroceras están basadas en una serie de procesos de construcción para las carrocerías, los que se detallan a continuación.

- Preparación del material estructural
- Construcción del piso, laterales y techo
- Construcción del frente y respaldo
- Forrado exteriores
- Forrado interiores

- Sección puertas y compuertas
- Sección pintura
- Acabados y terminados



**Figura 2. 24** Producción sector carroceros 2010.  
Fuente: [9].



## CAPÍTULO III

### DISEÑO DEL PROYECTO

#### 3.1 Selección de alternativas

##### 3.1.1 Bus urbano o bus tipo

En la construcción del bus urbano o bus tipo se procede de la siguiente manera en la construcción de la carrocería

- La fabricación de la carrocería
- Protección anticorrosiva y pintura
- Construcción de puertas y bodegas
- Colocación de cristales
- Equipamiento del interior
- Iluminación y control

Para realizar la construcción de un bus urbano o bus tipo a continuación se detalla el proceso de fabricación en una línea de producción para elaborar el producto y mejorar su calidad.

##### 3.1.1.1 Diseño y producción

Una vez obtenido el chasis de la unidad, se procede a efectuar el estudio y análisis de las medidas, realizando los planos de las secciones del prototipo de bus para luego entregar la orden de preparación de materiales necesarios para el comienzo de la fabricación [11].



**Figura 3. 1** Diseño bus tipo.  
Fuente: [28].

### a) Área de la estructura

En esta área se construyen lo que son el piso, los laterales y el techo en sus respectivos sitios de trabajo, para que sean ensamblados al chasis, así como también se construye el arrastre el cual está debajo del piso y refuerza los laterales, del mismo modo se empieza la construcción de las cajuelas laterales las cuales son soldadas en los bastidores del chasis.



**Figura 3. 2** Construcción Estructura.  
Fuente: [28].

Para el diseño de las unidades de transportes de pasajeros se tiene presente cargas vivas que se utilizan para el análisis de la carrocería como se muestra en la tabla 3.1.

**Tabla 3. 1** Cargas vivas de diseño según la norma INEN NTE – 1323

Tipo de servicio	Masa de un ocupante(Kg)	Masa mínima de equipaje de mano por pasajero(Kg)	Masa mínima de equipaje en bodegas porta equipajes(Kg)	Espacio por pasajero de pie(m <sup>2</sup> )
Urbano	70	-	-	0.16
Urbano (escolar)	70	-	-	Sin pasajeros de pie
Interprovincial	70	5	100 x Vol	0.16
Interprovincial	70	5	100 x Vol	Sin pasajeros de pie

Fuente: [12].

Las estructuras de los buses deben cumplir condiciones de acuerdo a la norma de carrocerías de buses INEN NTE – 1323 para la resistencia las cuales son:

- Debe resistir una carga estática sobre el techo, equivalente al 50% del peso máximo para el chasis a lo largo del mismo sin experimentar deformaciones en ningún punto que superen los 70 mm [12].
- Las carrocerías de los buses deben estar soldadas de acuerdo con las normas vigentes como AWS D8.8 para componentes de acero y la AWS D8.14 para componentes en aluminio, así como también deben ser certificadas bajo las normas AWS D1.3 para acero, AWS D1.2 para aluminio y AWS D1.6 para acero inoxidable [12].

### b) Área de fibra de vidrio

En esta área se preparan los moldes y partes del bus, para la realización de estas partes se utiliza la resina, el hiercol y desmoldante con los cuales se procede a fabricar lo que son el frente, el respaldo, la cancha, los guardachoques, los laterales internos, etc.



**Figura 3. 3** Materiales de fabricación.  
Fuente: [29].

Una vez terminado con la fabricación de la estructura se procede a realizar la construcción del frente y del respaldo del bus, lo que permite que estén formados por 3 capas de fibra de vidrio combinadas con resina poliéster y hiercol.



**Figura 3. 4** Respaldo de bus urbano.  
Fuente: [28].

En el proceso de forrado de laterales se realiza con planchas de fibra y corosil para los buses interprovinciales, mientras que para el bus tipo se utiliza acero inoxidable que es remachado y pegado a la estructura del bus.



**Figura 3. 5** Forrado de laterales.  
Fuente: [28].

### **c) Área de construcción y acabados**

En esta área se realizan todos los procesos de acabado de interiores y exteriores del bus como son las compuertas, pisos, asientos, conexiones y acabados.

#### **Construcción de compuertas**

Una vez forrado los laterales y construida la estructura, se coloca la estructura de las compuertas en la cual se colocan las chapas de apertura, así como también los seguros y el mecanismo.



**Figura 3. 6** Construcción de compuertas.  
Fuente: [28].

### **Construcción de pisos**

En las adaptaciones de la estructura que se realiza en el piso se procede a prepararlo, mediante la aplicación de sicaflex en la estructura, luego se coloca las planchas de madera plywood en todo el piso del bus las cuales deben ser antideslizantes y deben estar sujetas al diseño de la carrocería, estas deben estar unidas por pernos los que cumplen con la norma NTE INEN 2245, además de tener un índice de llama menor de 150 bajo la norma ASTM E162 o un máximo de 250mm/min según la norma ISO3795 [12].



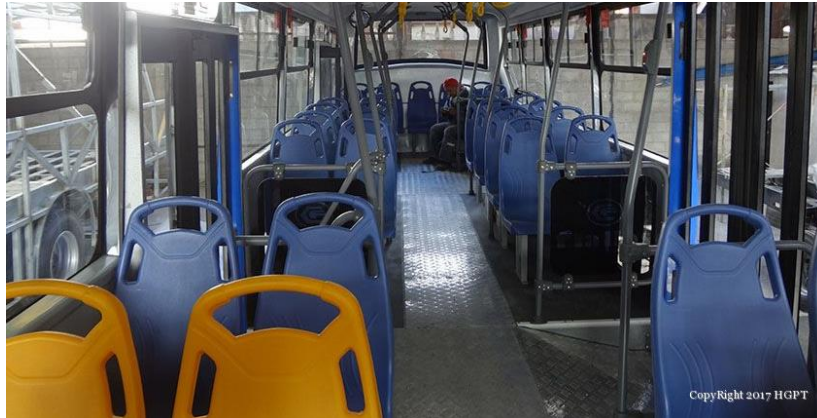
**Figura 3. 7** Construcción del piso.  
Fuente: [28].

### **Construcción y colocación de asientos**

Luego del montaje de estos elementos al chasis se procede a la construcción de las gradas para el acceso por la parte delantera y posterior, las cuales son realizadas con



una plancha de acero laminado en frío galvanizado, en los asientos del bus tipo se construyen las bases según los plásticos URBAN90.



**Figura 3. 8** Construcción asientos.  
Fuente: [28].

### **Forrado interiores**

En el proceso de forrado del interior del respaldo del bus, primero se realiza el cableado eléctrico después se forra el techo con aluzinc, luego se tapiza mientras que se coloca la fibra de vidrio tanto para los buses urbanos como para los interprovinciales.



**Figura 3. 9** Forrado interior.  
Fuente: [28].

### **Acabados**

Luego de realizar la pintura y verificación de la unidad se procede a realizar los acabados tanto interiormente como exteriormente, como el montaje de ventanas, la colocación de asientos, la revisión del sistema eléctrico, etc.



**Figura 3. 10** Acabado  
Fuente: [28].

### 3.1.2 Madera Plywood

Para el análisis de los materiales con los que se puede realizar el piso de los buses urbanos o bus tipo, se tomara en cuenta la madera ya que es muy utilizada en dichos buses, considerando las siguientes.

**Tabla 3. 2** Madera de estudio

MADERA		
1	Madera Plywood Normal de 12 mm	MATERIAL
2	Madera Plywood Normal de 15 mm	COMPUESTO
3	Madera Plywood Marino de 12 mm	MATERIAL
4	Madera Plywood Marino de 15 mm	COMPUESTO

Fuente: Autor

En este proyecto se analizará dos tipos de madera las que serán utilizadas en los pisos de los buses urbanos y bus tipo para ser colocados después del ensamble de las carrocerías con el chasis, y así saber la capacidad de resistencia se realizó pruebas en las que se tomaran un cierto número de probetas de acuerdo a la norma ASTM D143 Y ASTM E23.

**Tabla 3. 3** Muestra de materiales a ensayar

N°	MATERIAL	N° PROBETA	ENSAYO	NORMA
1	Madera plywood normal de 12 mm	7	Flexión	ASTM D143
		7	Tracción	
		5	Dureza	ASTM E23
2	Madera plywood normal de 15 mm	7	Flexión	ASTM D143
		7	Tracción	
		5	Dureza	ASTM E23
3	Madera plywood marino de 12 mm	7	Flexión	ASTM D143
		7	Tracción	
		5	Dureza	ASTM E23
4	Madera plywood marino de 12 mm	7	Flexión	ASTM D143
		7	Tracción	
		5	Dureza	ASTM E23
Total		76		

Fuente: Autor

Para realizar la investigación del material en estudio, se determinarán las características y composición de la madera plywood que se obtuvo de la empresa Placacetro Masisa que son las distribuidoras de este material a las empresas carroceras.

### 3.1.2.1 Características de la madera para piso de bus urbano

Para la utilización de la madera contrachapada se define las siguientes características:

#### a) Madera plywood normal

La madera plywood normal o contrachapada es resistente a la humedad del ambiente, el pegante que tiene es en base de resina y hurea formaldehido, está diseñada para la aplicación en interiores, están formadas por chapas de mediana densidad las cuales son obtenidas por especies comunes como pino, cedro y abeto [13].

**Tabla 3. 4** Características de madera plywood o contrachapada

TAMAÑO	ESPESOR	PESOS	TOLERANCIA	
			ESPESOR	CUADRATURA
3' x 7' (0,92 m x 2,14 m)	4 mm	5,44 Kg	+/- 5%	Máximo +/- 2 - 4



4' x 8' (1,22 m x 2,44 m)	4 mm	7,71 Kg	+/- 5%	en diagonal
4' x 8' (1,22 m x 2,44 m)	6 mm	10,44 Kg	+/- 5%	
4' x 8' (1,22 m x 2,44 m)	9 mm	15,88 Kg	+/- 4%	
4' x 8' (1,22 m x 2,44 m)	12 mm	21,78 Kg	+/- 4%	
4' x 8' (1,22 m x 2,44 m)	15 mm	25,86 Kg	+/- 3%	
4' x 8' (1,22 m x 2,44 m)	18 mm	31,76 Kg	+/- 3%	

Fuente: [22].

### **Características:**

- Estabilidad estructural apropiada y los tableros máquinables.
- La calidad de las chapas permite diversidad de acabados y no requieren de gastos de secado.
- Las planchas de madera son antideslizantes y superan la calidad INEN de clasificación.

### **Usos**

Por las características propias del tablero, su uso es múltiple tanto en trabajos de artesanías como en pisos, la construcción llena las expectativas de diseño e imaginación convirtiéndose en un material versátil [13].

### **Almacenamiento**

El almacenamiento de los tableros en lo posible debe estar de forma horizontal, sobre una plana, aislada del piso sobre unos lingotes los cuales permiten la ventilación entre sus ranuras [13].

### **b) Madera plywood marino**

La madera plywood marino es resistente a la humedad ambiental, esta reforzada con pegamento a base de hurea formaldehido y diseñados para aplicaciones en interiores y está formado por chapas de mediana densidad, cuyas caras externas son de especies maderables finas obtenidas por laminado con una textura admirable [13].

**Tabla 3. 5** Características de madera plywood marino

TAMAÑO	ESPESOR	PESOS	TOLERANCIA	
			ESPESOR	CUADRATURA
4' x 8' (1,22 m x 2,44 m)	4 mm	8,51 Kg	+/- 5%	Máximo +/- 2 - 4 en diagonal
4' x 8' (1,22 m x 2,44 m)	6 mm	11,54 Kg	+/- 5%	
4' x 8' (1,22 m x 2,44 m)	9 mm	16,81 Kg	+/- 4%	
4' x 8' (1,22 m x 2,44 m)	12 mm	23,58 Kg	+/- 4%	
4' x 8' (1,22 m x 2,44 m)	15 mm	27,56 Kg	+/- 3%	
4' x 8' (1,22 m x 2,44 m)	18 mm	31,76 Kg	+/- 3%	

Fuente: [23].

### Usos

Al igual que los tableros de plywood normal, su uso es múltiple tanto en trabajos de acabados, como también en la confección de muebles de alta resistencia por lo que esta madera es resistente al agua [13].

### Características de la madera

La madera plywood marino es una madera más pesada que la normal y tiene características parecidas a la normal en tracción y flexión.

**Tabla 3. 6** Características técnicas de la madera

PRUEBA	Resistencia a la flexión (Kg/cm <sup>2</sup> )		Resistencia a la compresión (Kg/cm <sup>2</sup> )	
	Perpendicular a las fibras de la cara	Paralela a las fibras de la cara	Perpendicular a las fibras de la cara	Paralela a las fibras de la cara
3 – 4	350 – 370	160 – 170	160 – 170	140 – 150
6- 9- 12- 15	280 – 300	550 – 560	220 – 260	190 – 210
18	320 – 340	340 – 350	220 – 260	190 – 210

Fuente: [26].

### 3.1.3 Dimensionamiento de las probetas para ensayos

Para realizar los ensayos se partirá determinando los elementos, mediante los que van a ser analizados de igual forma que los materiales compuestos en los pisos de los buses.

Una vez analizada la información y revisando la norma se procederá a realizar las probetas según las especificaciones establecidas.

- ASTM D143 Ensayo de Flexión, Tracción e Impacto
- ASTM E23 Análisis Charpy

Según la normativa se debe realizar el análisis en 7 probetas como mínimo por cada ensayo de esta manera se realizará el estudio de flexión y tracción con 7 probetas, mientras que para el análisis de impacto se realizara con 5 probetas de cada una de las distintas maderas. Además, según la normativa se determina las dimensiones de las probetas siendo las siguientes.

**Tabla 3. 7** Dimensiones de probetas para ensayos según la norma ASTM D143

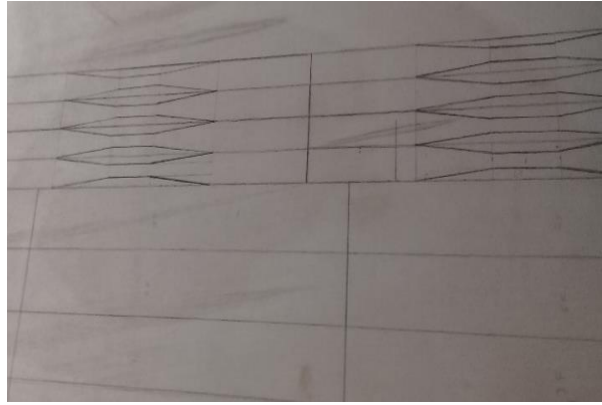
ENSAYO	DIMENSIONES (mm)			NORMA A UTILIZAR	# DE PROBETAS
	Largo	Ancho	Espesor		
Flexión	410	50	12 y 15	ASTM D143	7
Tracción	460	25	12 y 15	ASTM D143	7
Impacto	100	20	12 y 15	ASTM D143	5

Fuente: Autor

En la norma ASTM D143 se especifican todas las dimensiones tanto en largo, ancho y espesor para cada una de las probetas, para el análisis del espesor se varía debido a los dos tipos de maderas que propusimos: de 12 mm y 15 mm que son ocupados en la construcción de los pisos de los buses.

### **3.1.3.1 Corte de las probetas**

Para que se obtengan las probetas sin imperfecciones se procede a señalar y cortar mediante máquinas para madera.



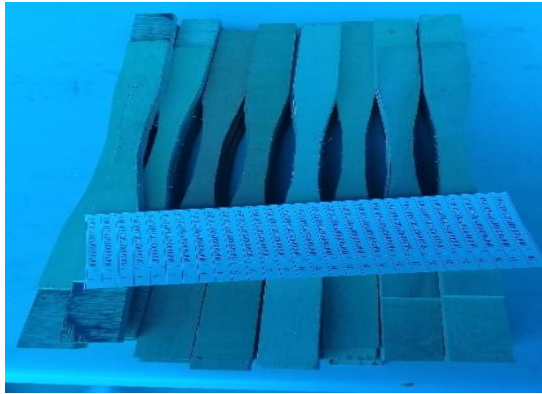
**Figura 3. 11** Señalización y corte de probetas  
Fuente: Autor

Después de realizado el corte se procede a lijar y verificar el estado de las probetas para el análisis por lo que finalmente se obtiene las siguientes probetas como se demuestra en la figura 3.12.



**Figura 3. 12** Probetas para análisis de flexión  
Fuente: Autor

Las probetas de tracción se muestran en la figura 3.13.



**Figura 3. 13** Probetas para análisis tracción  
Fuente: Autor

Probetas para el ensayo de impacto como se muestra en la figura 3.14.



**Figura 3. 14** Probetas para análisis de impacto  
Fuente: Autor

### 3.1.3.2 Codificación de las probetas

Para facilitar el estudio y comprensión del análisis se procedió a codificar las probetas de maderas plywood normal y plywood marino de 12 y 15 mm de la siguiente manera.

**Tabla 3. 8** Codificación de probetas por su tipo de madera

Tipo de Material	Dimensión	Código
Plywood normal	12 mm	P - 01
	15 mm	P - 02
Plywood marino	12 mm	M - 01
	15 mm	M - 02

Fuente: Autor

Posteriormente se coloca las letras, E para determinar el ensayo y según lo que se va a realizar se coloca la letra F para flexión, la letra T para tracción y la letra I para impacto como se muestra en la tabla 3.9.

**Tabla 3. 9** Codificación de probetas

<b>Codificación</b>	<b>Significado</b>
EFP – 01	Probeta uno para ensayo de flexión madera plywood de 12 mm
EFP – 02	Probeta dos para ensayo de flexión madera plywood de 15 mm
EFM – 03	Probeta tres para ensayo de flexión madera marino de 12 mm
EFM – 04	Probeta cuatro para ensayo de flexión madera marino de 15 mm
ETP – 01	Probeta uno para ensayo de tracción madera plywood de 12 mm
ETP – 02	Probeta dos para ensayo de tracción madera plywood de 15 mm
ETM – 03	Probeta tres para ensayo de tracción madera marino de 12 mm
ETM – 04	Probeta cuatro para ensayo de tracción madera marino de 15 mm
EIP – 01	Probeta uno para ensayo de impacto madera plywood de 12 mm
EIP – 02	Probeta dos para ensayo de impacto madera plywood de 15 mm
EIM – 03	Probeta tres para ensayo de impacto madera marino de 12 mm
EIM – 04	Probeta cuatro para ensayo de impacto madera marino de 15 mm

Fuente: Autor

### **3.1.3.3 Determinación de las características de las probetas**

Se debe conocer las dimensiones de las probetas ya que estos son datos necesarios para la realización de los cálculos en cada uno de los ensayos, además se debe conocer el tipo de madera, la resistencia que deberá tener, así como también el contenido de humedad.

## **3.2 Cálculos o Módulo operativo**

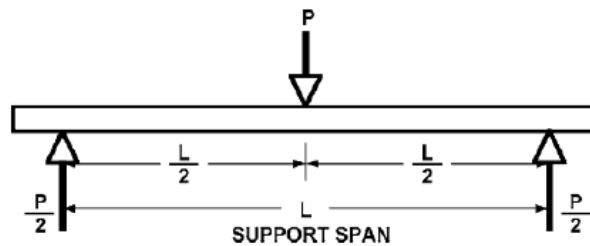
### **3.2.1 Ensayo de flexión en madera**

El ensayo de flexión se realizó en la máquina universal marca METROTEC, modelo MTE – 50 con capacidad de 50KN, perteneciente al laboratorio del Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero de Honorable Consejo Provincial de Tungurahua.



**Figura 3. 15** Máquina universal METROTEC MTE - 50  
Fuente: Autor

Para realizar el ensayo de flexión se utiliza el procedimiento planteado en la norma ASTM D143, en el cual se aplica una fuerza en el centro de la probeta, misma que está separada por dos apoyos.



**Figura 3. 16** Procedimiento para el ensayo de flexión  
Fuente: [6].

Para la determinación de las dimensiones de cada una de las probetas se utilizó un calibrador pie de rey digital para medir el espesor y ancho de las probetas.



**Figura 3. 17** Calibrador pie de rey digital  
Fuente: Autor

De esta forma se procedió a realizar la lectura de cada grupo de probetas para el ensayo de flexión de los dos tipos de madera que se están analizando obteniendo los siguientes resultados, mostrados en la tabla 3.10.

### 3.2.1.1 Procedimiento del ensayo a flexión de madera plywood normal de 12 mm y 15 mm.

Para realizar el análisis se procede a tomar los valores del primer tipo de maderas con los espesores de 12 y 15 mm.

**Tabla 3. 10** Grupo de probetas para el análisis de flexión del primer tipo de madera

<b>Material compuesto de madera plywood de 12 mm</b>			
<b>Probetas para ensayo de Flexión</b>			
<b>N° de probeta</b>	<b>Largo (mm)</b>	<b>Ancho (mm)</b>	<b>Espesor (mm)</b>
EFP 01-1	410	48,6	12,36
EFP 01-2	410	48,38	12,5
EFP 01-3	410	47,68	12,3
EFP 01-4	410	47,63	12,42
EFP 01-5	410	49,72	12,3
EFP 01-6	410	48,84	12,49
EFP 01-7	410	48,42	12,38
Promedio	410	48,46	12,39
<b>Material compuesto de madera plywood de 15 mm</b>			
<b>Probetas para ensayo de Flexión</b>			
<b>N° de probeta</b>	<b>Largo (mm)</b>	<b>Ancho (mm)</b>	<b>Espesor (mm)</b>
EFP 02-1	410	49,06	14,89
EFP 02-2	410	49,62	15,12
EFP 02-3	410	48,55	15,15
EFP 02-4	410	48,88	15,2
EFP 02-5	410	49,53	15,18
EFP 02-6	410	48,94	14,99
EFP 02-7	410	49,55	15,16
Promedio	410	49,16	15,09

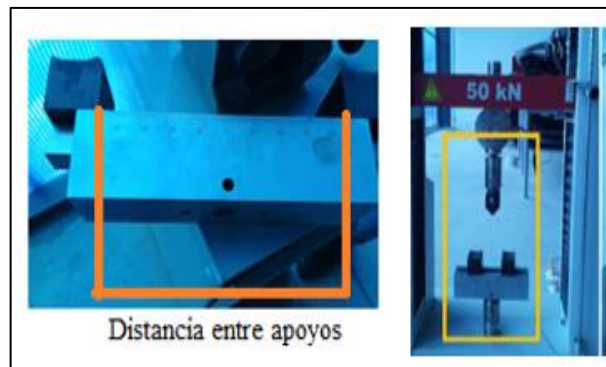
Fuente: Autor



Una vez conocidos los datos de las maderas, se procede a verificar la longitud de 360 mm entre los apoyos que está establecido según la norma ASTM D143, pero para el ensayo que se va a realizar se procede a tomar una distancia de 200 mm que es la abertura máxima entre los apoyos de la máquina universal METROTEC de 50 KN, la que nos permite tener una mejor lectura de los datos y una mejor representación de las gráficas, ya que en la máquina universal METROTEC de 1500 KN existe demasiado ruido, con los datos obtenidos se procede a realizar el análisis de flexión de las maderas de 12 y 15 mm

#### a) Procedimiento del ensayo a flexión.

Se empezó colocando las probetas en el puente de flexión de la máquina universal, la cual tiene una distancia entre los apoyos de 200 mm para los dos tipos de madera, después se procedió a colocar las probetas para aplicar las cargas y la velocidad requerida por la norma a lo largo de la sección transversal hasta que la probeta sufra la fractura como se visualiza en la figura 3.18.



**Figura 3. 18** Colocación de apoyos y el puente de ensayo  
Fuente: Autor

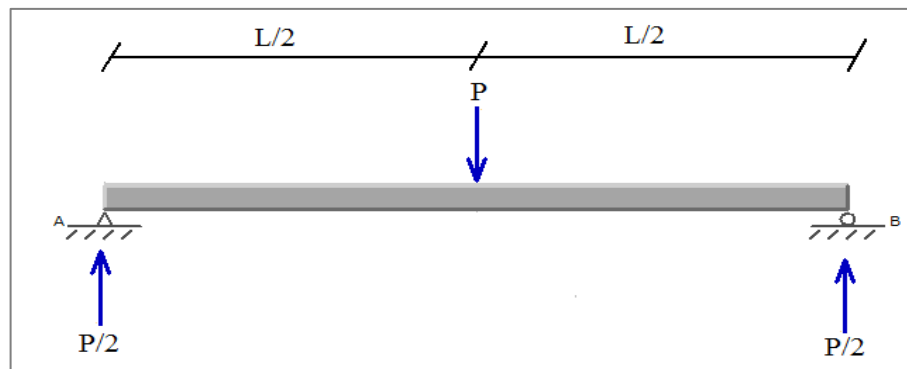


**Figura 3. 19** Aplicación de fuerza sobre la probeta  
Fuente: Autor

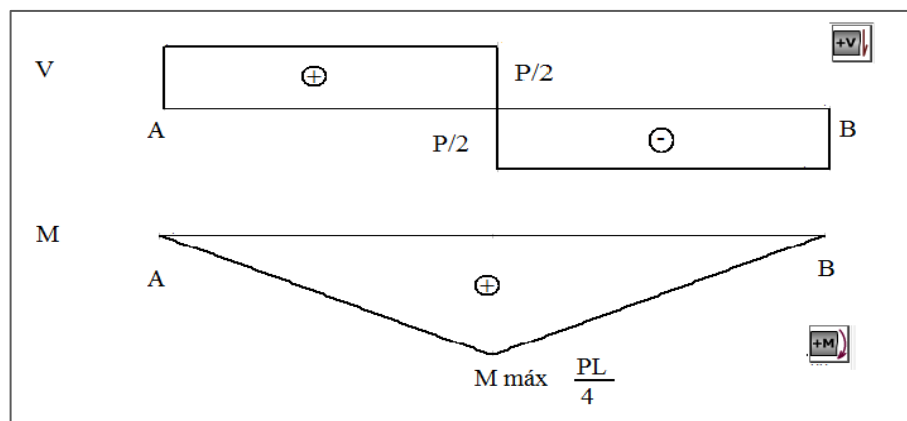
### b) Cálculos del ensayo a flexión.

En los cálculos para este ensayo se considera las sumatorias de fuerzas y obtención de fórmulas.

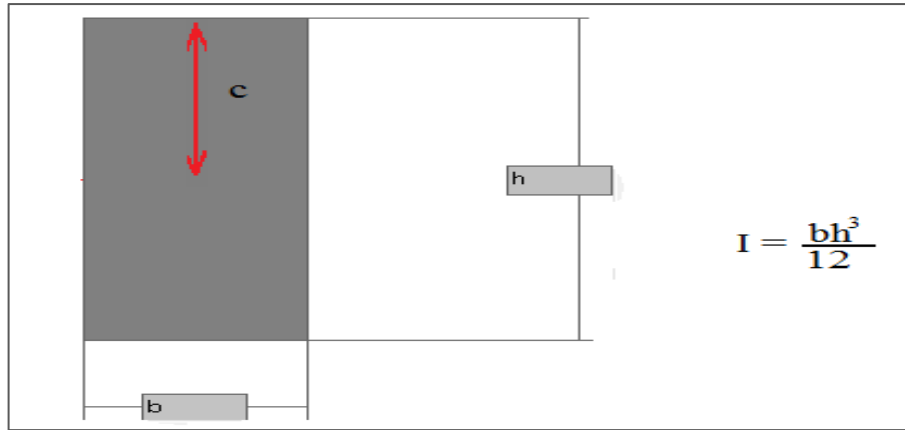
Se determina la ecuación del esfuerzo de flexión mediante el análisis de la figura 3.20, en donde encontramos la sumatoria de esfuerzos, las figuras 3.21 y 3.22 con la determinación del momento y la inercia respectivamente.



**Figura 3. 20** Diagrama de esfuerzos  
Fuente: Autor



**Figura 3. 21** Diagrama de velocidades y momentos  
Fuente: Autor



**Figura 3. 22** Diagrama de la aplicación de la inercia  
Fuente: Autor

Obtención de la fórmula para el análisis de flexión:

$$\sigma_{\text{máx}} = \frac{M_{\text{máx}} * c}{I} \quad \text{Ecuación 3.1 [30]}$$

$$\sigma_{\text{máx}} = \frac{\frac{PL}{4} * \frac{h}{2}}{\frac{bh^3}{12}}$$

$$\sigma_{\text{máx}} = \frac{PL * h * 12}{4 * 2 * bh^3}$$

$$\sigma_{\text{máx}} = \frac{3PL}{2bh^2} \quad \text{Ecuación 3.2}$$

$$E_f = \frac{L^3 F}{4bh^3 \delta} \quad \text{Ecuación 3.3}$$

### **Determinación de fórmulas para el análisis de flexión de los dos tipos de madera.**

Ya realizado los ensayos se obtuvo los valores de la fuerza máxima y la deflexión de las probetas, con estos datos se procede a realizar los cálculos del esfuerzo de flexión y del módulo de flexión.

#### **Esfuerzo a flexión ( $\sigma_{\text{máx}}$ )**

Este es el esfuerzo máximo que puede soportar un material el cual está sometido a una carga antes de fracturarse, es decir que el esfuerzo está en función de la deflexión [5].

Se calcula aplicando la ecuación 3.2 encontrada anteriormente:

$$\sigma_{\text{máx}} = \frac{3PL}{2bh^2}$$

Donde:

- $\sigma_{\text{máx}}$  = Esfuerzo máximo a flexión (MPa)
- P = Fuerza aplicada (N)
- L = Longitud de apoyos (mm)
- b = Ancho de la probeta (mm)
- h = Espesor de la probeta (mm)

### **Módulo de flexión ( $E_f$ )**

Es la relación que existe entre el esfuerzo máximo que puede soportar el material con respecto a su deflexión máxima en la región elástica [5].

$$E_f = \frac{L^3 F}{4bh^3 \delta}$$

Donde:

- $E_f$  = Módulo de flexión (MPa)
- F = Fuerza aplicada (N)
- L = Longitud de apoyos (mm)
- b = Ancho de la probeta (mm)
- h = Espesor de la probeta (mm)
- $\delta$  = Deflexión de la probeta (mm)

### **Deflexión ( $\delta_{\text{máx}}$ )**

Obtención de la fórmula para la deflexión:

$$\delta_{\text{máx}} = \frac{P * L^3}{48E_f I} \quad \text{Ecuación 3.4 [30]}$$

Donde:

- $\delta$  = Deflexión de la probeta (mm)
- $E_f$  = Módulo de flexión (MPa)
- I = Inercia ( $\text{mm}^4$ )
- P = Fuerza aplicada (N)

- h = Ancho de la probeta (mm)
- b = espesor de la probeta (mm)
- L = Longitud apoyos (mm)

Obtención de la deflexión:

Inercia:

$$I = \frac{b * h^3}{12} \quad I = \frac{48,6 \text{ mm} * (12,36 \text{ mm})^3}{12}$$

$$I = 7647,34 \text{ mm}^4$$

Deflexión:

$$\delta_{\text{máx}} = \frac{P * L^3}{48E_f I}$$

$$\delta_{\text{máx}} = \frac{747,95 \text{ N} * 200 \text{ mm}^3}{48 * 2804,69 \text{ MPa} * 7647,34 \text{ mm}^4}$$

$$\delta_{\text{máx}} = 5,809 \text{ mm}$$

➤ **Cálculos del ensayo a flexión de la madera plywood normal o contrachapada de 12 mm.**

Se realiza el cálculo de esfuerzo a flexión para el primer tipo de madera plywood normal o contrachapada con espesor de 12 mm.

$$\sigma_{\text{máx}} = \frac{3PL}{2bh^2}$$

$$\sigma_{\text{máx}} = \frac{3 * (647,59 \text{ N}) * (200 \text{ mm})}{2(50 \text{ mm})(12 \text{ mm})^2}$$

$$\sigma_{\text{máx}} = 26,98 \text{ MPa}$$

Se realiza el cálculo de módulo de flexión para el primer tipo de madera plywood normal o contrachapada con el espesor de 12 mm.

$$E_f = \frac{L^3 F}{4bh^3 \delta}$$

$$E_f = \frac{(200 \text{ mm})^3 * (647,59 \text{ N})}{4(50 \text{ mm})(12 \text{ mm})^3(4,95 \text{ mm})}$$

$$\boxed{E_f = 3028,38 \text{ MPa}}$$

➤ **Cálculos del ensayo a flexión de la madera plywood normal o contrachapada de 15 mm.**

Se realiza el cálculo de esfuerzo a flexión para el primer tipo de madera Plywood normal o contrachapada con el espesor de 15 mm.

$$\sigma_{\text{máx}} = \frac{3PL}{2bh^2}$$

$$\sigma_{\text{máx}} = \frac{3 * (1385,77 \text{ N}) * (200 \text{ mm})}{2(50 \text{ mm})(15 \text{ mm})^2}$$

$$\boxed{\sigma_{\text{máx}} = 36,95 \text{ MPa}}$$

Se realiza el cálculo de módulo de flexión para el primer tipo de madera Plywood normal o contrachapada con el espesor de 15 mm.

$$E_f = \frac{L^3 F}{4bh^3 \delta}$$

$$E_f = \frac{(200 \text{ mm})^3 * (1385,77 \text{ N})}{4(50 \text{ mm})(15 \text{ mm})^3(10,39 \text{ mm})}$$


$$\boxed{E_f = 1580,66 \text{ MPa}}$$

**c) Resultados del ensayo a flexión**

Realizado los cálculos de las probetas de madera se procede a comparar los resultados obtenidos en los ensayos del Centro de Fomento Productivo Metalmeccánico Carrocero, como se demuestra en la tabla 3.11.

➤ **Resultados del primer tipo de madera plywood normal o contrachapada de 12 mm**

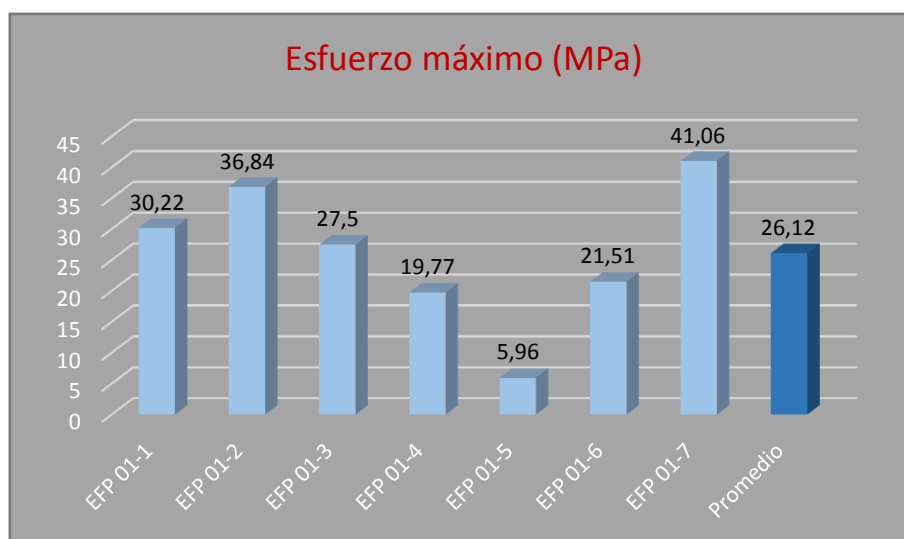
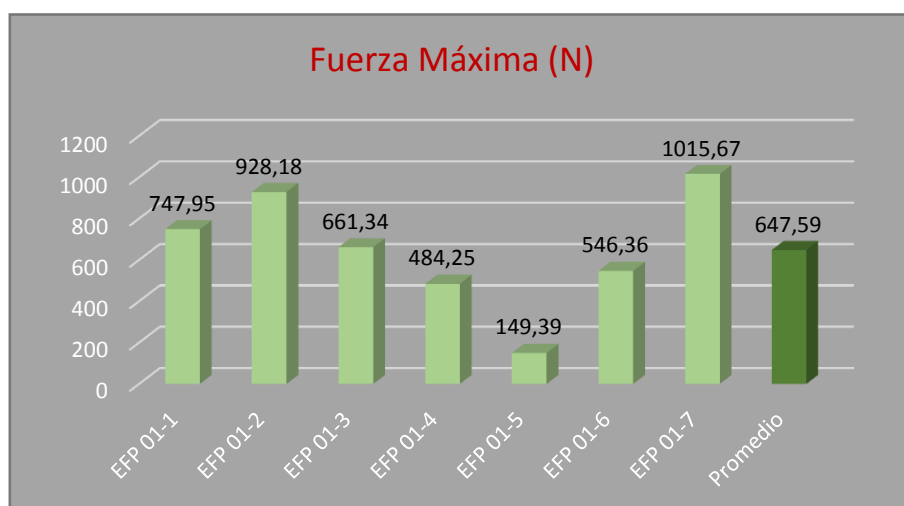
**Tabla3. 11** Resultados del ensayo de flexión de la madera plywood normal de 12 mm.

 <b>Universidad Técnica de Ambato</b> <b>Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica</b> <b>Carrera de Ingeniería Mecánica</b>						
<b>Material Compuesto de Madera Plywood normal o contrachapado de 12 mm</b>						
Laboratorio del Centro de Fomento Productivo Metalmeccánico Carrocero del Honorable Consejo Provincial de Tungurahua						
<b>Máquina:</b>	Máquina Universal METROTEC MTE - 50					
<b>Tipo de Ensayo:</b>	Flexión	<b>Humedad:</b>	15,2 %			
<b>Norma:</b>	ASTM D143	<b>Temperatura:</b>	15 °C			
<b>N° de probetas:</b>	7	<b>Resistencia:</b>	55,3 N/mm <sup>2</sup>			
<b>Fecha de ejecución:</b>	22/07/2017	<b>Dimensiones:</b>	410 x 50 x 12			
<b>Realizado por:</b>	German Suqui	<b>Velocidad de ensayo:</b>	2,5 mm/min			
<b>Revisado por:</b>	Ing. Mg. Christian Castro	<b>Distancia entre apoyos:</b>	200 mm			
<b>TABLA DE RESULTADOS</b>						
N° de probeta	Fuerza Máxima (N)	Deflexión (mm)	Esfuerzo máximo (MPa)	Módulo de elasticidad (MPa)	Deformación máxima (%)	Tipo de Falla
EFP 01-1	747,95	5,812	30,22	2804,69	1,08	c
EFP 01-2	928,18	6,704	36,84	2930,44	1,26	b
EFP 01-3	661,34	5,155	27,5	2891,84	0,95	c
EFP 01-4	484,25	4,188	19,77	2534,24	0,78	c

EFP 01-5	149,39	1,362	5,96	2370,98	0,25	c
EFP 01-6	546,36	4,408	21,51	2604,98	0,83	c
EFP 01-7	1015,67	7,04	41,06	3140,68	1,31	c
<b>Promedio</b>	<b>647,59</b>	<b>4,95</b>	<b>26,12</b>	<b>2753,98</b>	<b>0,92</b>	
<b>Desviación estándar</b>	<b>580,59</b>	<b>4,21</b>	<b>23,4</b>	<b>1974,1</b>	<b>0,78</b>	

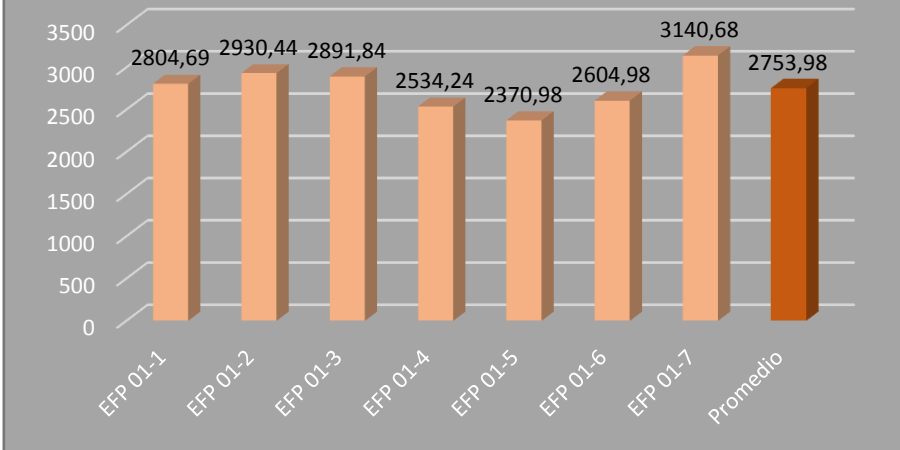
Continuación de Tabla 3. 11 Resultados del ensayo de flexión de la madera plywood normal de 12 mm.

### GRÁFICAS DE RESULTADOS

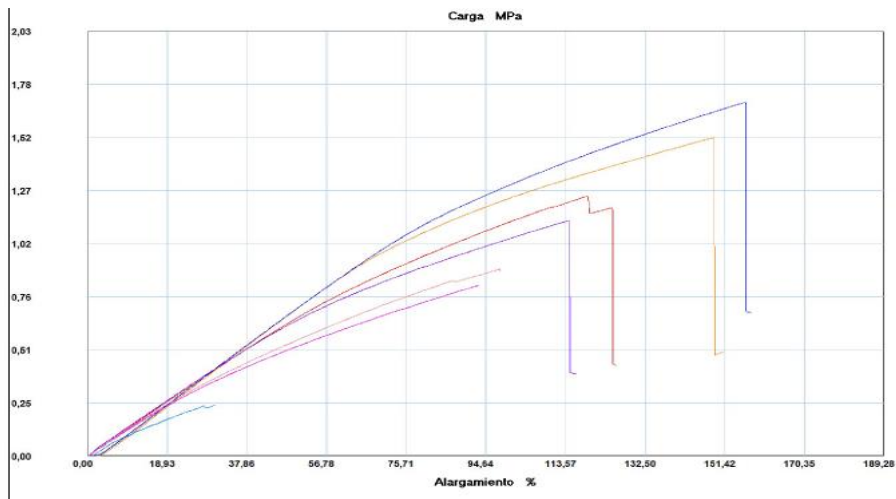




### Módulo de elasticidad (MPa)



Continuación de Tabla 3. 11 Resultados del ensayo de flexión de la madera plywood normal de 12 mm.



#### PROBETAS ENSAYADAS




#### FORMA DE LA FRACTURA

#### OBSERVACIONES

- La fractura se presenta en el centro de la probeta, punto en donde se aplicó la carga.
- De las 7 probetas analizadas se quedan 2 en el Centro de Fomento Carrocero, para un registro del ensayo efectuado.


#### OBSERVACIONES

	<p>Los criterios de falla que se analizan corresponden a los mencionados en la norma ASTM D143 que son:</p> <p>b) Cruz-grano tensión (vista lateral)</p> <p>c) Astillar tensión (vista de la tensión de superficie)</p>
---	---

Fuente: Autor

➤ **Resultados del primer tipo de madera plywood normal o contrachapada de 15 mm**

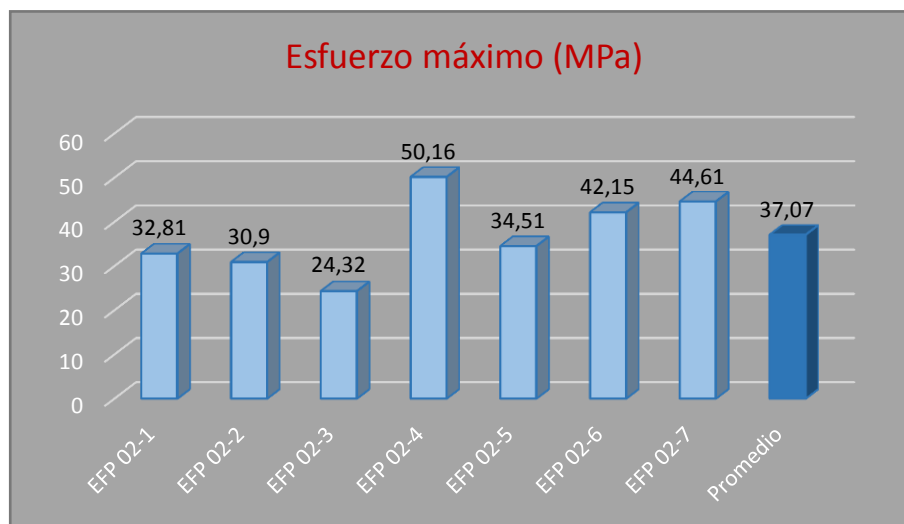
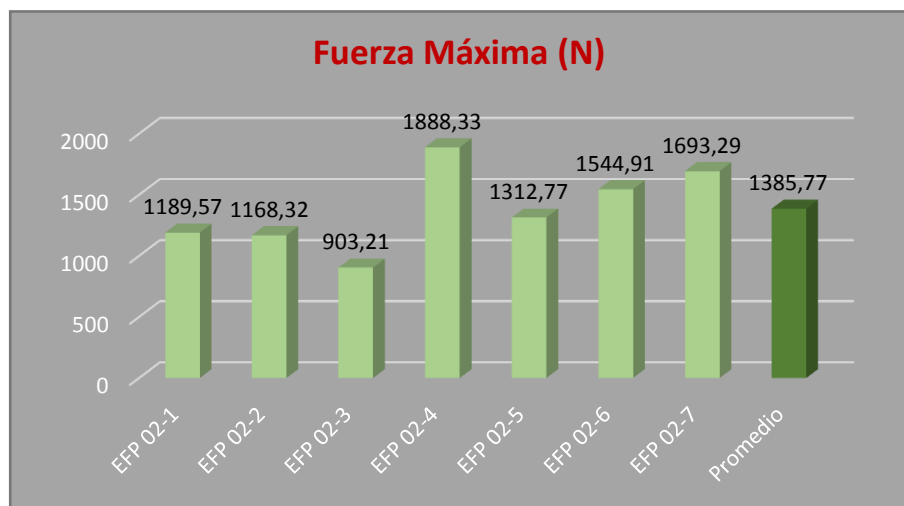
**Tabla3. 12** Resultados del ensayo de flexión de la madera plywood normal de 15 mm.

	<b>Universidad Técnica de Ambato</b> <b>Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica</b> <b>Carrera de Ingeniería Mecánica</b>					
<b>Material Compuesto de Madera Plywood normal o contrachapado de 15 mm</b>						
Laboratorio del Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero del Honorable Consejo Provincial de Tungurahua						
<b>Máquina:</b>	Máquina Universal METROTEC MTE - 50					
<b>Tipo de Ensayo:</b>	Flexión	<b>Humedad:</b>	15,2 %			
<b>Norma:</b>	ASTM D143	<b>Temperatura:</b>	17 °C			
<b>N° de probetas:</b>	7	<b>Resistencia:</b>	55,3 N/mm <sup>2</sup>			
<b>Fecha de ejecución:</b>	22/07/2017	<b>Dimensiones:</b>	410 x 50 x 15			
<b>Realizado por:</b>	German Suqui	<b>Velocidad de ensayo:</b>	2,5 mm/min			
<b>Revisado por:</b>	Ing. Mg. Christian Castro	<b>Distancia entre apoyos:</b>	200 mm			
<b>TABLA DE RESULTADOS</b>						
<b>N° de probeta</b>	<b>Fuerza Máxima (N)</b>	<b>Deflexión (mm)</b>	<b>Esfuerzo máximo (MPa)</b>	<b>Módulo de elasticidad (MPa)</b>	<b>Deformación máxima (%)</b>	<b>Tipo de Falla</b>

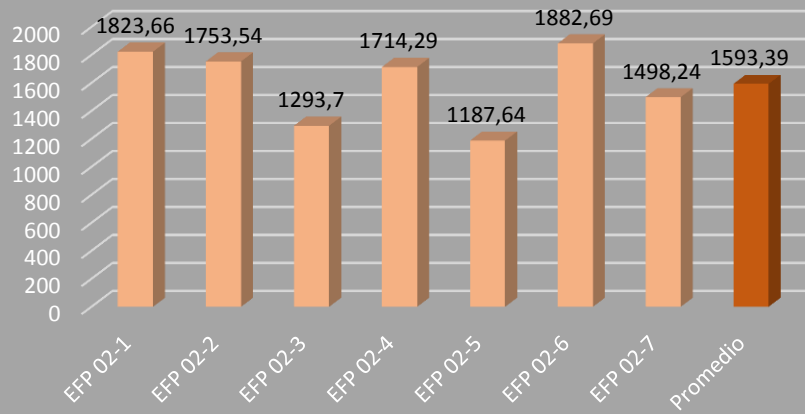
EFP 02-1	1189,57	8,055	32,81	1823,66	1,8	a
EFP 02-2	1168,32	7,769	30,9	1753,54	1,76	b
EFP 02-3	903,21	8,271	24,32	1293,7	1,88	c
EFP 02-4	1888,33	12,834	50,16	1714,29	2,93	b
EFP 02-5	1312,77	12,76	34,51	1187,64	2,91	b
EFP 02-6	1544,91	9,956	42,15	1882,69	2,24	b
EFP 02-7	1693,29	13,093	44,61	1498,24	2,98	b
<b>Promedio</b>	<b>1385,77</b>	<b>10,39</b>	<b>37,07</b>	<b>1593,39</b>	<b>2,36</b>	
<b>Desviación estándar</b>	<b>1065,03</b>	<b>7,93</b>	<b>28,1</b>	<b>1174,55</b>	<b>1,8</b>	

Continuación de **Tabla 3. 12** Resultados del ensayo de flexión de la madera plywood normal de 15 mm.

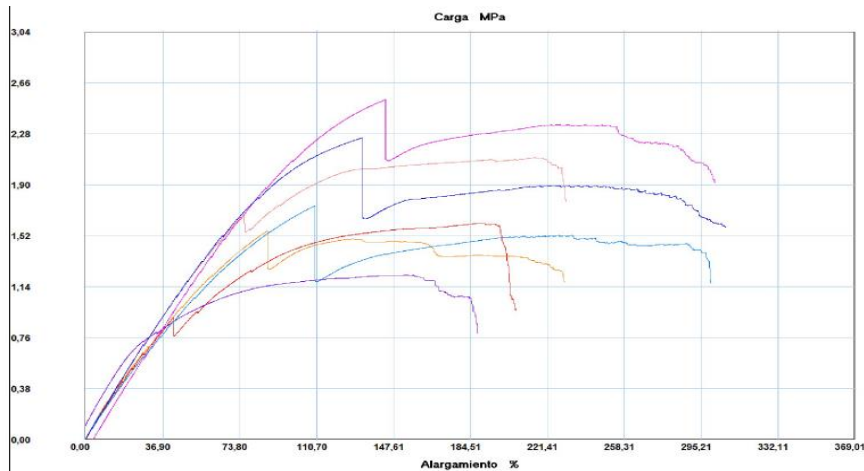
### GRÁFICAS DE RESULTADOS



### Módulo de elasticidad (MPa)



Continuación de Tabla 3. 12 Resultados del ensayo de flexión de la madera plywood normal de 15 mm.



#### PROBETAS ENSAYADAS

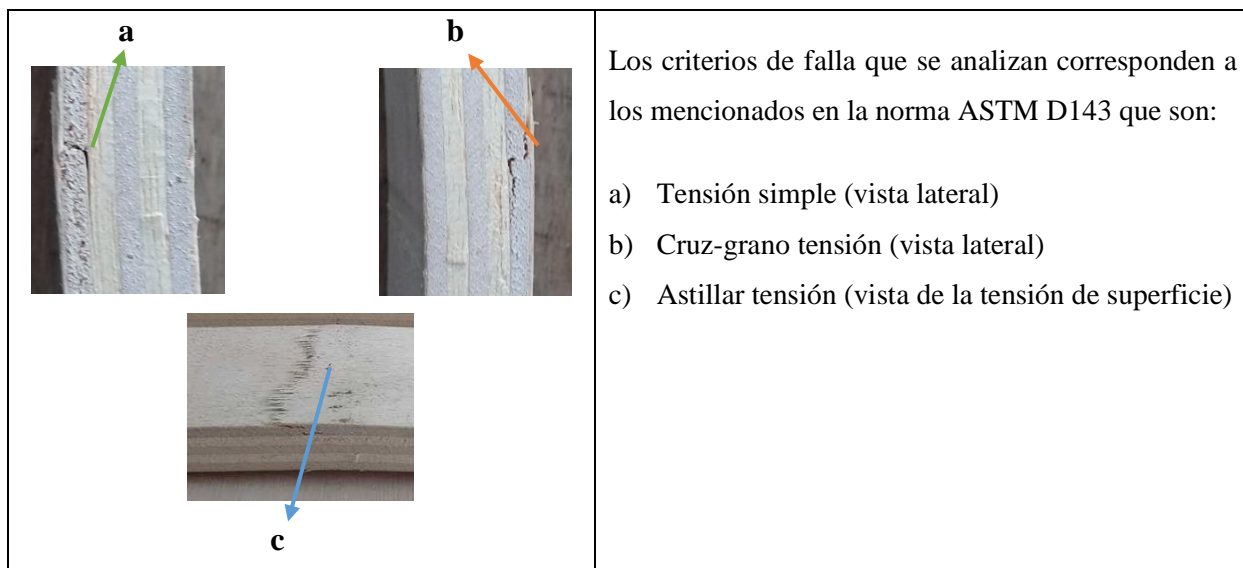


#### FORMA DE LA FRACTURA

#### OBSERVACIONES

- La fractura se presenta en el centro de la probeta, punto en donde se aplicó la carga.
- De las 7 probetas analizadas se quedan 2 en el Centro de Fomento Carrocero, para un registro del ensayo efectuado.

#### OBSERVACIONES



Fuente: Autor

### 3.2.1.2 Procedimiento del ensayo a flexión de madera plywood marino de 12 mm y 15 mm.

Para realizar el análisis se procede a tomar los valores del segundo tipo de maderas con los espesores de 12 y 15 mm.

**Tabla 3. 13** Grupo de probetas para el análisis de flexión del segundo tipo de madera

<b>Material compuesto de madera plywood marino de 12 mm</b>			
<b>Probetas para ensayo de Flexión</b>			
<b>N° de probeta</b>	<b>Largo (mm)</b>	<b>Ancho (mm)</b>	<b>Espesor (mm)</b>
EFM 03-1	410	48,35	11,87
EFM 03-2	410	48,16	11,94
EFM 03-3	410	48,26	11,58
EFM 03-4	410	48,73	11,48
EFM 03-5	410	47,92	12,18
EFM 03-6	410	48,32	12,09
EFM 03-7	410	47,89	11,61
Promedio	410	48,23	11,82
<b>Material compuesto de madera plywood marino de 15 mm</b>			
<b>Probetas para ensayo de Flexión</b>			

N° de probeta	Largo (mm)	Ancho (mm)	Espesor (mm)
EFM 04-1	410	49,78	14,88
EFM 04-2	410	49,74	14,84
EFM 04-3	410	49,66	14,96
EFM 04-4	410	48,47	14,68
EFM 04-5	410	50,19	14,57
EFM 04-6	410	49,56	14,89
EFM 04-7	410	49,36	14,98
Promedio	410	49,16	15,09

Fuente: Autor

El procedimiento se lo realiza de igual forma, que como se efectuó en el primer tipo de maderas, con los datos obtenidos se procede a realizar el análisis a flexión de las maderas de 12 y 15 mm

#### a) Procedimiento del ensayo a flexión.

El procedimiento se lo realiza de igual forma que el planteado anteriormente con la madera plywood normal o contrachapada de 12 y 15 mm.

#### b) Cálculos del ensayo a flexión.

Los cálculos para el ensayo de flexión del segundo tipo de madera se los realiza con las ecuaciones ya analizadas anteriormente para el primer tipo de madera.

#### ➤ Cálculos del ensayo a flexión de la madera plywood marino de 12 mm.

Se realiza el cálculo de esfuerzo a flexión para el segundo tipo de madera plywood marino con el espesor de 12 mm.

$$\sigma_{\text{máx}} = \frac{3PL}{2bh^2}$$

$$\sigma_{\text{máx}} = \frac{3 * (774,68 \text{ N}) * (200 \text{ mm})}{2(50 \text{ mm})(12 \text{ mm})^2}$$

$$\sigma_{\text{máx}} = \frac{464808 \text{ N} * \text{mm}}{14400 \text{ mm}^3}$$

$$\sigma_{\text{máx}} = 32,27 \text{ MPa}$$

Se realiza el cálculo de módulo de flexión para el segundo tipo de madera plywood marino con el espesor de 12 mm.

$$E_f = \frac{L^3 F}{4bh^3 \delta}$$

$$E_f = \frac{(200 \text{ mm})^3 * (774,68 \text{ N})}{4(50 \text{ mm})(12 \text{ mm})^3(5,47 \text{ mm})}$$

$$E_f = 3278,31 \text{ MPa}$$

➤ **Cálculos del ensayo a flexión de la madera plywood marino de 15 mm.**

Se realiza el cálculo de esfuerzo a flexión para el segundo tipo de madera plywood marino con el espesor de 15 mm.

$$\sigma_{\text{máx}} = \frac{3PL}{2bh^2}$$

$$\sigma_{\text{máx}} = \frac{3 * (1721,86 \text{ N}) * (200 \text{ mm})}{2(50 \text{ mm})(15 \text{ mm})^2}$$

$$\sigma_{\text{máx}} = \frac{1033116 \text{ N} * \text{mm}}{33750 \text{ mm}^3}$$

$$\sigma_{\text{máx}} = 45,91 \text{ MPa}$$

Se realiza el cálculo de módulo de flexión para el segundo tipo de madera plywood marino con el espesor de 15 mm

$$E_f = \frac{L^3 F}{4bh^3 \delta}$$

$$E_f = \frac{(200 \text{ mm})^3 * (1721,86 \text{ N})}{4(50 \text{ mm})(15 \text{ mm})^3(9.28 \text{ mm})}$$

$$E_f = 2199,05 \text{ MPa}$$

### c) Resultados del ensayo a flexión

Realizado los cálculos de las probetas de madera se procede a comparar los resultados mediante las tablas obtenidas en el Centro de Fomento Productivo Metalmeccánico Carrocero.

### ➤ Resultados del segundo tipo de madera plywood marino de 12 mm

**Tabla 3. 14** Resultados del ensayo de flexión de la madera plywood marino de 12 mm.

		<b>Universidad Técnica de Ambato</b> <b>Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica</b> <b>Carrera de Ingeniería Mecánica</b>			
<b>Material Compuesto de Madera Plywood marino de 12 mm</b>					
Laboratorio del Centro de Fomento Productivo Metalmeccánico Carrocero del Honorable Consejo Provincial de Tungurahua					
<b>Máquina:</b>	Máquina Universal METROTEC MTE - 50				
<b>Tipo de Ensayo:</b>	Flexión	<b>Humedad:</b>	9,7 %		
<b>Norma:</b>	ASTM D143	<b>Temperatura:</b>	16 °C		
<b>N° de probetas:</b>	7	<b>Resistencia:</b>	44,9 N/mm <sup>2</sup>		
<b>Fecha de ejecución:</b>	22/07/2017	<b>Dimensiones:</b>	410 x 50 x 12		
<b>Realizado por:</b>	German Suqui	<b>Velocidad de ensayo:</b>	2,5 mm/min		



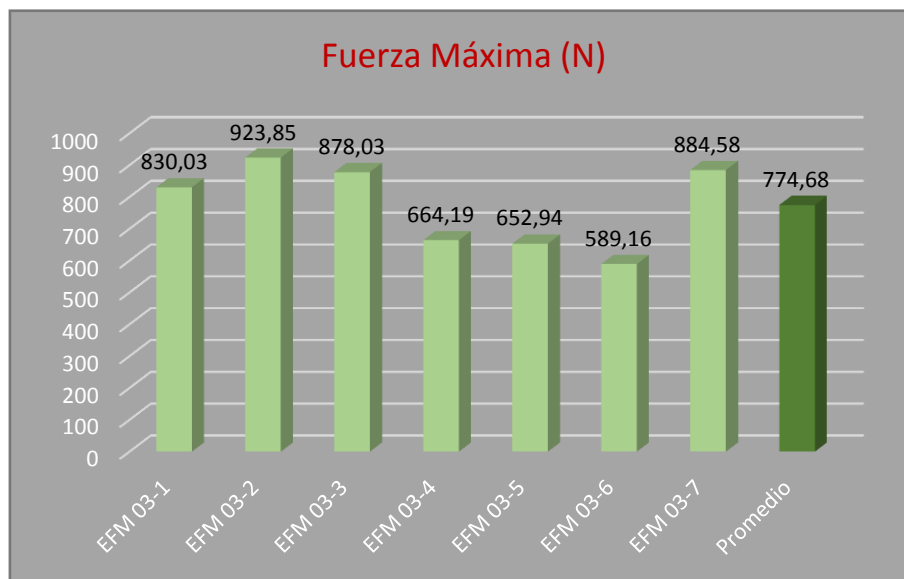
<b>Revisado por:</b>	Ing. Mg. Christian Castro	<b>Distancia entre apoyos:</b>	200 mm
----------------------	---------------------------	--------------------------------	--------

**TABLA DE RESULTADOS**

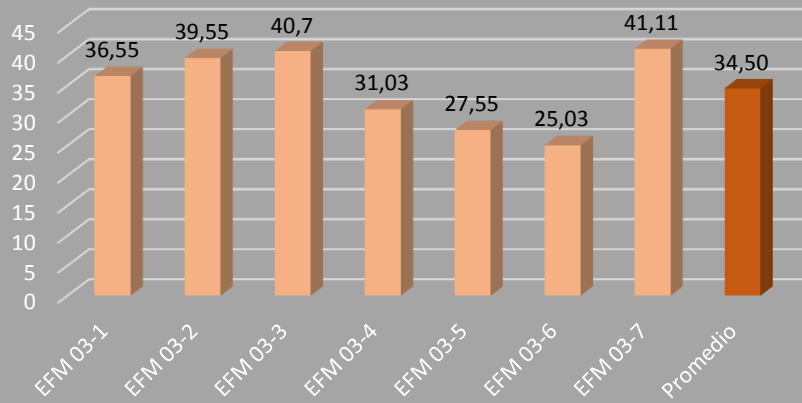
<b>N° de probeta</b>	<b>Fuerza Máxima (N)</b>	<b>Deflexión (mm)</b>	<b>Esfuerzo máximo (MPa)</b>	<b>Módulo de elasticidad (MPa)</b>	<b>Deformación máxima (%)</b>	<b>Tipo de Falla</b>
EFM 03-1	830,03	6,228	36,55	3296,3	1,11	a
EFM 03-2	923,85	6,451	39,55	3422,78	1,16	b
EFM 03-3	878,03	6,392	40,7	3665,98	1,11	a
EFM 03-4	664,19	4,373	31,03	4120,22	0,75	c
EFM 03-5	652,94	5,412	27,55	2786,68	0,99	b
EFM 03-6	589,16	3,632	25,03	3799,37	0,66	c
EFM 03-7	884,58	5,801	41,11	4069,33	1,01	b
<b>Promedio</b>	<b>774,68</b>	<b>5,47</b>	<b>34,50</b>	<b>3594,38</b>	<b>0,97</b>	
<b>Desviación estándar</b>	<b>572,23</b>	<b>4,09</b>	<b>25,7</b>	<b>2605,72</b>	<b>0,72</b>	

Continuación de Tabla 3. 14 Resultados del ensayo de flexión de la madera plywood marino de 12 mm.

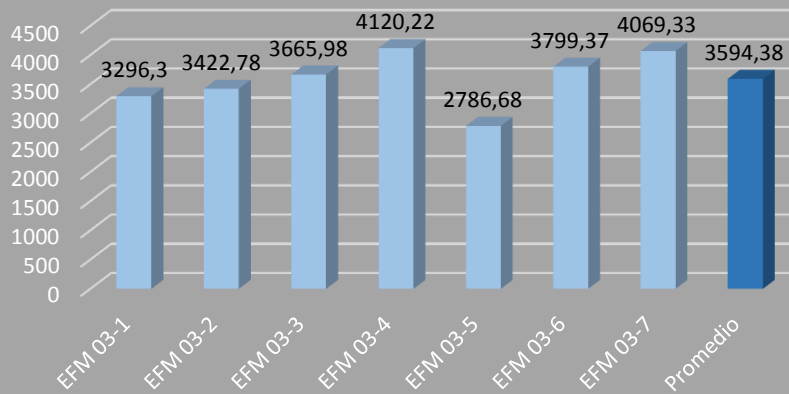
**GRÁFICAS DE RESULTADOS**



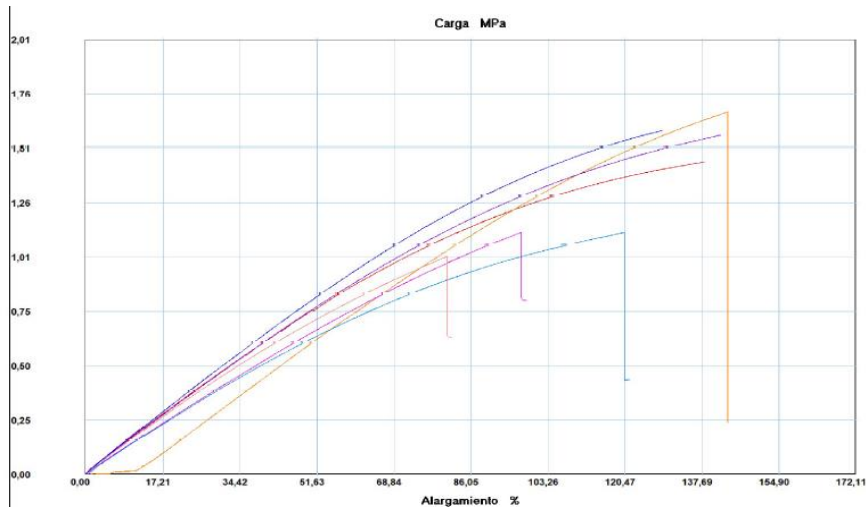
### Esfuerzo máximo (MPa)



### Módulo de elasticidad (MPa)


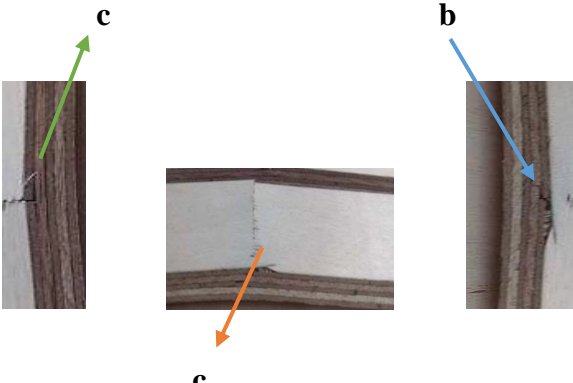


Continuación de Tabla 3. 14 Resultados del ensayo de flexión de la madera plywood marino de 12 mm.



**PROBETAS ENSAYADAS**

**OBSERVACIONES**

	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ La fractura se presenta en el centro de la probeta, punto en donde se aplicó la carga.</li> <li>➤ De las 7 probetas analizadas se quedan 2 en el Centro de Fomento Carrocero, para un registro del ensayo efectuado.</li> </ul>
<b>FORMA DE LA FRACTURA</b>	<b>OBSERVACIONES</b>
	<p>Los criterios de falla que se analizan corresponden a los mencionados en la norma ASTM D143 que son:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a) Tensión simple (vista lateral)</li> <li>b) Cruz-grano tensión (vista lateral)</li> <li>c) Astillar tensión (vista de la tensión de superficie)</li> </ul>

Fuente: Autor

➤ **Resultados del segundo tipo de madera plywood marino de 15 mm**

**Tabla 3. 15** Resultados del ensayo de flexión de la madera plywood marino de 15 mm.

		<p><b>Universidad Técnica de Ambato</b>  <b>Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica</b>  <b>Carrera de Ingeniería Mecánica</b></p>			
<b>Material Compuesto de Madera Plywood marino de 15 mm</b>					
Laboratorio del Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero del Honorable Consejo Provincial de Tungurahua					
<b>Máquina:</b>	Máquina Universal METROTEC MTE - 50				
<b>Tipo de Ensayo:</b>	Flexión	<b>Humedad:</b>	9,7 %		
<b>Norma:</b>	ASTM D143	<b>Temperatura:</b>	16 °C		
<b>N° de probetas:</b>	7	<b>Resistencia:</b>	44,9 N/mm <sup>2</sup>		

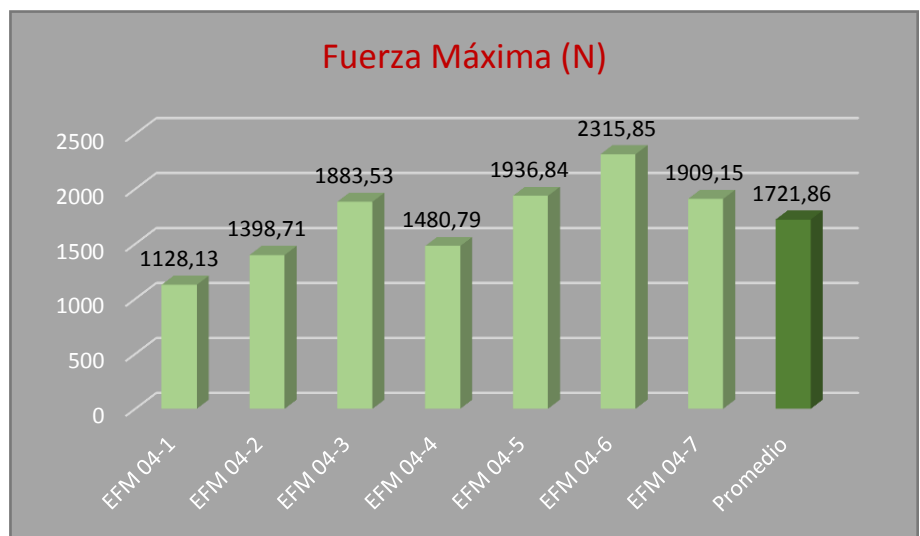
<b>Fecha de ejecución:</b>	22/07/2017	<b>Dimensiones:</b>	410 x 50 x 15
<b>Realizado por:</b>	German Suqui	<b>Velocidad de ensayo:</b>	2,5 mm/min
<b>Revisado por:</b>	Ing. Mg. Christian Castro	<b>Distancia entre apoyos:</b>	200 mm

**TABLA DE RESULTADOS**

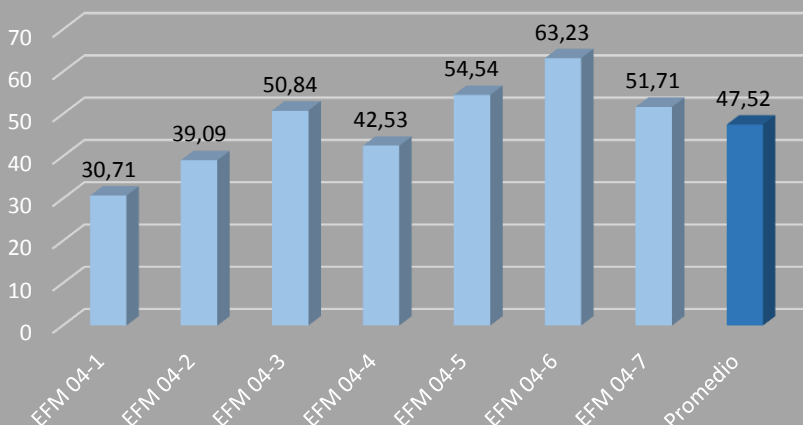
<b>N° de probeta</b>	<b>Fuerza Máxima (N)</b>	<b>Deflexión (mm)</b>	<b>Esfuerzo máximo (MPa)</b>	<b>Módulo de elasticidad (MPa)</b>	<b>Deformación máxima (%)</b>	<b>Tipo de Falla</b>
EFM 04-1	1128,13	10,425	30,71	1319,62	2,33	c
EFM 04-2	1398,71	8,941	39,09	1964,19	1,99	c
EFM 04-3	1883,53	10,774	50,84	2102,93	2,42	c
EFM 04-4	1480,79	13,278	42,53	1454,59	2,92	a
EFM 04-5	1936,84	7,939	54,54	3143,13	1,74	b
EFM 04-6	2315,85	7,319	63,23	3867,88	1,63	c
EFM 04-7	1909,15	6,272	51,71	3669,05	1,41	b
<b>Promedio</b>	<b>1721,86</b>	<b>9,28</b>	<b>47,52</b>	<b>2503,06</b>	<b>2,06</b>	
<b>Desviación estándar</b>	<b>1313,86</b>	<b>7,19</b>	<b>36,12</b>	<b>2185,91</b>	<b>1,59</b>	

Continuación de Tabla 3. 15 Resultados del ensayo de flexión de la madera plywood marino de 15 mm.

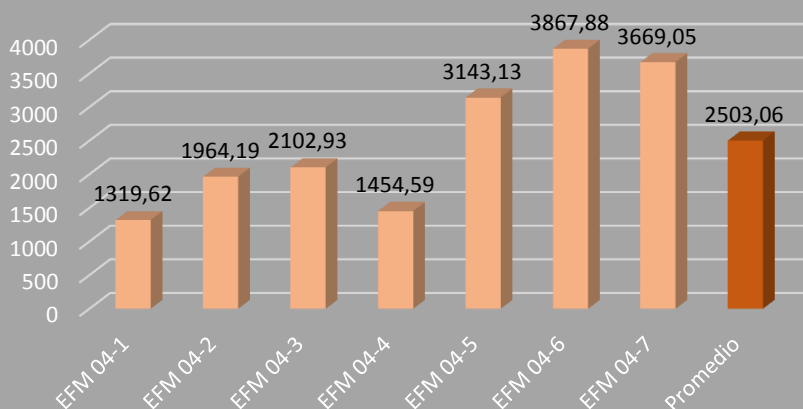
**GRÁFICAS DE RESULTADOS**



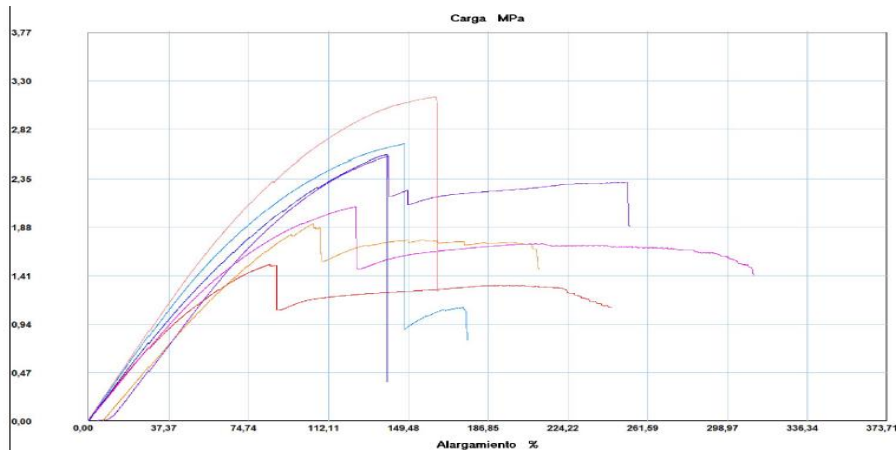
### Esfuerzo máximo (MPa)



### Módulo de elasticidad (MPa)

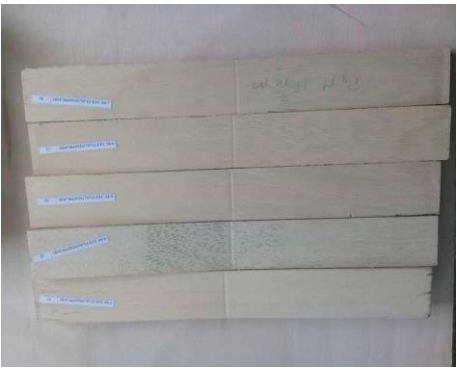
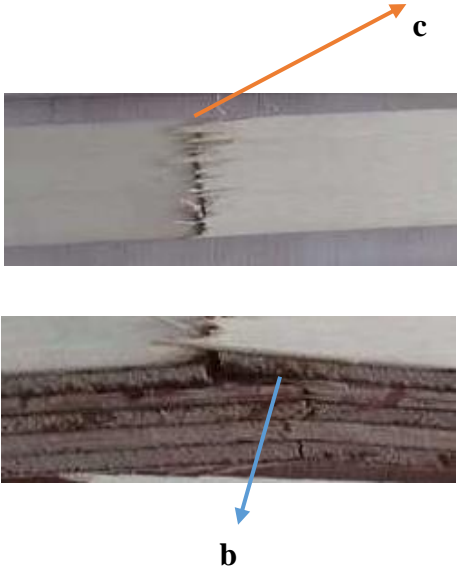


Continuación de Tabla 3. 15 Resultados del ensayo de flexión de la madera plywood marino de 15 mm.



**PROBETAS ENSAYADAS**

**OBSERVACIONES**

	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ La fractura se presenta en el centro de la probeta, punto en donde se aplicó la carga.</li> <li>➤ De las 7 probetas analizadas se quedan 2 en el Centro de Fomento Carrocero, para un registro del ensayo efectuado.</li> </ul>
<p style="text-align: center;"><b>FORMA DE LA FRACTURA</b></p>	<p style="text-align: center;"><b>OBSERVACIONES</b></p>
	<p>Los criterios de falla que se analizan corresponden a los mencionados en la norma ASTM D143 que son:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>b) Cruz-grano tensión (vista lateral)</li> <li>c) Astillar tensión (vista de la tensión de superficie)</li> </ul>

Fuente: Autor

### 3.2.2 Ensayo de Tracción en madera

El ensayo de Tracción se realizó en una máquina universal marca METROTEC, modelo MTE – 50 que tiene una capacidad de 50KN en el laboratorio del Centro de Fomento Productivo Metalmeccánico Carrocero del Honorable Consejo Provincial de Tungurahua.



**Figura 3. 23** Máquina universal METROTEC MTE - 50  
Fuente: Autor

Para realizar el ensayo de tracción se verifica el estado de las abrazaderas y su apertura total, para la sujeción de las probetas que está paralela a la fibra.



**Figura 3. 24** Abrazaderas de la máquina universal METROTEC MTE - 50  
Fuente: Autor

De esta forma se procederá a realizar la lectura de cada grupo de probetas para tracción de los dos tipos de madera que se están analizando, obteniendo los siguientes resultados mostrados en la tabla 3.16.

### **3.2.2.1 Procedimiento del ensayo a tracción de madera plywood normal de 12 mm y 15 mm.**

Para realizar el análisis se procede a tomar los valores del primer tipo de maderas con los espesores de 12 y 15 mm.

**Tabla 3. 16** Grupo de probetas para el análisis de tracción del primer tipo de madera

<b>Material compuesto de madera plywood de 12 mm</b>			
<b>Probetas para ensayo de Tracción</b>			
<b>N° de probeta</b>	<b>Largo (mm)</b>	<b>Ancho (mm)</b>	<b>Espesor (mm)</b>
ETP 01-1	460	12,82	12,6
ETP 01-2	460	12,95	12,31
ETP 01-3	460	12,75	12,31
ETP 01-4	460	12,16	12,36
ETP 01-5	460	12,33	12,35
ETP 01-6	460	12,7	12,43
ETP 01-7	460	12,25	12,4
Promedio	460	12,57	12,39
<b>Material compuesto de madera plywood de 15 mm</b>			
<b>Probetas para ensayo de Tracción</b>			
<b>N° de probeta</b>	<b>Largo (mm)</b>	<b>Ancho (mm)</b>	<b>Espesor (mm)</b>
ETP 02-1	460	10,81	14,92
ETP 02-2	460	12,44	14,95
ETP 02-3	460	12,66	14,9
ETP 02-4	460	12,53	14,88
ETP 02-5	460	12,41	14,91
ETP 02-6	460	12,21	15
ETP 02-7	460	12,08	15,07
Promedio	460	12,16	14,95

Fuente: Autor

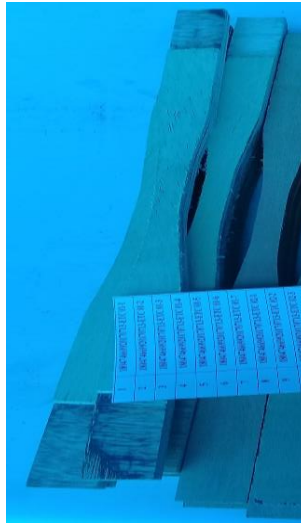
Con los datos obtenidos se procede a realizar el análisis de tracción de las maderas de 12 y 15 mm.

#### **a) Procedimiento del ensayo a tracción**

En el ensayo de tracción se debe verificar la sujeción de las mordazas, por esta razón se procedió a engrasar cada una de las mordazas, una vez engrasadas se procede a verificar el estado de las probetas, por esta razón se consideró que en las probetas de 12 mm se



mantenga como se las fabricó, mientras que en las probetas de 15 mm se debe retirar una capa de madera en los extremos a una longitud de 60 mm de cada lado.



**Figura 3. 25** Probetas reducidas en los extremos para el análisis de tracción  
Fuente: Autor



**Figura 3. 26** Probetas sujetadas los extremos para el análisis de tracción  
Fuente: Autor

Ya realizado los ensayos se obtuvieron valores de fuerza y deformación que soportan las probetas en el punto de fractura, con estos valores se determinan el esfuerzo máximo, la deformación unitaria y el módulo de elasticidad.

#### **b) Cálculos del ensayo a tracción**

**Determinación de fórmulas para el análisis de tracción de los dos tipos de madera.**

Ya realizado los ensayos se obtuvo los valores de la fuerza aplicada y la elongación de las probetas, con estos datos se procede a realizar los cálculos del esfuerzo máximo, alargamiento y el módulo de elasticidad.

### **Esfuerzo a Máximo ( $\sigma_{\text{máx}}$ )**

Este es el esfuerzo máximo que puede soportar un material el cual está sometido a una fuerza de tracción antes de fracturarse [30].

Se calcula con la siguiente ecuación:

$$\sigma_{\text{máx}} = \frac{F}{A} \quad \text{Ecuación 3.4}$$

Donde:

- $\sigma_{\text{máx}}$  = Esfuerzo máximo a tracción (MPa)
- F = Fuerza máxima aplicada (N)
- A = Área de la sección transversal (mm<sup>2</sup>)

### **Alargamiento ( $\delta$ )**

Para el cálculo del alargamiento debemos ver la deformación producida por una fuerza sobre el módulo de elasticidad del material de cada probeta antes del ensayo y la longitud luego del mismo, es decir cuánto se deforma el mismo [30].

Se realiza los cálculos con la siguiente ecuación:

$$\delta = \frac{F * L}{E * A} \quad \text{Ecuación 3.5}$$

Donde:

- $\delta$  = Alargamiento
- F= Fuerza axial (mm)
- L = Longitud de elongación de la probeta (mm)
- A = Área de la probeta
- E = Modulo de elasticidad (N/mm<sup>2</sup>)

### **Módulo de elasticidad (E)**

Es el módulo de Young o elasticidad que es la relación entre el esfuerzo con respecto a la deformación que presenta un determinado material en la zona elástica [30].

Se procede a realizar los cálculos con la siguiente ecuación:

$$E = \frac{\sigma_{max}}{\varepsilon} \quad \text{Ecuación 3.6}$$

Donde:

- E = Módulo de elasticidad (MPa)
- $\sigma_{\text{máx}}$  = Esfuerzo máximo a tracción (MPa)
- $\varepsilon$  = Elongación (mm/mm)

➤ **Cálculos del ensayo a tracción de la madera plywood normal o contrachapada de 12 mm.**

Se realiza el cálculo del esfuerzo máximo para el primer tipo de madera plywood normal o contrachapada con el espesor de 12 mm.

$$\sigma_{\text{máx}} = \frac{F}{A}$$

$$\sigma_{\text{máx}} = \frac{3718,56 \text{ N}}{(12 \text{ mm}) * (12 \text{ mm})}$$

$$\sigma_{\text{máx}} = \frac{3718,56 \text{ N}}{144 \text{ mm}^2}$$

$$\boxed{\sigma_{\text{máx}} = 25,82 \text{ MPa}}$$

Se realiza el cálculo del alargamiento para el primer tipo de madera Plywood normal o contrachapada con el espesor de 12 mm

$$\delta = \frac{F * L}{E * A}$$

$$\delta = \frac{3718,56 \text{ N} * 0,02 \text{ mm}}{2,177 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} * 144 \text{ mm}^2}$$

$$\delta = \frac{74,3712 \text{ N} * \text{ mm}}{313,488 \text{ N}}$$

$$\delta = 0,237 \text{ mm}$$

Se realiza el cálculo del módulo de elasticidad para el primer tipo de madera plywood normal o contrachapado con el espesor de 12 mm

$$E = \frac{\sigma \text{ max}}{\varepsilon}$$

$$E = \frac{25,82 \text{ MPa}}{0,0173}$$

$$E = 1492,48 \text{ MPa}$$

➤ **Cálculos del ensayo a tracción de la madera plywood normal o contrachapada de 15 mm.**

Se realiza el cálculo del esfuerzo máximo para el primer tipo de madera plywood normal o contrachapada con el espesor de 15 mm

$$\sigma_{\text{máx}} = \frac{F}{A}$$

$$\sigma_{\text{máx}} = \frac{7056,18 \text{ N}}{(12 \text{ mm}) * (15 \text{ mm})}$$

$$\sigma_{\text{máx}} = \frac{7056,18 \text{ N}}{180 \text{ mm}^2}$$

$$\sigma_{\text{máx}} = 39,20 \text{ MPa}$$

Se realiza el cálculo del alargamiento para el primer tipo de madera plywood normal o contrachapada con el espesor de 15 mm

$$\delta = \frac{F * L}{E * A}$$

$$\delta = \frac{7056,18 \text{ N} * 0,02 \text{ mm}}{2,177 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} * 180 \text{ mm}^2}$$

$$\delta = \frac{141,1236 \text{ N} * \text{mm}}{391,86 \text{ N}}$$

$$\delta = 0,36 \text{ mm}$$

Se realiza el cálculo del módulo de elasticidad para el primer tipo de madera plywood normal o contrachapado con el espesor de 15 mm

$$E = \frac{\sigma \text{ max}}{\varepsilon}$$

$$E = \frac{39,20 \text{ MPa}}{0,0287}$$



$$E = 1365,85 \text{ MPa}$$

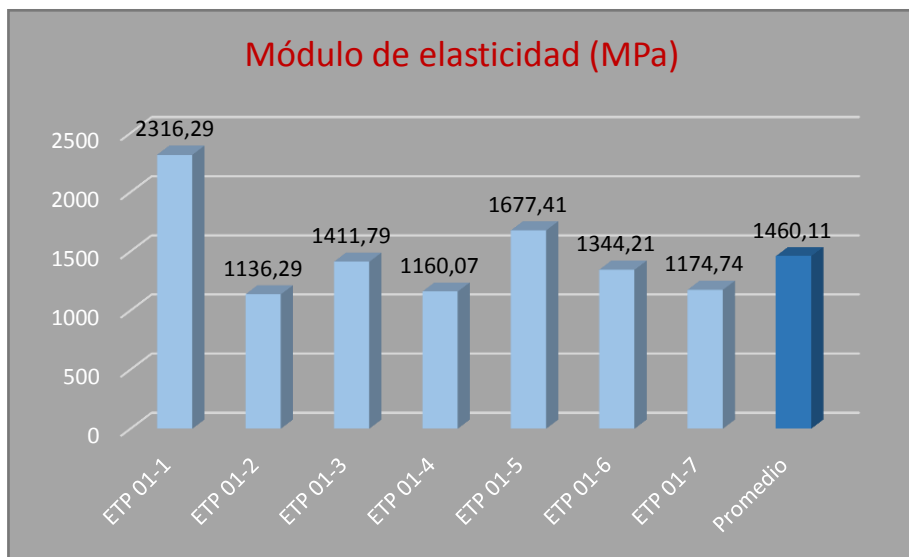
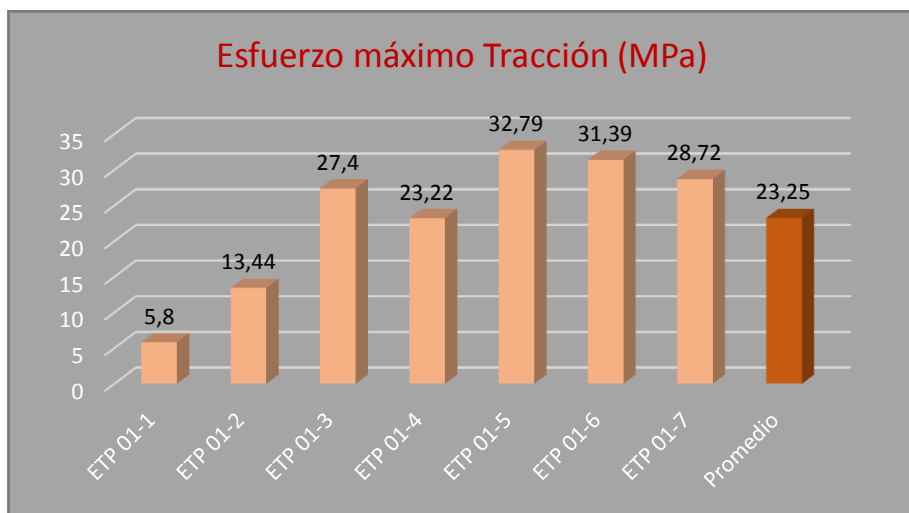
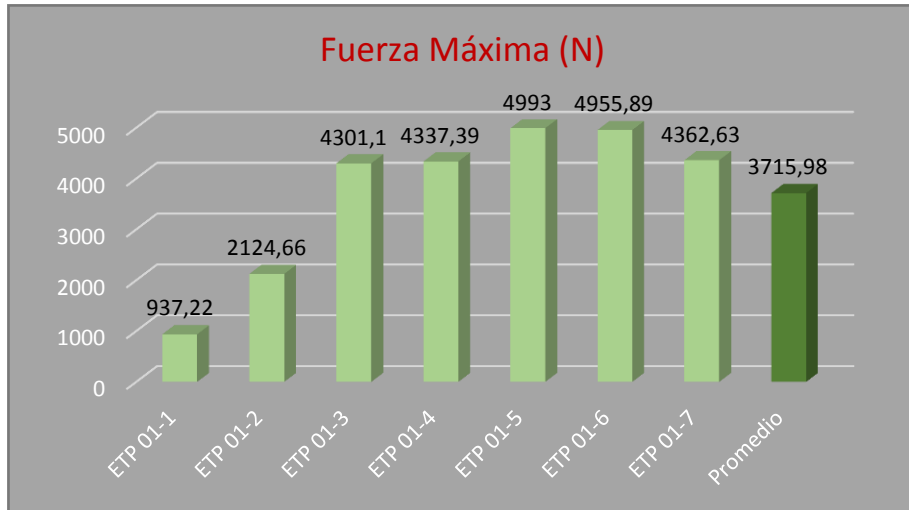
### c) Resultados del ensayo a flexión

Realizado los cálculos de las probetas de madera se procede a comparar los resultados mediante las tablas obtenidas en el Centro de Fomento Productivo Metalmeccánico Carrocero.

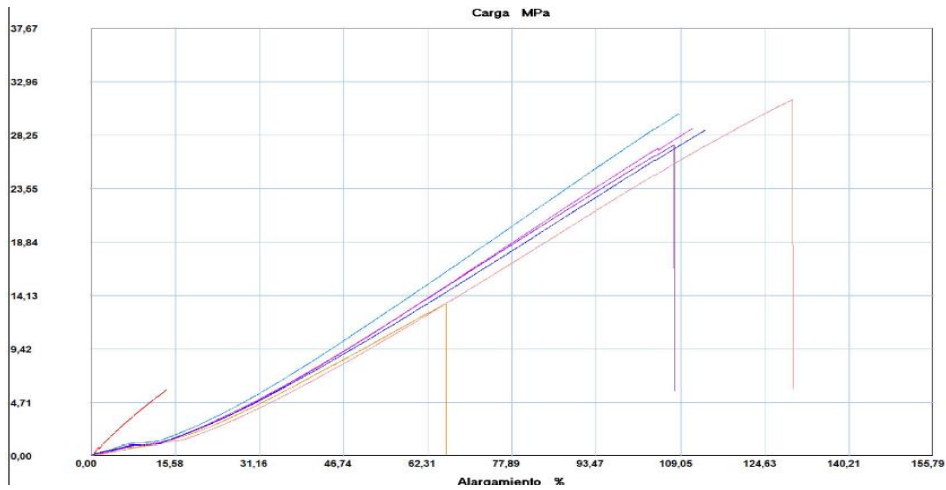
#### ➤ Resultados del primer tipo de madera plywood normal de 12 mm

**Tabla 3. 17** Resultados del ensayo de tracción de la madera plywood normal de 12 mm.

 <p><b>Universidad Técnica de Ambato</b>  <b>Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica</b>  <b>Carrera de Ingeniería Mecánica</b></p> 					
<b>Material Compuesto de Madera Plywood normal o contrachapado de 12 mm</b>					
Laboratorio del Centro de Fomento Productivo Metalmeccánico Carrocero del Honorable Consejo Provincial de Tungurahua					
<b>Máquina:</b>	Máquina Universal METROTEC MTE - 50				
<b>Tipo de Ensayo:</b>	Tracción	<b>Densidad :</b>	560 Kg/mm <sup>3</sup>		
<b>Norma:</b>	ASTM D143	<b>Temperatura:</b>	15 °C		
<b>N° de probetas:</b>	7	<b>Módulo de elasticidad:</b>	2,177 N/mm <sup>2</sup>		
<b>Fecha de ejecución:</b>	22/07/2017	<b>Dimensiones:</b>	460 x 25 x 12		
<b>Realizado por:</b>	German Suqui	<b>Velocidad de ensayo:</b>	1 mm/min		
<b>Revisado por:</b>	Ing. Mg. Christian Castro	<b>Deformación del material:</b>	0.02 mm		
<b>TABLA DE RESULTADOS</b>					
N° de probeta	Fuerza Máxima (N)	Esfuerzo máximo (MPa)	Módulo de elasticidad (MPa)	Elongación máxima (%)	Tipo de Falla
ETP 01-1	937,22	5,8	2316,29	0,25	b
ETP 01-2	2124,66	13,44	1136,29	1,18	a
ETP 01-3	4301,1	27,4	1411,79	1,94	a
ETP 01-4	4337,39	23,22	1160,07	2	b
ETP 01-5	4993	32,79	1677,41	1,95	a
ETP 01-6	4955,89	31,39	1344,21	2,34	b
ETP 01-7	4362,63	28,72	1174,74	2,44	a
<b>Promedio</b>	<b>3715,98</b>	<b>23,25</b>	<b>1460,11</b>	<b>1,73</b>	
<b>Desviación estándar</b>	<b>3246,80</b>	<b>20,53</b>	<b>1155,01</b>	<b>1,54</b>	
<b>Continuación de Tabla 3. 17</b> Resultados del ensayo de tracción de la madera plywood normal de 12 mm.					
<b>GRÁFICAS DE RESULTADOS</b>					



**Continuación de Tabla 3. 17** Resultados del ensayo de tracción de la madera plywood normal de 12 mm.



**PROBETAS ENSAYADAS**

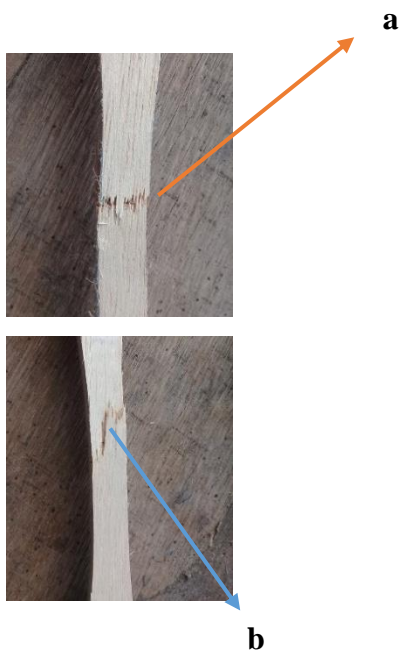
**OBSERVACIONES**



- La fractura se presenta en el centro de la probeta, punto en donde se ejerce la fuerza.
- De las 7 probetas analizadas se quedan 2 en el Centro de Fomento Carrocero, para un registro del ensayo efectuado.

**FORMA DE LA FRACTURA**

**OBSERVACIONES**



Los criterios de falla que se analizan corresponden a los mencionados en la norma ASTM D143 que son:



- a) Tensión cortes limpios
- b) Combinados de tensión y corte

Fuente: Autor

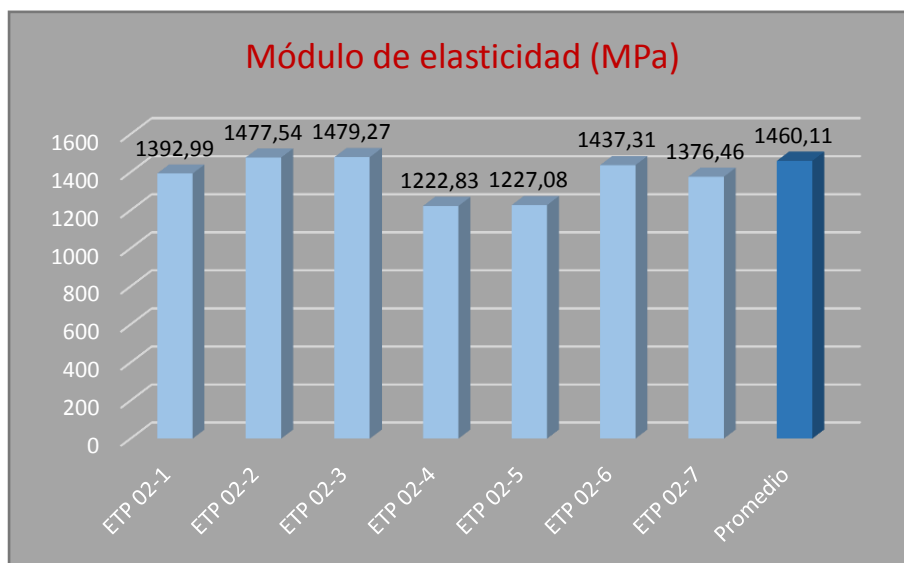
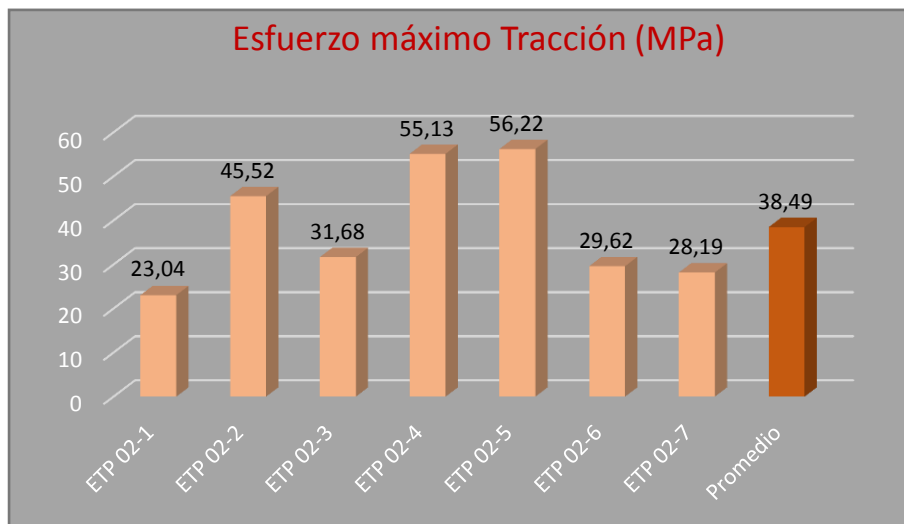
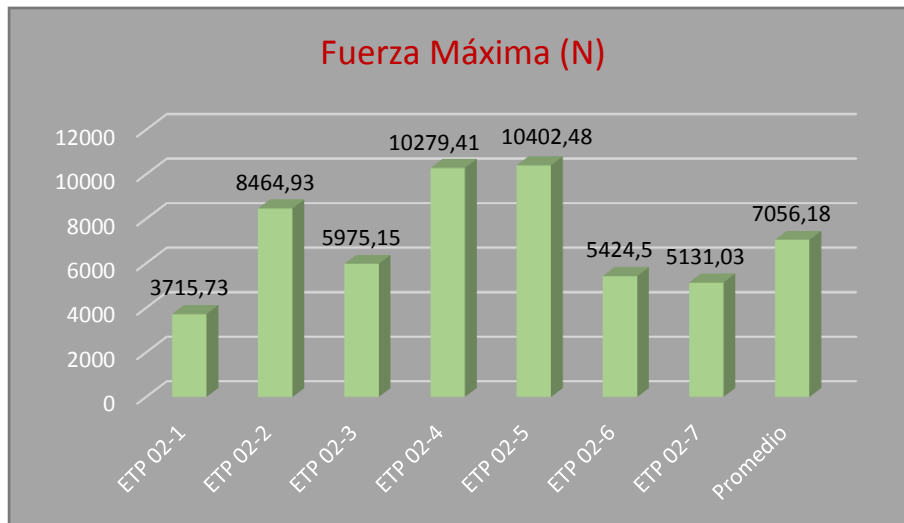
➤ **Resultados del primer tipo de madera plywood normal de 15 mm**



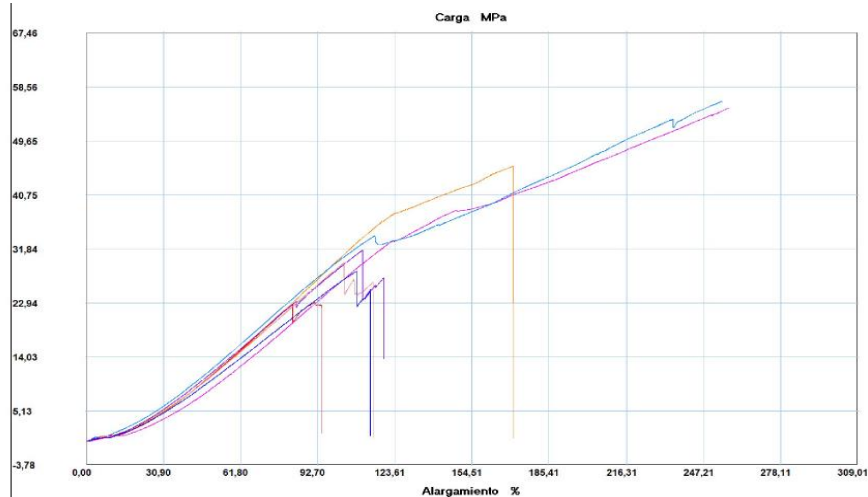
**Tabla 3. 18** Resultados del ensayo de tracción de la madera plywood normal de 15 mm.

		<b>Universidad Técnica de Ambato</b> <b>Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica</b> <b>Carrera de Ingeniería Mecánica</b>			
<b>Material Compuesto de Madera Plywood normal o contrachapado de 15 mm</b>					
Laboratorio del Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero del Honorable Consejo Provincial de Tungurahua					
<b>Máquina:</b>	Máquina Universal METROTEC MTE - 50				
<b>Tipo de Ensayo:</b>	Tracción	<b>Densidad :</b>	530 Kg/mm <sup>3</sup>		
<b>Norma:</b>	ASTM D143	<b>Temperatura:</b>	16 °C		
<b>N° de probetas:</b>	7	<b>Módulo de elasticidad:</b>	2,177 N/mm <sup>2</sup>		
<b>Fecha de ejecución:</b>	22/07/2017	<b>Dimensiones:</b>	460 x 25 x 15		
<b>Realizado por:</b>	German Suqui	<b>Velocidad de ensayo:</b>	1 mm/min		
<b>Revisado por:</b>	Ing. Mg. Christian Castro	<b>Deformación del material:</b>	0.02 mm		
<b>TABLA DE RESULTADOS</b>					
N° de probeta	Fuerza Máxima (N)	Esfuerzo máximo (MPa)	Módulo de elasticidad (MPa)	Elongación máxima (%)	Tipo de Falla
ETP 02-1	3715,73	23,04	1392,99	1,65	b
ETP 02-2	8464,93	45,52	1477,54	3,08	b
ETP 02-3	5975,15	31,68	1479,27	2,14	b
ETP 02-4	10279,41	55,13	1222,83	4,51	b
ETP 02-5	10402,48	56,22	1227,08	4,58	b
ETP 02-6	5424,5	29,62	1437,31	2,06	c
ETP 02-7	5131,03	28,19	1376,46	2,05	c
<b>Promedio</b>	<b>7056,18</b>	<b>38,49</b>	<b>1460,11</b>	<b>2,87</b>	
<b>Desviación estándar</b>	<b>5954,97</b>	<b>20,53</b>	<b>1155,01</b>	<b>1,54</b>	
<b>Continuación de Tabla 3. 19</b> Resultados del ensayo de tracción de la madera plywood normal de 15 mm.					

## GRÁFICAS DE RESULTADOS



**Continuación de Tabla 3. 20** Resultados del ensayo de tracción de la madera plywood normal de 15 mm.



**PROBETAS ENSAYADAS**

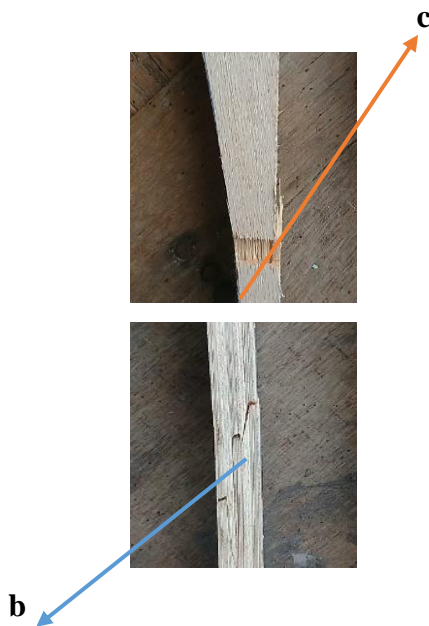
**OBSERVACIONES**



- La fractura se presenta en un punto cercano al centro de la probeta, punto en donde se ejerce la fuerza.
- De las 7 probetas analizadas se quedan 2 en el Centro de Fomento Carrocero, para un registro del ensayo efectuado.

**FORMA DE LA FRACTURA**

**OBSERVACIONES**



Los criterios de falla que se analizan corresponden a los mencionados en la norma ASTM D143 que son:

- a) Combinados de tensión y corte
- b) Tensión cortante

Fuente: Autor

### 3.2.2.2 Procedimiento del ensayo a tracción de madera plywood marino de 12 mm y 15 mm.

Para realizar el análisis se procede a tomar los valores del segundo tipo de maderas con los espesores de 12 y 15 mm mostrados en la tabla 3.19.

**Tabla 3. 21** Grupo de probetas para el análisis de tracción del segundo tipo de madera.

<b>Material compuesto de madera plywood marino de 12 mm</b>			
<b>Probetas para ensayo de Tracción</b>			
<b>N° de probeta</b>	<b>Largo (mm)</b>	<b>Ancho (mm)</b>	<b>Espesor (mm)</b>
ETM 03-1	460	11,94	11,46
ETM 03-2	460	12,18	11,68
ETM 03-3	460	12,00	11,53
ETM 03-4	460	12,02	11,54
ETM 03-5	460	12,53	11,59
ETM 03-6	460	11,46	11,52
ETM 03-7	460	12,33	11,44
Promedio	460	12,07	11,54
<b>Material compuesto de madera plywood marino de 15 mm</b>			
<b>Probetas para ensayo de Tracción</b>			
<b>N° de probeta</b>	<b>Largo (mm)</b>	<b>Ancho (mm)</b>	<b>Espesor (mm)</b>
ETM 04-1	460	12,81	14,54
ETM 04-2	460	12,77	14,43
ETM 04-3	460	12,08	14,45
ETM 04-4	460	12,73	14,42
ETM 04-5	460	12,89	14,56
ETM 04-6	460	12,18	14,53
ETM 04-7	460	12,01	14,49
Promedio	460	12,50	14,49

Fuente: Autor

Con los datos obtenidos se procede a realizar el análisis de tracción de las maderas de 12 y 15 mm.

### a) Procedimiento del ensayo a tracción

El procedimiento se lo realiza de igual forma, que como se efectuó en el primer tipo de maderas, con los datos obtenidos se procede a realizar el procedimiento de análisis a flexión de las maderas de 12 y 15 mm

### b) Cálculos del ensayo a tracción

Los cálculos para el ensayo de tracción del segundo tipo de madera se los realiza con las ecuaciones ya analizadas anteriormente para el primer tipo de madera.

#### ➤ Cálculos del ensayo a tracción de la madera plywood marino de 12 mm.

Se realiza el cálculo del esfuerzo máximo para el segundo tipo de madera plywood marino con el espesor de 12 mm.

$$\sigma_{\text{máx}} = \frac{F}{A}$$

$$\sigma_{\text{máx}} = \frac{3818,66 \text{ N}}{(12 \text{ mm}) * (11 \text{ mm})}$$

$$\boxed{\sigma_{\text{máx}} = 26,51 \text{ MPa}}$$

Se realiza el cálculo del alargamiento para el segundo tipo de madera plywood marino con el espesor de 12 mm.

$$\delta = \frac{F * L}{E * A}$$

$$\delta = \frac{3818,66 \text{ N} * 0,02 \text{ mm}}{4,465 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} * 144 \text{ mm}^2}$$

$$\boxed{\delta = 0,11 \text{ mm}}$$

Se realiza el cálculo del módulo de elasticidad para el segundo tipo de madera plywood marino con el espesor de 12 mm.

$$E = \frac{\sigma_{\text{max}}}{\varepsilon}$$

$$E = \frac{27,60 \text{ MPa}}{0,0202}$$

$$\boxed{E = 1366,33 \text{ MPa}}$$

➤ **Cálculos del ensayo a tracción de la madera plywood marino de 15 mm.**

Se realiza el cálculo del esfuerzo máximo para el segundo tipo de madera plywood marino con el espesor de 15 mm.

$$\sigma_{\text{máx}} = \frac{F}{A}$$

$$\sigma_{\text{máx}} = \frac{9591,94 \text{ N}}{(12 \text{ mm}) * (15 \text{ mm})}$$

$$\boxed{\sigma_{\text{máx}} = 53,28 \text{ MPa}}$$

Se realiza el cálculo del alargamiento para el segundo tipo de madera plywood marino con el espesor de 15 mm.

$$\delta = \frac{F * L}{E * A}$$

$$\delta = \frac{9591,94 \text{ N} * 0,02 \text{ mm}}{4,465 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} * 180 \text{ mm}^2}$$

$$\boxed{\delta = 0,23 \text{ mm}}$$

Se realiza el cálculo del módulo de elasticidad para el segundo tipo de madera plywood marino con el espesor de 15 mm.

$$E = \frac{\sigma_{\text{max}}}{\varepsilon}$$

$$E = \frac{53,28 \text{ MPa}}{0,0564}$$



$$\boxed{E = 944,68 \text{ MPa}}$$

**c) Resultados del ensayo a flexión**

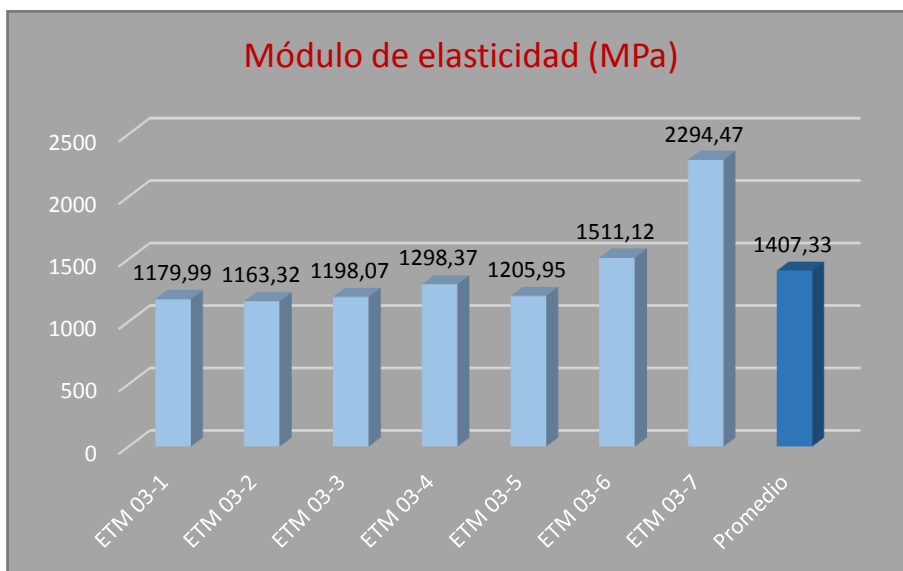
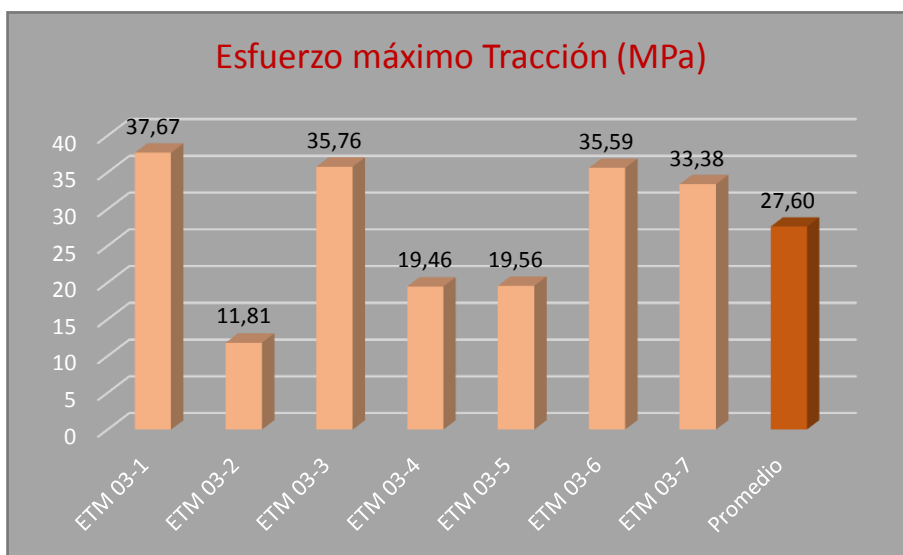
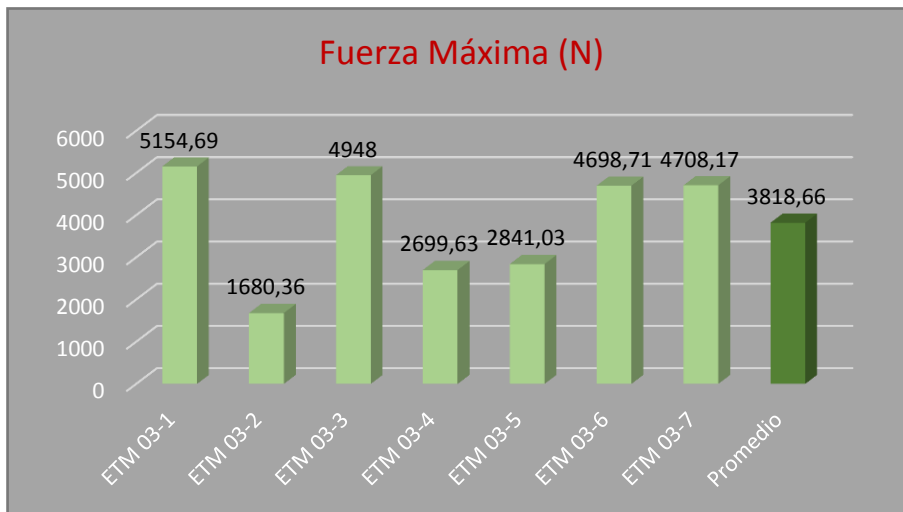
Realizado los cálculos de las probetas de madera se procede a comparar los resultados mediante las tablas obtenidas en el Centro de Fomento Productivo Metalmeccánico Carrocero.

➤ **Resultados del segundo tipo de madera plywood marino de 12 mm**

**Tabla3. 22** Resultados del ensayo de tracción de la madera plywood marino de 12 mm.

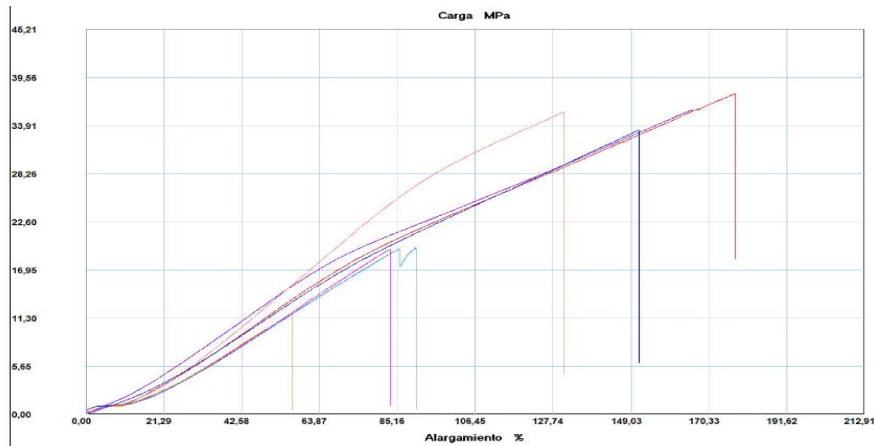
		<b>Universidad Técnica de Ambato</b> <b>Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica</b> <b>Carrera de Ingeniería Mecánica</b>			
<b>Material Compuesto de Madera Plywood marino de 12 mm</b>					
Laboratorio del Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero del Honorable Consejo Provincial de Tungurahua					
<b>Máquina:</b>	Máquina Universal METROTEC MTE - 50				
<b>Tipo de Ensayo:</b>	Tracción	<b>Densidad :</b>	560 Kg/mm <sup>3</sup>		
<b>Norma:</b>	ASTM D143	<b>Temperatura:</b>	17 °C		
<b>N° de probetas:</b>	7	<b>Módulo de elasticidad:</b>	2,177 N/mm <sup>2</sup>		
<b>Fecha de ejecución:</b>	22/07/2017	<b>Dimensiones:</b>	460 x 25 x 12		
<b>Realizado por:</b>	German Suqui	<b>Velocidad de ensayo:</b>	1 mm/min		
<b>Revisado por:</b>	Ing. Mg. Christian Castro	<b>Deformación del material:</b>	0,02 mm		
<b>TABLA DE RESULTADOS</b>					
<b>N° de probeta</b>	<b>Fuerza Máxima (N)</b>	<b>Esfuerzo máximo (MPa)</b>	<b>Módulo de elasticidad (MPa)</b>	<b>Elongación máxima (%)</b>	<b>Tipo de Falla</b>
ETM 03-1	5154,69	37,67	1179,99	3,19	a
ETM 03-2	1680,36	11,81	1163,32	1,02	a
ETM 03-3	4948	35,76	1198,07	2,98	b
ETM 03-4	2699,63	19,46	1298,37	1,5	d
ETM 03-5	2841,03	19,56	1205,95	1,62	b
ETM 03-6	4698,71	35,59	1511,12	2,36	d
ETM 03-7	4708,17	33,38	2294,47	1,45	d
<b>Promedio</b>	<b>3818,66</b>	<b>27,60</b>	<b>1407,33</b>	<b>2,02</b>	
<b>Desviación estándar</b>	<b>3184,76</b>	<b>23,29</b>	<b>1114,27</b>	<b>1,75</b>	

**GRÁFICAS DE RESULTADOS**



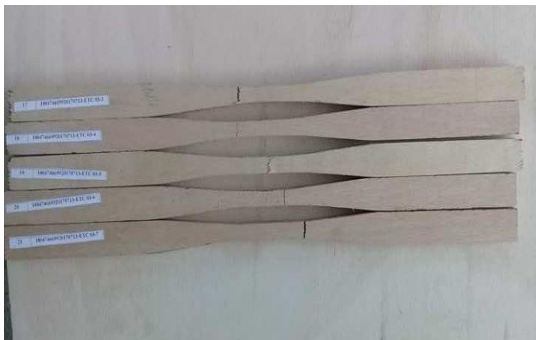


Continuación de **Tabla 3. 22** Resultados del ensayo de tracción de la madera plywood marino de 12 mm.



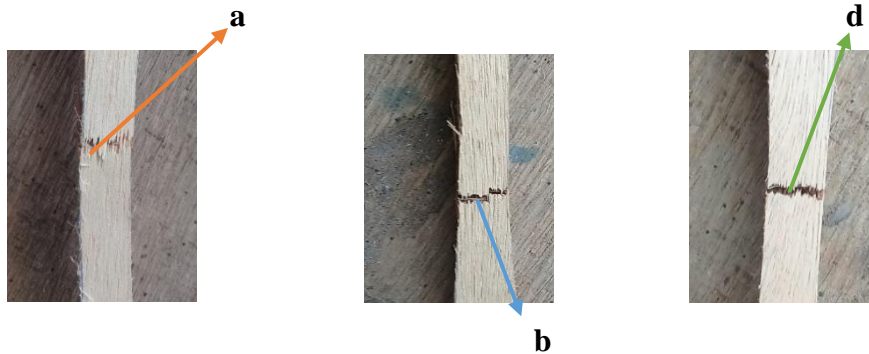
**PROBETAS ENSAYADAS**

**OBSERVACIONES**



- La fractura se presenta en el centro de la probeta, punto en donde se ejerce la fuerza.
- De las 7 probetas analizadas se quedan 2 en el Centro de Fomento Carrocero, para un registro del ensayo efectuado.

**FORMA DE LA FRACTURA**



**OBSERVACIONES**



Los criterios de falla que se analizan corresponden a los mencionados en la norma ASTM D143 que son:

- a) Tensión cortes limpios
- b) Combinados de tensión y corte
- d) Tensión frágil

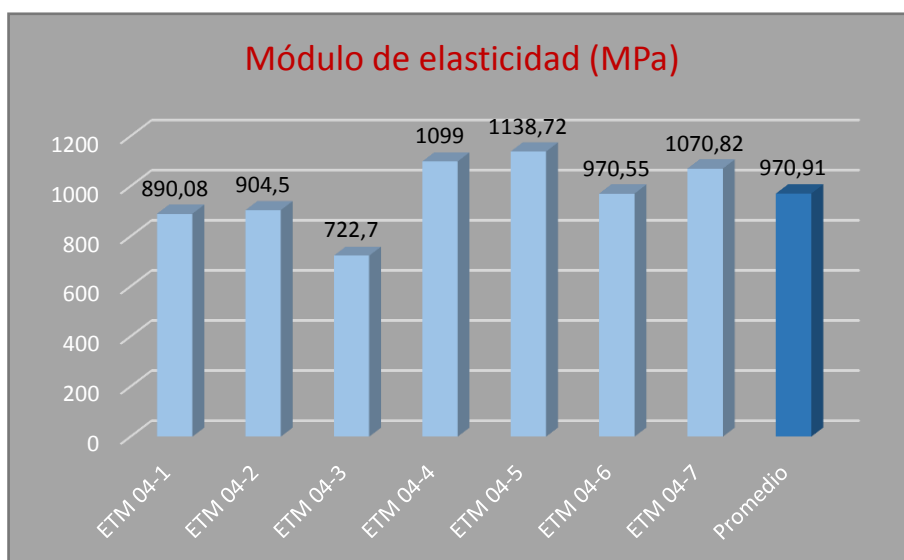
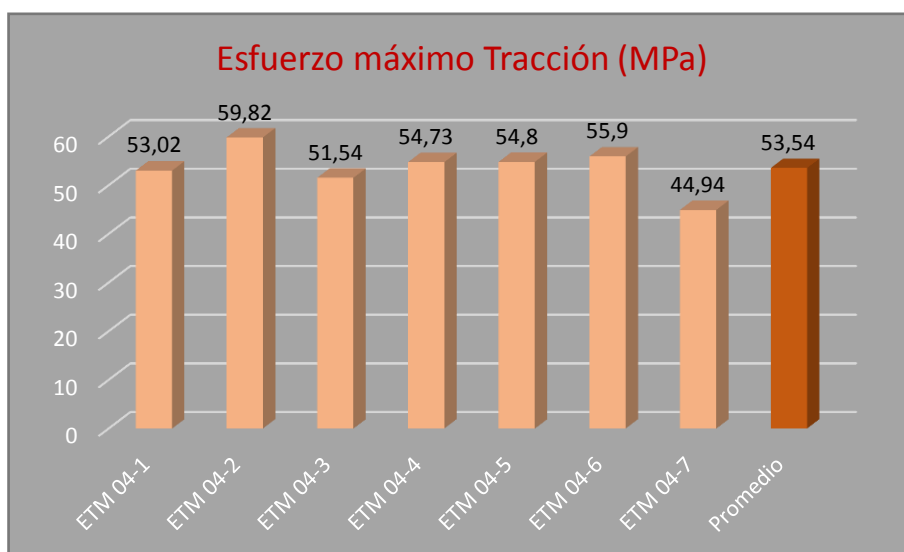
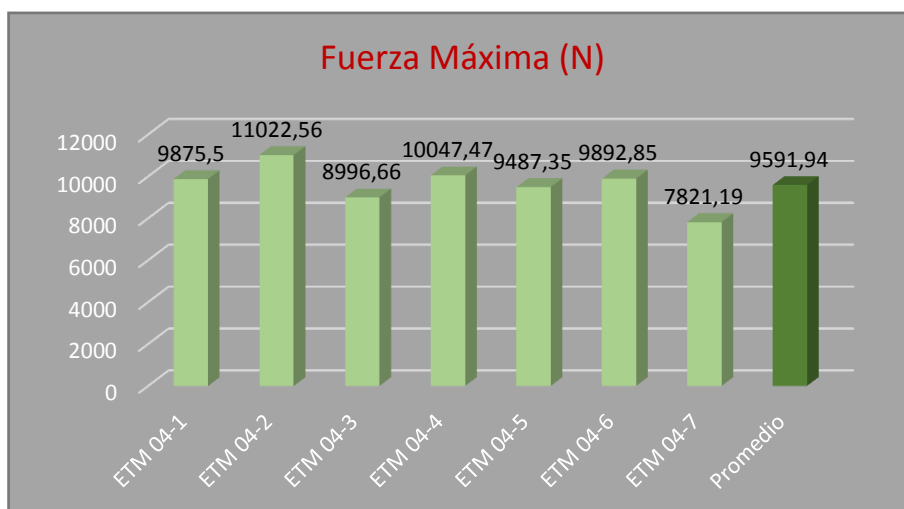
Fuente: Autor

➤ **Resultados del segundo tipo de madera plywood marino de 15 mm**

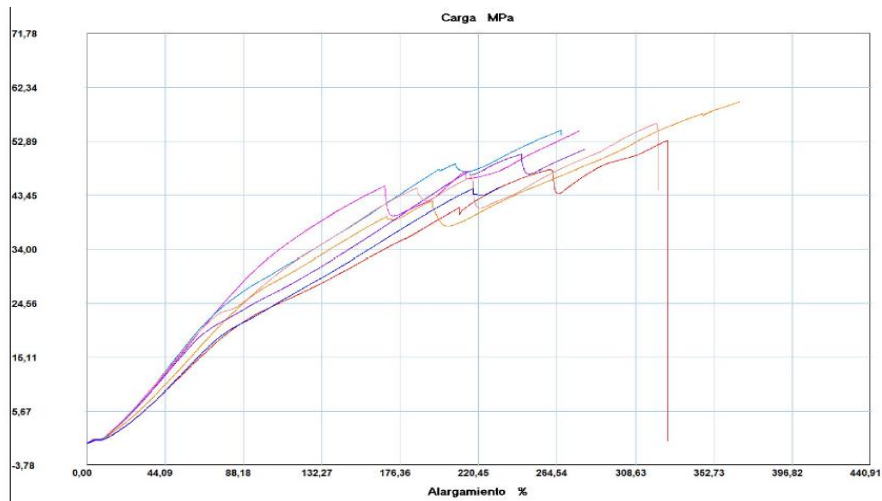
**Tabla 3. 23** Resultados del ensayo de tracción de la madera plywood marino de 15 mm.

		<b>Universidad Técnica de Ambato</b> <b>Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica</b> <b>Carrera de Ingeniería Mecánica</b>			
<b>Material Compuesto de Madera Plywood marino de 15 mm</b>					
Laboratorio del Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero del Honorable Consejo Provincial de Tungurahua					
<b>Máquina:</b>	Máquina Universal METROTEC MTE - 50				
<b>Tipo de Ensayo:</b>	Tracción	<b>Densidad :</b>	530 Kg/mm <sup>3</sup>		
<b>Norma:</b>	ASTM D143	<b>Temperatura:</b>	18 °C		
<b>N° de probetas:</b>	7	<b>Módulo de elasticidad:</b>	4,465 N/mm <sup>2</sup>		
<b>Fecha de ejecución:</b>	22/07/2017	<b>Dimensiones:</b>	460 x 25 x 15		
<b>Realizado por:</b>	German Suqui	<b>Velocidad de ensayo:</b>	1 mm/min		
<b>Revisado por:</b>	Ing. Mg. Christian Castro	<b>Deformación del material:</b>	0,02 mm		
<b>TABLA DE RESULTADOS</b>					
N° de probeta	Fuerza Máxima (N)	Esfuerzo máximo (MPa)	Módulo de elasticidad (MPa)	Elongación máxima (%)	Tipo de Falla
ETM 04-1	9875,5	53,02	890,08	5,96	a
ETM 04-2	11022,56	59,82	904,5	6,61	a
ETM 04-3	8996,66	51,54	722,7	7,13	b
ETM 04-4	10047,47	54,73	1099	4,98	b
ETM 04-5	9487,35	54,8	1138,72	4,81	b
ETM 04-6	9892,85	55,9	970,55	5,76	d
ETM 04-7	7821,19	44,94	1070,82	4,2	d
<b>Promedio</b>	<b>9591,94</b>	<b>53,54</b>	<b>970,91</b>	<b>5,64</b>	
<b>Desviación estándar</b>	<b>6890,87</b>	<b>38,27</b>	<b>709,3</b>	<b>4,18</b>	

### GRÁFICAS DE RESULTADOS



**Continuación de Tabla 3. 23 Resultados del ensayo de tracción de la madera plywood marino de 15 mm**



**PROBETAS ENSAYADAS**

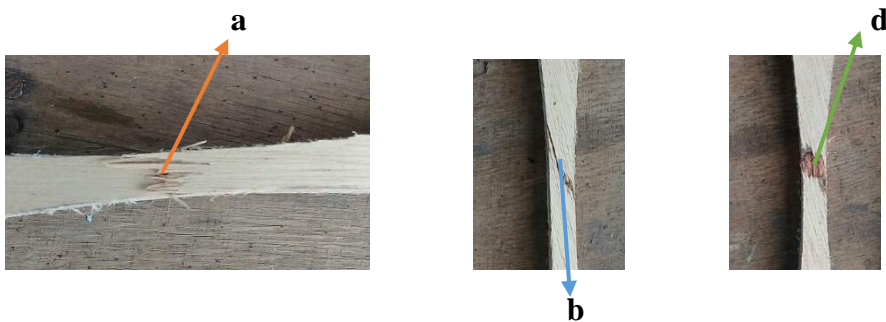
**OBSERVACIONES**



La fractura se presenta en el centro de la probeta, punto en donde se ejerce la fuerza.

De las 7 probetas analizadas se quedan 2 en el Centro de Fomento Carrocero, para un registro del ensayo efectuado.

**FORMA DE LA FRACTURA**



**OBSERVACIONES**

Los criterios de falla que se analizan corresponden a los mencionados en la norma ASTM D143 que son:

- a) Tensión cortes limpios
- b) Combinados de tensión y corte
- d) Tensión frágil

Fuente: Autor

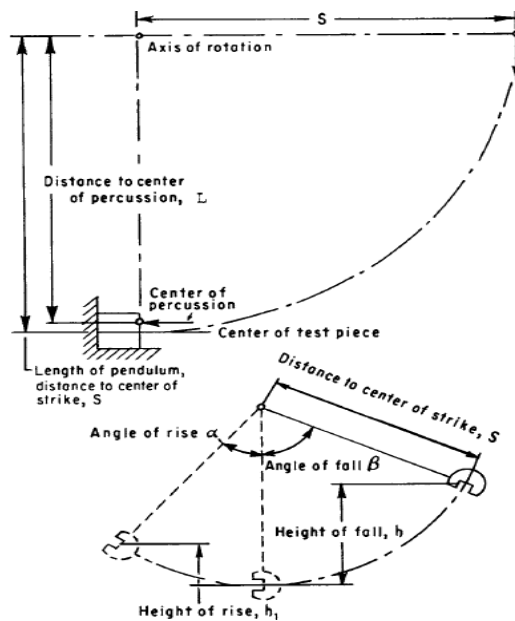
### 3.2.3 Ensayo de impacto en madera

El ensayo de impacto se realizó en la máquina de péndulo Charpy, que tiene una capacidad de 335,4 J o 34,22 Kg de energía, la cual está en el laboratorio de la Universidad Técnica de Ambato en el laboratorio de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica.



**Figura 3. 27** Máquina de péndulo Charpy  
Fuente: Autor

Se utiliza el procedimiento planteado en la norma ASTM E23, en la cual menciona que tiene un sistema que aplica una energía de 333,5 J sobre las probetas que se encuentran en los apoyos.



**Figura 3. 278** Procedimiento para el ensayo de impacto  
Fuente: [8].

Para la determinación de las dimensiones de cada una de las probetas se utilizó un calibrador pie de rey digital para medir el espesor y ancho de las probetas.



**Figura 3. 29** Calibrador pie de rey digital  
Fuente: Autor

### 3.2.3.1 Procedimiento del ensayo de impacto para madera plywood normal de 12 mm y 15 mm.

Para realizar el análisis se procede a tomar los valores del primer tipo de maderas con los espesores de 12 y 15 mm como se muestra en la tabla 3.22.

**Tabla 3. 24** Grupo de probetas para el análisis de impacto del primer tipo de madera

<b>Material compuesto de madera plywood normal de 12 mm</b>			
<b>Probetas para ensayo de Impacto</b>			
<b>N° de probeta</b>	<b>Largo (mm)</b>	<b>Ancho (mm)</b>	<b>Espesor (mm)</b>
EIP 01-1	100	22,5	12,40
EIP 01-2	100	22,20	12,50
EIP 01-3	100	22,10	12,45
EIP 01-4	100	22,25	12,50
EIP 01-5	100	22,15	12,35
Promedio	100	22,24	12,44
<b>Material compuesto de madera plywood normal de 15 mm</b>			
<b>Probetas para ensayo de Impacto</b>			
<b>N° de probeta</b>	<b>Largo (mm)</b>	<b>Ancho (mm)</b>	<b>Espesor (mm)</b>
EIP 02-1	100	22,40	14,90
EIP 02-2	100	23,05	15,05
EIP 02-3	100	23,05	15,00
EIP 02-4	100	23,35	14,95
EIP 02-5	100	23,70	14,85
Promedio	100	22,20	12,50

Fuente: Autor

Con los datos obtenidos se procede a verificar la distancia entre apoyos en la máquina Charpy, según la norma ASTM E 23 con los datos se realiza el análisis de impacto de las maderas de 12 y 15 mm

#### **a) Procedimiento del ensayo de impacto.**

Se procedió a colocar las probetas en el puente de impacto de la máquina, después subimos el péndulo hacia la ranura de la máquina, la que tiene una energía de 333,5 J para que sufra la fractura en la sección transversal como se visualizan en la figura 3.30.



**Figura 3. 30** Colocación de la probeta en el puente de ensayo  
Fuente: Autor

#### **b) Cálculos del ensayo de impacto.**

##### **Determinación de fórmulas para el análisis de impacto de los dos tipos de madera.**

Ya realizado los ensayos se obtuvo los valores de masa de los cuerpos, con estos datos se procede a realizar el cálculo de la energía absorbida.

##### **Energía Absorbida ( $\rho$ )**

Es el módulo de resiliencia que está dividido por la superficie en contacto de la probeta que puede soportar un material el cual está sometido a una energía antes de la fractura [30].

Para el cálculo se aplica la siguiente ecuación:

$$\rho = m * g * (H - h) \quad \text{Ecuación 3.7}$$

Donde:

- $\rho$  = Energía absorbida por la probeta (J)
- $m$  = Masa del péndulo (Kg)
- $g$  = Gravedad (m/s<sup>2</sup>)
- $H$  = Altura inicial del péndulo (m)
- $h$  = Altura final del péndulo (m)

➤ **Cálculos del ensayo impacto de la madera plywood normal o contrachapada de 12 mm.**

Se realiza el cálculo de la energía absorbida para el primer tipo de madera plywood normal o contrachapada con el espesor de 12 mm

$$\rho = m * g * (H - h)$$

$$\rho = 20 \text{ Kg} * 9,8 \frac{\text{m}}{\text{sg}^2} * (1,9 \text{ m} - 1,75 \text{ m})$$

$$\boxed{\rho = 29,4 \text{ J}}$$

➤ **Cálculos del ensayo impacto de la madera plywood normal o contrachapada de 15 mm.**

Se realiza el cálculo para el primer tipo de madera plywood normal o contrachapada con el espesor de 12 mm

$$\rho = m * g * (H - h)$$

$$\rho = 20 \text{ Kg} * 9,8 \frac{\text{m}}{\text{sg}^2} * (1,9 \text{ m} - 1,65 \text{ m})$$

$$\boxed{\rho = 49 \text{ J}}$$



**c) Resultados del ensayo de impacto**

Realizado los cálculos de las probetas de madera se procede a comparar los resultados obtenidos en los ensayos en el laboratorio de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, como se muestra en la tabla 3.23.



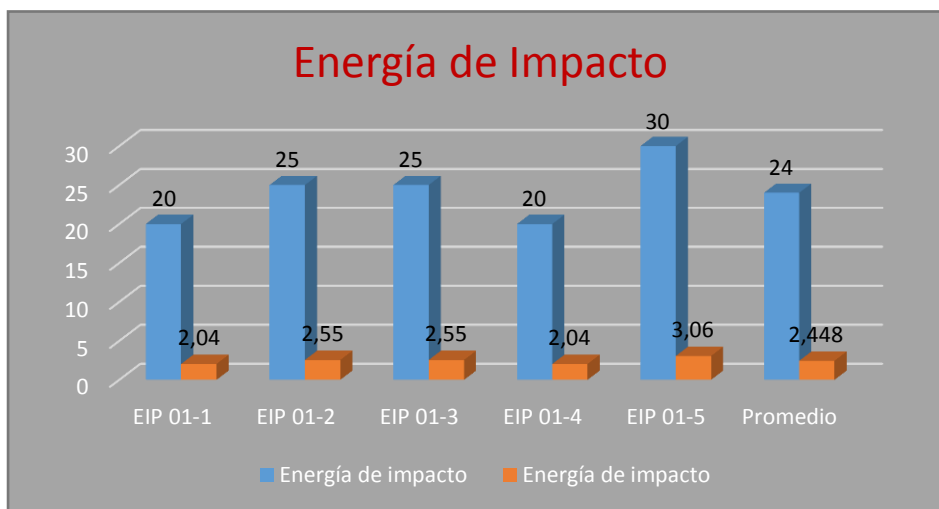
➤ **Resultados del primer tipo de madera plywood normal de 12 mm**

**Tabla3. 25** Resultados del ensayo de impacto de la madera plywood normal de 12 mm.

		<b>Universidad Técnica de Ambato</b> <b>Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica</b> <b>Carrera de Ingeniería Mecánica</b>			
<b>Material Compuesto de Madera Plywood normal o contrachapado de 12 mm</b>					
Laboratorio de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato					
<b>Máquina:</b>	Máquina de análisis Charpy				
<b>Tipo de Ensayo:</b>	Impacto	<b>Humedad:</b>	90%		
<b>Norma:</b>	ASTM E23	<b>Peso del péndulo:</b>	20 Kg		
<b>N° de probetas:</b>	5	<b>Módulo de elasticidad:</b>	2,177 N/mm <sup>2</sup>		
<b>Fecha de ejecución:</b>	22/07/2017	<b>Dimensiones:</b>	100 x 25 x 12		
<b>Realizado por:</b>	German Suqui	<b>Temperatura:</b>	14 °C		
<b>Revisado por:</b>	Ing. Mg. Christian Castro				
<b>TABLA DE RESULTADOS</b>					
N° de probeta	Altura de caída (mm)	Masa péndulo (Kg)	Energía de impacto		Tipo de Falla
			(J)	(Kg m)	
EIP 01-1	1600	20	20	2,04	b
EIP 01-2	1600	20	25	2,55	a
EIP 01-3	1600	20	25	2,55	a
EIP 01-4	1600	20	20	2,04	a
EIP 01-5	1600	20	30	3,06	a
<b>Promedio</b>	<b>1600</b>	<b>20</b>	<b>24</b>	<b>2,448</b>	

Continuación de Tabla 3. 25 Resultados del ensayo de impacto de la madera plywood normal de 12 mm.

### GRÁFICAS DE RESULTADOS



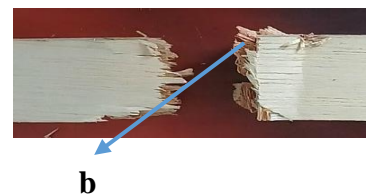
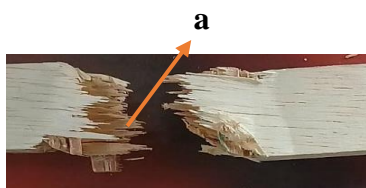
#### PROBETAS ENSAYADAS



#### OBSERVACIONES

La fractura se presenta en el centro de la probeta en el lugar donde se produce el golpe del péndulo

#### FORMA DE LA FRACTURA



#### OBSERVACIONES



Los criterios de falla que se analizan corresponden a los mencionados en la norma ASTM D143 que son:

- a) Tensión astillar
- b) Tensión corte limpio

Fuente: Autor

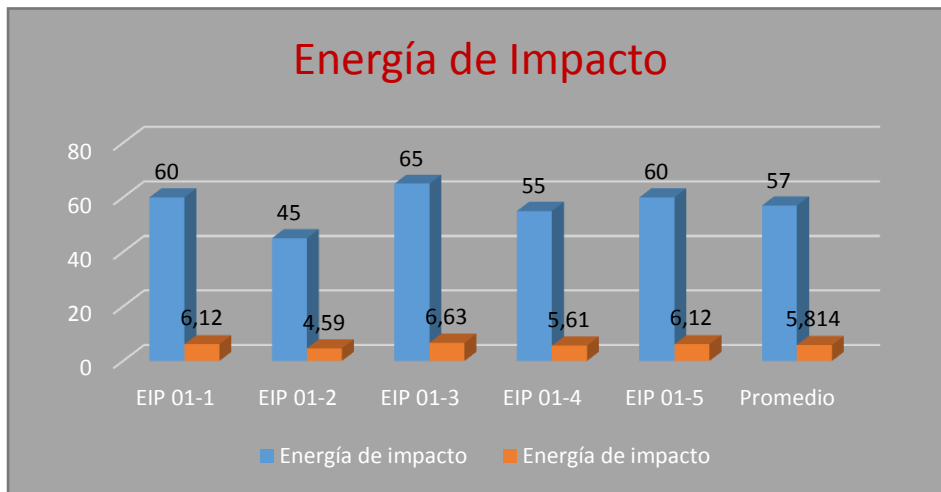
➤ **Resultados del primer tipo de madera plywood normal de 15 mm**

**Tabla 3. 26** Resultados del ensayo de impacto de la madera plywood normal de 15 mm.

		<b>Universidad Técnica de Ambato</b> <b>Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica</b> <b>Carrera de Ingeniería Mecánica</b>			
<b>Material Compuesto de Madera Plywood normal o contrachapado de 15 mm</b>					
Laboratorio de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato					
<b>Máquina:</b>	Máquina de análisis Charpy				
<b>Tipo de Ensayo:</b>	Impacto	<b>Humedad:</b>	90%		
<b>Norma:</b>	ASTM E23	<b>Masa del péndulo:</b>	20 Kg		
<b>N° de probetas:</b>	5	<b>Módulo de elasticidad:</b>	2,177 N/mm <sup>2</sup>		
<b>Fecha de ejecución:</b>	22/07/2017	<b>Dimensiones:</b>	100 x 25 x 15		
<b>Realizado por:</b>	German Suqui	<b>Temperatura:</b>	13 °C		
<b>Revisado por:</b>	Ing. Mg. Christian Castro				
<b>TABLA DE RESULTADOS</b>					
N° de probeta	Altura de caída (mm)	Masa péndulo (Kg)	Energía de impacto		Tipo de Falla
			(J)	(Kg m)	
EIP 01-1	1600	20	60	6,12	a
EIP 01-2	1600	20	45	4,59	a
EIP 01-3	1600	20	65	6,63	a
EIP 01-4	1600	20	55	5,61	a
EIP 01-5	1600	20	60	6,12	a
<b>Promedio</b>	<b>1600</b>	<b>20</b>	<b>57</b>	<b>5,814</b>	

Continuación de Tabla 3. 26 Resultados del ensayo de impacto de la madera plywood normal de 15 mm.

**GRÁFICAS DE RESULTADOS**



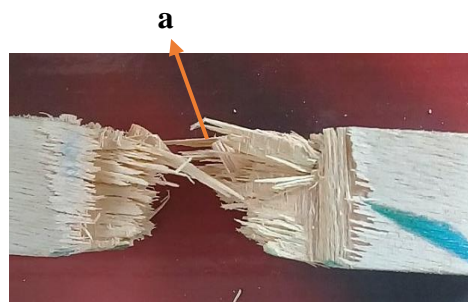
**PROBETAS ENSAYADAS**



**OBSERVACIONES**

La fractura se presenta en el centro de la probeta en el lugar donde se produce el golpe del péndulo

**FORMA DE LA FRACTURA**



**OBSERVACIONES**

Los criterios de falla que se analizan corresponden a los mencionados en la norma ASTM D143 que son:

- a) Tensión astillar

Fuente: Autor

### 3.2.3.2 Procedimiento del ensayo de impacto para madera plywood marino de 12 mm y 15 mm.

Para realizar el análisis se toman los valores del segundo tipo de maderas con los espesores de 12 y 15 mm.

**Tabla 3. 27** Grupo de probetas para el análisis de impacto del segundo tipo de madera

<b>Material compuesto de madera plywood marino de 12 mm</b>			
<b>Probetas para ensayo de Impacto</b>			
<b>N° de probeta</b>	<b>Largo (mm)</b>	<b>Ancho (mm)</b>	<b>Espesor (mm)</b>
EIM 03-1	100	23,2	11,9
EIM 03-2	100	22,4	11,75
EIM 03-3	100	22,55	11,7
EIM 03-4	100	22,2	11,65
EIM 03-5	100	22,5	11,6
Promedio	100	22,57	11,72
<b>Material compuesto de madera plywood marino de 15 mm</b>			
<b>Probetas para ensayo de Impacto</b>			
<b>N° de probeta</b>	<b>Largo (mm)</b>	<b>Ancho (mm)</b>	<b>Espesor (mm)</b>
EIM 04-1	100	24,25	14,6
EIM 04-2	100	24,3	14,65
EIM 04-3	100	23,2	14,8
EIM 04-4	100	23,95	14,7
EIM 04-5	100	24,05	14,75
Promedio	100	23,95	14,7

Fuente: Autor

#### a) Procedimiento del ensayo de impacto.

El ensayo se realiza de igual forma que el anterior con las probetas de 12 y 15 mm del segundo tipo de material, colocando las probetas a la distancia requerida en la máquina de análisis.

### **b) Cálculos del ensayo de impacto.**

Los cálculos para el ensayo de impacto del segundo tipo de madera se los realiza con las ecuaciones ya analizadas anteriormente para el primer tipo de madera.

#### **➤ Cálculos del ensayo impacto de la madera plywood marino de 12 mm.**

Se realiza el cálculo de la energía absorbida para el segundo tipo de madera plywood marino con el espesor de 12 mm

$$\rho = m * g * (H - h)$$

$$\rho = 20 \text{ Kg} * 9,8 \frac{\text{m}}{\text{sg}^2} * (1,9 \text{ m} - 1,7 \text{ m})$$

$$\boxed{\rho = 39,20 \text{ J}}$$

#### **➤ Cálculos del ensayo impacto de la Madera Plywood marino de 15 mm.**

Se realiza el cálculo de la energía absorbida para el segundo tipo de madera plywood marino con el espesor de 15 mm

$$\rho = m * g * (H - h)$$

$$\rho = 20 \text{ Kg} * 9,8 \frac{\text{m}}{\text{sg}^2} * (1,9 \text{ m} - 1,6 \text{ m})$$



$$\boxed{\rho = 58,80 \text{ J}}$$

### **c) Resultados del ensayo de impacto**

Realizado los cálculos de las probetas de madera se procede a comparar los resultados obtenidos en los ensayos del laboratorio de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, como se muestra en la tabla 3.26.

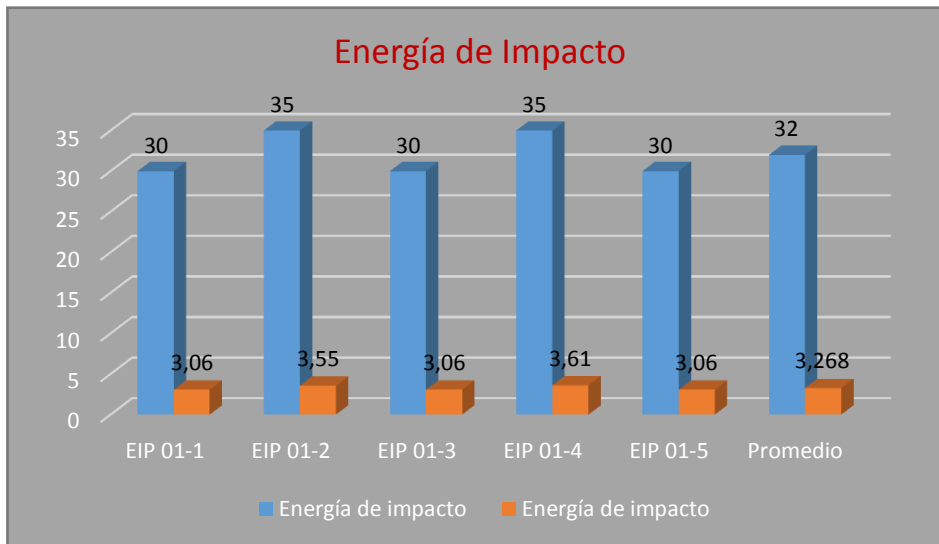
➤ **Resultados del primer tipo de madera plywood marino de 12 mm**

**Tabla 3. 28** Resultados del ensayo de impacto de la madera plywood marino de 12 mm.

		<b>Universidad Técnica de Ambato</b> <b>Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica</b> <b>Carrera de Ingeniería Mecánica</b>			
<b>Material Compuesto de Madera Plywood marino de 12 mm</b>					
Laboratorio de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato					
<b>Máquina:</b>	Máquina de análisis Charpy				
<b>Tipo de Ensayo:</b>	Impacto	<b>Humedad:</b>	90%		
<b>Norma:</b>	ASTM E23	<b>Peso del péndulo:</b>	20 Kg		
<b>N° de probetas:</b>	5	<b>Módulo de elasticidad:</b>	2,177 N/mm <sup>2</sup>		
<b>Fecha de ejecución:</b>	22/07/2017	<b>Dimensiones:</b>	100 x 25 x 12		
<b>Realizado por:</b>	German Suqui	<b>Temperatura:</b>	14 °C		
<b>Revisado por:</b>	Ing. Mg. Christian Castro				
<b>TABLA DE RESULTADOS</b>					
N° de probeta	Altura de caída (mm)	Masa péndulo (Kg)	Energía de impacto		Tipo de Falla
			(J)	(Kg m)	
EIP 01-1	1600	20	20	2,04	b
EIP 01-2	1600	20	25	2,55	a
EIP 01-3	1600	20	25	2,55	a
EIP 01-4	1600	20	20	2,04	a
EIP 01-5	1600	20	30	3,06	a
<b>Promedio</b>	<b>1600</b>	<b>20</b>	<b>24</b>	<b>2,448</b>	

**Tabla 3. 28** Resultados del ensayo de impacto de la madera plywood marino de 12 mm.

**GRÁFICAS DE RESULTADOS**



**PROBETAS ENSAYADAS**



**OBSERVACIONES**

La fractura se presenta en el centro de la probeta en el lugar donde se produce el golpe del péndulo

**FORMA DE LA FRACTURA**



**OBSERVACIONES**

Los criterios de falla que se analizan corresponden a los mencionados en la norma ASTM D143 que son:



- a) Tensión astillar
- b) Tensión corte limpio

Fuente: Autor



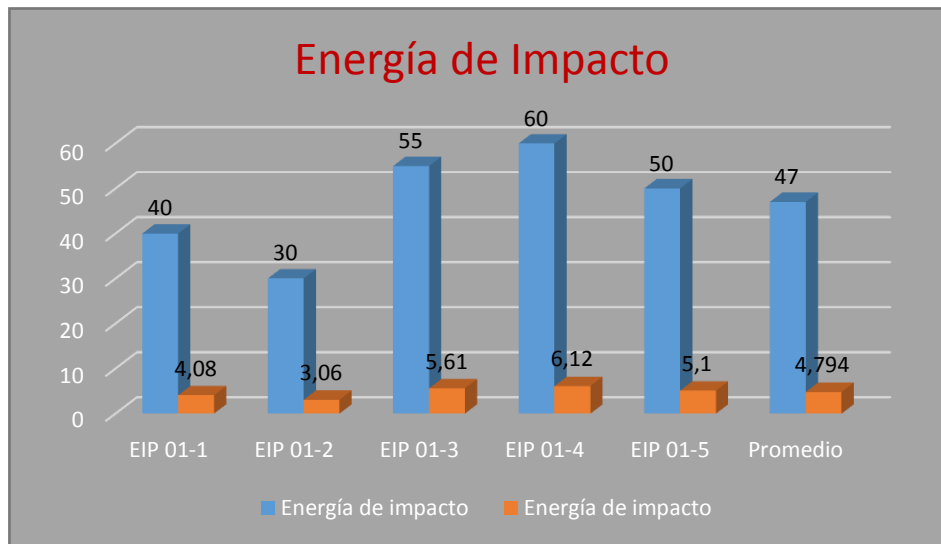
➤ **Resultados del segundo tipo de madera plywood marino de 15 mm**

**Tabla 3. 29** Resultados del ensayo de impacto de la madera plywood marino de 15 mm.

		<b>Universidad Técnica de Ambato</b> <b>Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica</b> <b>Carrera de Ingeniería Mecánica</b>			
<b>Material Compuesto de Madera Plywood marino de 15 mm</b>					
Laboratorio de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato					
<b>Máquina:</b>	Máquina de análisis Charpy				
<b>Tipo de Ensayo:</b>	Impacto	<b>Humedad:</b>	90%		
<b>Norma:</b>	ASTM E23	<b>Masa del péndulo:</b>	20 Kg		
<b>N° de probetas:</b>	5	<b>Módulo de elasticidad:</b>	2,177 N/mm <sup>2</sup>		
<b>Fecha de ejecución:</b>	22/07/2017	<b>Dimensiones:</b>	100 x 25 x 15		
<b>Realizado por:</b>	German Suqui	<b>Temperatura:</b>	13 °C		
<b>Revisado por:</b>	Ing. Mg. Christian Castro				
<b>TABLA DE RESULTADOS</b>					
N° de probeta	Altura de caída (mm)	Masa péndulo (Kg)	Energía de impacto		Tipo de Falla
			(J)	(Kg m)	
EIP 01-1	1600	20	40	4,08	b
EIP 01-2	1600	20	30	3,06	b
EIP 01-3	1600	20	55	5,61	b
EIP 01-4	1600	20	60	6,12	a
EIP 01-5	1600	20	50	5,1	a
<b>Promedio</b>	<b>1600</b>	<b>20</b>	<b>47</b>	<b>4,794</b>	

Continuación de Tabla 3. 29 Resultados del ensayo de impacto de la madera plywood marino de 15 mm.

### GRÁFICAS DE RESULTADOS



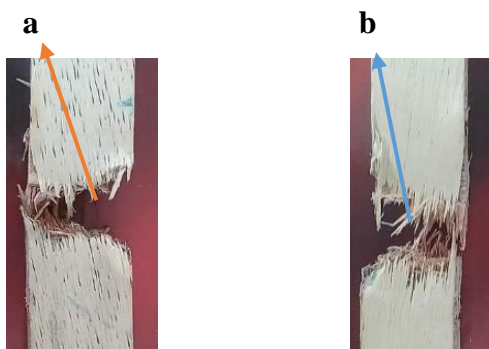
#### PROBETAS ENSAYADAS



#### OBSERVACIONES

La fractura se presenta en el centro de la probeta en el lugar donde se produce el golpe del péndulo

#### FORMA DE LA FRACTURA



#### OBSERVACIONES

Los criterios de falla que se analizan corresponden a los mencionados en la norma ASTM D143 que son:

- a) Tensión astillar
- b) Tensión corte limpio

Fuente: Autor

### 3.3 Presupuesto

#### 3.3.1 Presupuesto de materia prima

En el presupuesto se toman todos los valores de los materiales utilizados en la elaboración de proyecto técnico.

**Tabla3. 30** Presupuesto de materia prima.

<b>Materiales</b>	<b>Valor unitario</b>	<b>Cantidad utilizada</b>	<b>Total</b>
Madera plywood de 12 mm	\$ 35.00	½ plancha	\$ 35.00
Madera plywood de 15 mm	\$ 38.00	½ plancha	\$ 38.00
Madera plywood marino de 12 mm	\$ 40.00	½ plancha	\$ 40.00
Madera plywood marino de 15 mm	\$ 45.00	½ plancha	\$ 45.00
Papel adhesivo	\$ 00.60	2 papeles	\$ 1.20
<b>Total</b>			<b>\$ 159.20</b>

Fuente: Autor

#### 3.3.2 Presupuesto de elaboración y análisis

En este presupuesto se toma la elaboración de las probetas que se utilizan en el análisis en el Centro de Fomento Productivo Metalmeccánico Carrocero del Honorable consejo Provincial de Tungurahua, con en el cual se ha realizado el proyecto técnico.

**Tabla 3. 31** Presupuesto del análisis de la madera.

<b>Materiales</b>	<b>Valor unitario</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Total</b>
Corte y lijado de probetas	\$ 0.50	76 probetas	\$ 38.00
Ensayo de Flexión	\$ 8.40	28 probetas	\$ 235.20
Ensayo de Tracción	\$ 8.40	28 probetas	\$ 235.20
Ensayo de Impacto	\$ 0.00	20 Probetas	\$ 0.00
<b>Total</b>			<b>\$ 508.40</b>

Fuente: Autor

### 3.4 Especificaciones Técnicas

Se realiza una comparación de los resultados obtenidos en el Centro de Fomento Productivo Metalmeccánico Carrocero y los calculados mediante fórmulas planteadas.

### 3.4.1 Ensayo de Flexión

Con los datos analizados de los diferentes tipos de maderas y la utilización en los pisos de los buses urbanos se procede a comparar la resistencia del esfuerzo máximo de flexión.

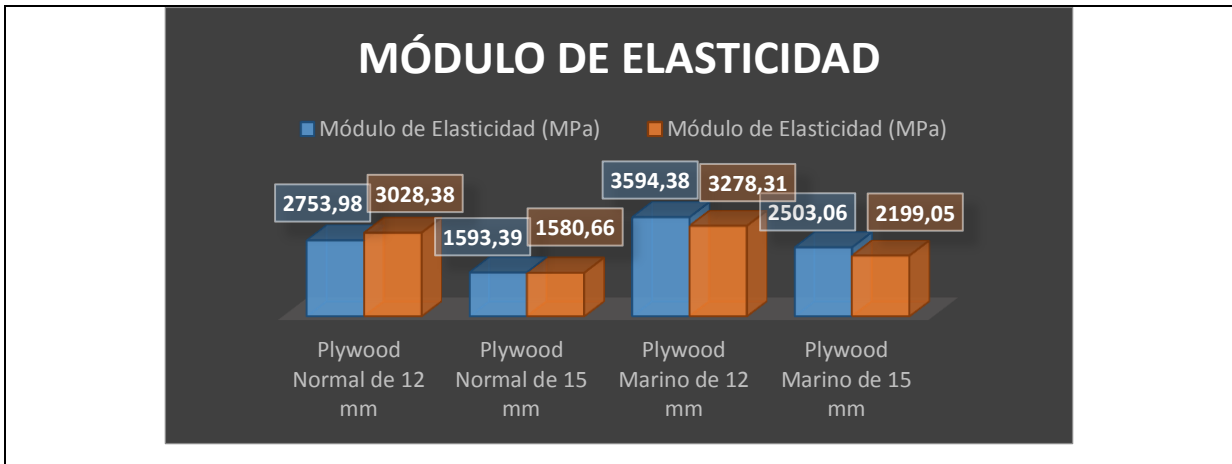
**Tabla 3. 32** Comparación del análisis de flexión de los tipos de maderas.

Tipos de madera		Esfuerzo Máximo de Flexión (MPa)		Módulo de Elasticidad (MPa)	
		Tablas	Calculado	Tablas	Calculado
Plywood Normal 12 mm		26,12	26,98	2753,98	3028,38
Plywood Normal 15 mm		37,06	36,95	1593,39	1580,66
Plywood Marino 12 mm		34,5	32,27	3594,38	3278,31
Plywood Marino 15 mm		47,52	45,91	2503,06	2199,05

**GRÁFICAS**

Tipos de madera	Esfuerzo Máxima (MPa) (Tablas)	Esfuerzo Máxima (MPa) (Calculado)
Plywood Normal de 12 mm	26,12	26,98
Plywood Normal de 15 mm	37,06	36,95
Plywood Marino de 12 mm	34,5	32,27
Plywood Marino de 15 mm	47,52	45,91



Fuente: Autor

Los criterios se analizan con los datos obtenidos en la tabla 3.32, mediante la comparación de los valores en las tablas y se verifica cuál de ellos es factible para utilizar en la construcción de los pisos de los buses urbanos.

#### a) Porcentaje de error

Para el cálculo del porcentaje de error se toman los valores de la tabla 3.32, para las maderas plywood normal y plywood marino de 12 y 15 mm.

Para madera plywood normal de 12 mm

$$\% \text{ error} = \frac{\text{ezfuerzo calculado}}{\text{ezfuerzo en tablas}} \quad \text{Ecuación 3.8}$$

$$\% \text{ error} = \frac{26,98 \text{ N}}{26,12 \text{ N}}$$

$$\% \text{ error} = 1,03$$

Para madera plywood normal de 15 mm

$$\% \text{ error} = \frac{\text{ezfuerzo calculado}}{\text{ezfuerzo en tablas}}$$

$$\% \text{ error} = \frac{36,95 \text{ N}}{37,06 \text{ N}}$$

$$\% \text{ error} = 0,99$$

Para madera plywood marino de 12 mm

$$\% \text{ error} = \frac{\text{ezfuerzo calculado}}{\text{ezfuerzo en tablas}}$$

$$\% \text{ error} = \frac{32,27 \text{ N}}{34,50 \text{ N}}$$

$$\% \text{ error} = 0,93$$

Para madera plywood marino de 15 mm

$$\% \text{ error} = \frac{\text{ezfuerzo calculado}}{\text{ezfuerzo en tablas}}$$



$$\% \text{ error} = \frac{45,91 \text{ N}}{47,52 \text{ N}}$$

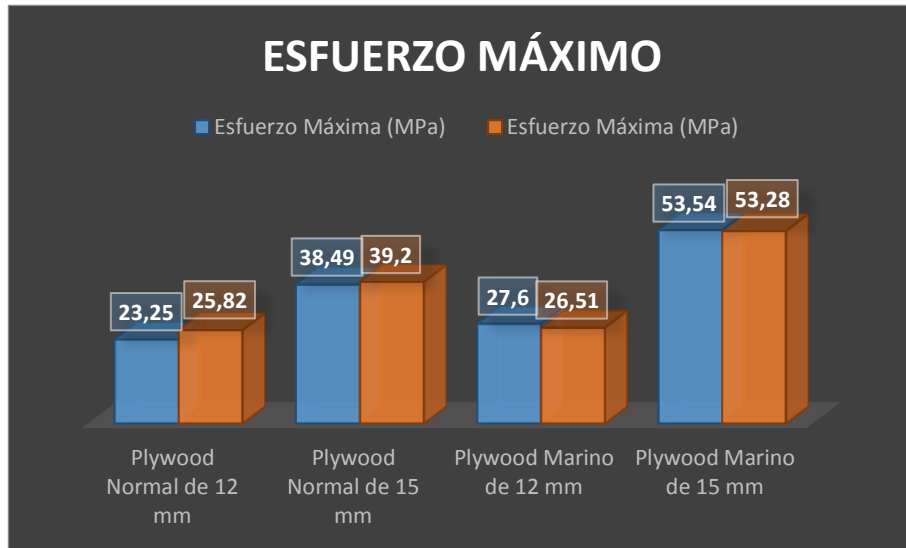
$$\% \text{ error} = 0,96$$

### 3.4.2 Ensayo de Tracción

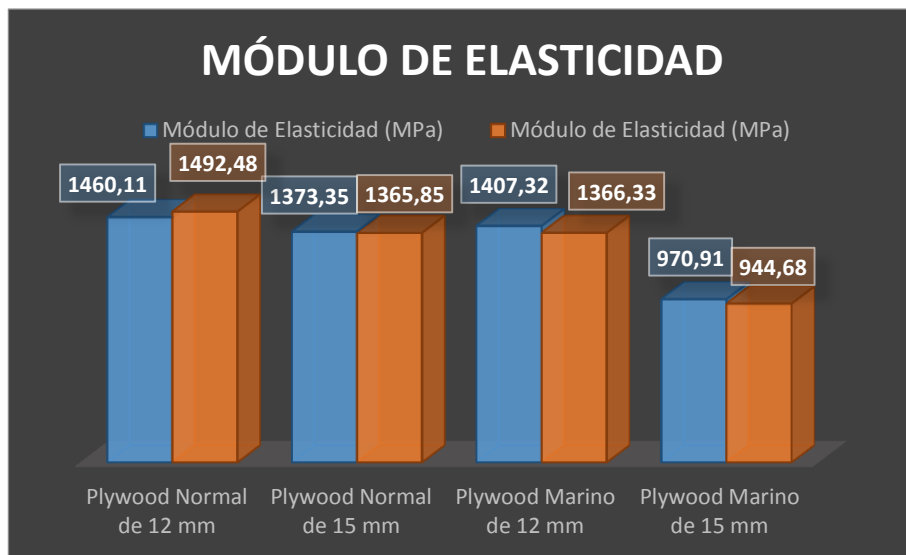
Con los valores ya analizados de los diferentes tipos de maderas y su factibilidad en el uso de los pisos en los buses urbanos, se compara la resistencia del esfuerzo máximo de tracción.

**Tabla 3. 33** Comparación del ensayo de tracción de los tipos de maderas.

 <b>Universidad Técnica de Ambato</b> <b>Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica</b> <b>Carrera de Ingeniería Mecánica</b> 				
<b>DATOS DEL ENSAYO DE TRACCIÓN</b>				
<b>Tipos de madera</b>	<b>Esfuerzo Máximo de Tracción (MPa)</b>		<b>Módulo de Elasticidad (MPa)</b>	
	<b>Tablas</b>	<b>Calculado</b>	<b>Tablas</b>	<b>Calculado</b>
Plywood Normal 12 mm	23,25	25,82	1460,11	1492,48
Plywood Normal 15 mm	38,49	39,2	1373,35	1365,85
Plywood Marino 12 mm	27,6	26,51	1407,32	1366,33
Plywood Marino 15 mm	53,54	53,28	970,91	944,68
<b>GRÁFICAS</b>				



Continuación de Tabla 3. 33 Comparación del ensayo de tracción de los tipos de maderas.



Fuente: Autor

Con los datos obtenidos en la tabla 3.33 se procedemos a realizar la comparación de los valores calculados y los valores obtenidos, para verificar cuál madera es apropiada en la construcción de los pisos de los buses urbanos.

#### a) Porcentaje de error

Para madera plywood normal de 12 mm

$$\% \text{ error} = \frac{\text{Ez fuerza calculado}}{\text{ez fuerza en tablas}}$$

$$\% \text{ error} = \frac{25,82 \text{ N}}{23,25 \text{ N}}$$

$$\% \text{ error} = 1,11$$

Para madera plywood normal de 15 mm

$$\% \text{ error} = \frac{\text{Ez fuerza calculado}}{\text{ez fuerza en tablas}}$$

$$\% \text{ error} = \frac{39,20 \text{ N}}{38,49 \text{ N}}$$

$$\% \text{ error} = 1,08$$

Para madera plywood marino de 12 mm

$$\% \text{ error} = \frac{\text{Ez fuerza calculado}}{\text{ez fuerza en tablas}}$$

$$\% \text{ error} = \frac{26,51 \text{ N}}{27,6 \text{ N}}$$

$$\% \text{ error} = 0,96$$



Para madera plywood marino de 15 mm

$$\% \text{ error} = \frac{\text{Ez fuerza calculado}}{\text{ez fuerza en tablas}}$$


$$\% \text{ error} = \frac{53,28 \text{ N}}{53,54 \text{ N}}$$

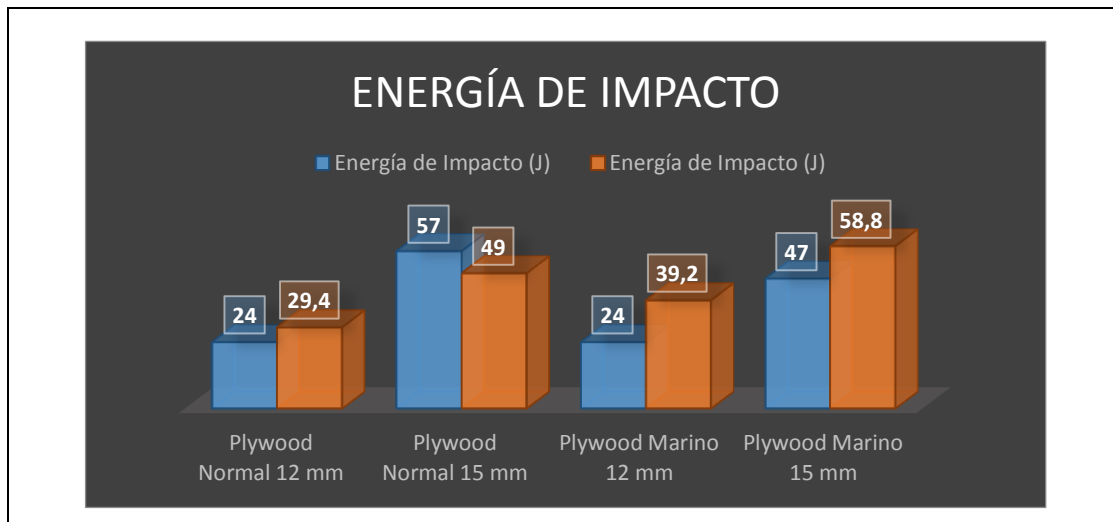
$$\% \text{ error} = 0,99$$

### 3.4.3 Ensayo de Impacto

Con los valores ya analizados de los diferentes tipos de maderas y su factibilidad en el uso de los pisos en los buses urbanos, se compara la resistencia al impacto.

**Tabla 3. 34** Comparación de los ensayos de impacto de los tipos de maderas.

 <b>Universidad Técnica de Ambato</b> <b>Facultad de ingeniería Civil y Mecánica</b> <b>Carrera de Ingeniería Mecánica</b> 		
<b>DATOS DEL ENSAYO DE IMPACTO</b>		
<b>Tipos de madera</b>	<b>Energía de Impacto (J)</b>	
	<b>Tablas</b>	<b>Calculado</b>
Plywood Normal 12 mm	24	29,4
Plywood Normal 15 mm	57	49
Plywood Marino 12 mm	24	39,20
Plywood Marino 15 mm	47	58,80
<b>GRÁFICAS</b>		



Fuente: Autor

Con los datos obtenidos en la tabla 3.34 se procedemos a realizar la comparación de los valores calculados y los valores obtenidos, para verificar cuál madera es apropiada en la construcción de los pisos de los buses urbanos.

#### a) Porcentaje de error

Para madera plywood normal de 12 mm

$$\% \text{ error} = \frac{\text{impacto calculado}}{\text{impacto en tablas}}$$

$$\% \text{ error} = \frac{29,4 \text{ N}}{24 \text{ N}}$$

$$\% \text{ error} = 1,22$$

Para madera plywood normal de 15 mm

$$\% \text{ error} = \frac{\text{impacto calculado}}{\text{impacto en tablas}}$$

$$\% \text{ error} = \frac{49 \text{ N}}{57 \text{ N}}$$

$$\% \text{ error} = 0,85$$

Para madera plywood marino de 12 mm

$$\% \text{ error} = \frac{\text{impacto calculado}}{\text{impacto en tablas}}$$

$$\% \text{ error} = \frac{39,20 \text{ N}}{24 \text{ N}}$$

$$\% \text{ error} = 1,63$$

Para madera plywood marino de 15 mm

$$\% \text{ error} = \frac{\textit{impacto calculado}}{\textit{impacto en tablas}}$$

$$\% \text{ error} = \frac{58,80 \text{ N}}{47 \text{ N}}$$

$$\% \text{ error} = 1,25$$

Finalizamos el proyecto con la comparación de los resultados mediante los porcentajes de error, para determinar qué tipo de madera se debe utilizar en la construcción de los pisos de los buses urbanos.

## CAPÍTULO IV

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 4.1 Conclusiones

Después del desarrollo del proyecto se puede concluir:

- Se determinó que la madera plywood en la construcción de los pisos de los buses es óptima debido a que su índice de llama es menor a 120 mm/min y cumple con la norma ASTM E162.
- Se estableció que la madera plywood marino de 12 mm con una resistencia de 44,9 N/mm<sup>2</sup> es ideal para la elaboración de los pisos de buses urbanos.
- Se elaboraron probetas para los ensayos de Flexión, Tracción con la norma ASTM D143, mientras que para Impacto se lo efectuó en función de la norma ASTM E23.
- Se determinaron los valores de resistencia a la flexión de los dos tipos de maderas, con sus dos espesores y estos valores fueron:
  - a) Para la madera plywood normal de 12 mm.
    - Esfuerzo de Flexión ( 26,12 MPa )
    - Módulo de Elasticidad (2,753 GPa )
  - b) Para la madera plywood normal de 15 mm.
    - Esfuerzo de Flexión ( 37,06 MPa )
    - Módulo de Elasticidad (1,593 GPa)
  - c) Para la madera plywood marino de 12 mm.
    - Esfuerzo de Flexión ( 34,5 MPa )
    - Módulo de Elasticidad (3,594 GPa)
  - d) Para la madera plywood marino de 15 mm.
    - Esfuerzo de Flexión ( 47,52 MPa )
    - Módulo de Elasticidad (2,503 GPa)

- Se evaluaron los valores de los esfuerzos de flexión de los dos tipos de maderas y su porcentaje de error que se mantuvo en un rango de valores desde 0,93 hasta de 1,03 en el análisis.
- Se determinó los valores de resistencia a la tracción de los dos tipos de maderas, con sus dos espesores y estos valores fueron:
  - a) Para la madera plywood normal de 12 mm.
    - Esfuerzo de Tracción ( 23,25 MPa )
    - Módulo de Elasticidad (1,460 GPa)
  - b) Para la madera plywood normal de 15 mm.
    - Esfuerzo de Tracción ( 38,49 MPa )
    - Módulo de Elasticidad (1,373 GPa)
  - c) Para la madera plywood marino de 12 mm.
    - Esfuerzo de Flexión ( 23,29 MPa )
    - Módulo de Elasticidad (1,114 GPa)
  - d) Para la madera plywood marino de 15 mm.
    - Esfuerzo de Flexión ( 53,54 MPa )
    - Módulo de Elasticidad (0,970 GPa)
- Se evaluaron los valores de los esfuerzos de tracción de los dos tipos de maderas y el porcentaje de error que no varía, maniéndose en un rango de valores desde 0,96 hasta de 1,11 en el análisis.
- Se establecieron los valores de resistencia al impacto de los dos tipos de maderas, con sus dos espesores y estos valores fueron:
  - a) Para la madera plywood normal de 12 mm.
    - Energía absorbida (24 Joule)
  - b) Para la madera plywood normal de 15 mm.
    - Energía absorbida (54 Joule)
  - c) Para la madera plywood marino de 12 mm.
    - Energía absorbida (24 Joule)
  - d) Para la madera plywood marino de 15 mm.
    - Energía absorbida (47 Joule)
- Se comprobó que la madera plywood marino de 12 mm presento un porcentaje de error de 0.96 % lo cual nos indica que es óptima para su uso en los pisos de los buses urbanos.

- Se identificó que la madera plywood normal de 12 mm tienen una baja resistencia al impacto de 29,4 N en comparación de las otras maderas.

## 4.2 Recomendaciones

En el proyecto se puede realizar las siguientes recomendaciones:

- Para la construcción de las probetas se debe tener un buen acabado y sin imperfecciones para que los valores de medición no fallen.
- Los valores que se obtenga en los ensayos deben ser confiables, para esto se debe realizar en máquinas que estén calibradas según la norma INEN 20862.
- En el ensayo de tracción se debe verificar que las probetas no se resbalen, para esto se debe engrasar las mordazas y verificar su agarre sobre las probetas de seteo antes de realizar los ensayos.
- Para los ensayos de flexión y tracción de la madera, se utilizó la máquina universal de 50 KN, mientras que en la máquina universal de 1500 KN genera mucho ruido y las curvas no son exactas.
- Se debe realizar probetas adicionales para el seteo de las máquinas y comprobación de valores, como también para reemplazar si se daña alguna probeta.
- En el ensayo de impacto Charpy consideramos el espesor de la probeta y la distancia del péndulo.
- En el análisis de flexión se considerará la distancia entre apoyos del puente, en este tipo de materiales se considera la norma ASTM D143 que es para el análisis de madera.
- En los ensayos de tracción se tiene que reducir el espesor en las probetas de 15 mm, porque en la máquina universal la abertura de las mordazas solo tenían una distancia de 12.5 mm.

## MATERIAL DE REFERENCIA

### BIBLIOGRAFIA

- [1] K. S. Morales Cisneros, *“Estudio del Proceso de Doblado de Material Compuesto por Láminas de Triplex y Fibras de Densidad Media Como Material Alternativo a la Madera Sólida y su Incidencia en Tiempos de Producción de Muebles”*, Ing. Tesis, Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, Universidad Técnica de Ambato, Ambato, Ecuador, 2015.
- [2] V. E. Morocho Toaza *“Estudio del Comportamiento a Fatiga Mecánica de Polímeros Compuestos con Fibra Natural y su Incidencia en la aplicación para la Fabricación de Accesorios de la Industria Carrocera”*, Ing. Tesis, Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, Universidad Técnica de Ambato, Ambato, Ecuador, 2013.
- [3] F. R. Recalde Vásquez, *“Diseño de Elementos Estructurales Utilizando Madera Laminada”*, Ing. Tesis, Carrera Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería en Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad Central del Ecuador, Quito, Ecuador, 2015.
- [4] J. S. Barreto Castañeda. *“Estudio de Propiedades Físico Mecánicas (Corte y Flexión) de la Especie de Madera Tropical Teca (Tectona Grandis) en el Sistema de Laminado Pegado Estructural”*, Mg. Tesis, Facultad de Artes, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia, 2013.
- [5] C. B. Castro Miniguano, *“Estudio del Comportamiento Frente al fuego de los Materiales Utilizados en la Fabricación del Interior de Carrocerías y su Incidencia en la Homologación de Modelos y Competitividad de la Empresa Carrocera Industria Metálica CEPEDA”*, Mg. Tesis, Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, Universidad Técnica de Ambato, Ambato, Ecuador, 2014.

- [6] Annual Book of ASTM, *American Society for Testing Material, ASTM D143 – 94, Standard Test Methods for Small Clear Specimens of Timber (Strip Method)*, 2000.
- [7] UNE – *Asociación Española de Normalización y Certificación, UNE56 – 540 - 78, Características Físico – Mecánicas de la Madera, Interpretación de Ensayos, (IRANOR), Pages 10*, 1978.
- [8] Annual Book of ASTM, *American Society for Testing Material, ASTM E23 – 07a, Standard Test Methods for Notched Bar Impact Testing of Metallic Materials, (Strip Method)*, 2007.
- [9] CANFAC – *Cámara Nacional de Fabricantes de Carrocerías, Diagnostico del Sector Carrocero, Abril 2014*, [En línea]. Available: <http://www.canfacecuador.com/Informe-Final-Diagnostico-Sector-Carrocero.pdf>. [Último acceso: 17 Junio 2017].
- [10] A. J. Andrade. Terán, “*Análisis de la Industria Metalmecánica Carrocera de Ecuador durante el Periodo 2006 - 2013*”, Tesis, Pontifica Universidad Católica del Ecuador, Quito, Ecuador, 2016.
- [11] D. G. Jaque Puca, “*Propuesta de Reorganización Técnica – Económica de los Procesos de Producción para las Carrocerías Interprovinciales y Bus Tipo en la Empresa Varma S.A de la Ciudad de Ambato*”, Ing., Tesis, Facultad de Mecánica, Carrera Ingeniería Industrial, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador, 2010.
- [12] INEN – *Instituto Ecuatoriano de Normalización, NTE INEN 1323:2009, Vehículos Automotores. Carrocerías de Buses Requisitos, Primera Edición*, 2009.
- [13] «Madera Arboriente S.A.» Mundo de Madera Triplex. [En línea]. Available: <http://www.arboriente.com.ec/index.php> [Último acceso: 8 Mayo 2017].
- [14] C. B. Castro Miniguano, «DOCUMENTACION DIGITAL Universidad Técnica de Ambato» 17 Mayo 2016. [En línea]. Available:



- <http://redi.uta.edu.ec/handle/123456789/23429>. [Último acceso: 22 Agosto 2017].
- [15] D. Cárdenas, J. Escudero, S. Quizhpi, M. Amaya “*Propuesta de Diseño Estructural para Buses de Carrocerías Interprovinciales*”, Ing. Revista de Ciencias y Tecnología, Universidad Politécnica Salesiana, INGENIUS. No 11, pp. 42 – 52, 2014.
- [16] F. D. López Abril, “*Aplicación de Elementos Estadísticos de Control de Tiempos en el Proceso de Producción Estructural de Autobuses y su Impacto en los Costos de Producción de la Empresa DAVMOTOR CIA. LTDA. Periodo Julio-Diciembre 2011*”, Ing. Tesis, Facultad de Contabilidad y Auditoría, Universidad Técnica de Ambato, Ambato, Ecuador, 2013.
- [17] P. A. Blakman Pilco, “*Estudio para una Propuesta de un Bus Turístico con la Finalidad de Brindar un Servicio de Calidad Optimo en la Ciudad de Guayaquil*”, Lic., Tesis, Facultad Comunicación Social, Carrera Turismo y Hotelería, Universidad de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador, 2014.
- [18] J. Boding y B. A. Jayne, “*From Mechanics of Wood and Composites*”, Publishing, 1993, pag. 291 – 299, [En línea]. Available: <http://classes.mst.edu/civeng120/lessons/wood/failure/index.html>. [Último acceso: 27 Julio 2017].
- [19] E. Abidal. Burlli, “*Conocimiento de Materiales*”, Ing. Facultad de Agroindustrias, Universidad Nacional del Noreste, Edición 2002, pag. 85, [En línea]. Available: <https://www.slideshare.net/juanblesahiguera/materiales-58515980>. [Último acceso: 7 Junio 2017].
- [20] W. Contreras, S. Valero, E. Thomson, M. Owen, E. Barrios, “*Determinacion de los Esfuerzos de Diseño de Vigas Laminadas de Pino (Pinus caribaea var. hondurensis) Encoladas con Adhesivo de Isocianato (MDI).*”, Ing. Notas Técnicas, Universidad Nacional de Nordeste, ISSN 0718 – 221X, 2007.
- [21] G. Attar. Hassan, *The Effect of Ageing on the Mechanical Properties of Eastern White Pine*, Bulletin of the Association for Preservation Tecnology, Vol 8, No.1leting of the Association for Preservation Tecnology, Vol 8, No. 3, 1976.

- [En línea]. Available: <http://www.jstor.org/stable/1493572.html>. [Último acceso: 10 Septiembre 2017].
- [22] «Madera Plywood o Contrachapada » Mundo de Arquitectura, Ingeniería y Decoración. [En línea]. Available: <http://www.mundodearquitectura.com/el-plywood-o-madera-contrachapada.html>. [Último acceso: 15 Agosto 2017].
- [23] «Madera Plywood Marino » Fimarca, Maderas de Decoración. [En línea]. Available: <http://fimarca.com/wordpress/wp-content/uploads/2015/07/Fimarca-Plywood.pdf> [Último acceso: 10 Julio 2017].
- [24] J. R. Fernández. (2010, May.) Solicitaciones Mecánicas. [Online]. Available: <http://jaimerivero.blogspot.com/2015/11/solicitaciones-mecanicas.html>
- [25] (2006) pino. Accessed mayo 2017. [Online]. Available: [http://roble.pntic.mec.es/jprp0006/tecnologia/1eso\\_recursos/unidad06\\_la\\_madera/actividades/paginas\\_web\\_madera/clasificacion\\_madera.htm](http://roble.pntic.mec.es/jprp0006/tecnologia/1eso_recursos/unidad06_la_madera/actividades/paginas_web_madera/clasificacion_madera.htm)
- [26] (2007) comercial el sol. Accessed mayo 2017. [Online]. Available: <http://www.comercialdelsol.com.do/2017/06/11/aliquam-erat-volutpat-2/>
- [27] (2005) seymar, decoración de suelos. Accessed junio 2017. [Online]. Available: <http://www.seymar-tarimas.com/tarimas-madera/instalacion-tarimas.php>
- [28] (2010) busecuador, La ventana del bus. Accessed julio 2017. [Online]. Available: <http://www.busecuador.com/quienes-somos.html>
- [29] (2000) La resina poliéster, resina y fibra de vidrio. Accessed julio 2017. [Online]. Available: [http://usuaris.tinet.cat/jaranda/Poliester\\_archivos/Page396.htm](http://usuaris.tinet.cat/jaranda/Poliester_archivos/Page396.htm).
- [30] G. Richard, J. Keithy, Diseño de Ingeniería Mecánica de Shirley. Octava edición. México. McGraw-Hill Interandina (2008). pag. 68-121.

# ANEXOS

**ANEXO A:** Proyecto de investigación planteado por el Ing. Mg Christian Castro & Ing. Mg Cristian Pérez bajo el tema “Análisis y determinación de índices de inflamabilidad de materiales utilizados en la fabricación del interior de carrocerías metalmeccánicas de la ciudad de Ambato”

**ANEXO B:** Informe técnico de los ensayos a flexión en madera del laboratorio de resistencia de materiales del centro de fomento productivo metalmeccánico carrocerero del H.G.P de Tungurahua

**ANEXO C:** Informe técnico del ensayo a tracción en madera del laboratorio de resistencia de materiales del centro de fomento productivo metalmeccánico carrocerero del H.G.P de Tungurahua

**ANEXO D:** Norma para los ensayos de flexión y tracción en madera ASTM D143

**ANEXO E:** Norma para el ensayo de impacto en madera ASTM E23

# ANEXO A



## Universidad Técnica de Ambato Consejo Universitario

Av. Colombia 02-11 y Chile (Cdla. Ingahurco) • Teléfonos: 593 (03) 2521-081 / 2822-960 • Fax: 2521-084  
Ambato - Ecuador

### RESOLUCIÓN: 0909-CU-P-2016

El Honorable Consejo Universitario de la Universidad Técnica de Ambato, en sesión ordinaria efectuada el martes 17 de mayo del 2016, vista la Resolución CONIN-P-055-2016, de mayo 4 de 2016, suscrita por la Doctora Adriana Reinoso Núñez, Presidenta del Consejo de Investigación, remitiendo para aprobación el Proyecto de Investigación "ANÁLISIS Y DETERMINACIÓN DE ÍNDICES DE INFLAMABILIDAD DE MATERIALES UTILIZADOS EN LA FABRICACIÓN DEL INTERIOR DE CARROCERÍAS METALMECÁNICAS DE LA CIUDAD DE AMBATO", elaborado por un Docente Investigador de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica; en base a los artículos 1, 3 y demás pertinentes del Reglamento de la Dirección de Investigación y Desarrollo de la Universidad Técnica de Ambato, el literal b) del artículo 59 del Estatuto Universitario, y demás normativa legal aplicable para el efecto; y, en uso de sus atribuciones contempladas en el artículo 21 *ibídem*;

### RESUELVE:

1. Aprobar el Proyecto de Investigación "ANÁLISIS Y DETERMINACIÓN DE ÍNDICES DE INFLAMABILIDAD DE MATERIALES UTILIZADOS EN LA FABRICACIÓN DEL INTERIOR DE CARROCERÍAS METALMECÁNICAS DE LA CIUDAD DE AMBATO", elaborado por un Docente Investigador de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, de acuerdo al siguiente detalle:

Coordinador:	Ing. Christian Castro
Investigación:	Aplicada
Duración:	Doce (12) meses
Financiamiento solicitado DIDE:	\$ 11.400,00 (DIDE)
Financiamiento contraparte:	<u>\$ 19.200,00</u>
Monto total financiamiento:	\$ 30.600,00

2. Autorizar lo siguiente para el mencionado Proyecto de Investigación:

- La elaboración y suscripción del contrato correspondiente a la ejecución del mismo
- La elaboración y suscripción del contrato respectivo con la Dra. María de la Caridad García responsable del Proyecto.
- La asignación total de USD 11.400,00 para la ejecución del Proyecto
- Que el presente Proyecto de Investigación sea ejecutado con Fondos de Investigación del 2016.

Ambato mayo 17, 2016

  
Dr. MSc. Galo Naranjo López  
PRESIDENTE DEL H. CONSEJO  
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO



  
Ab. MSc. José Romo Santana  
SECRETARIO GENERAL





# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

## CONSEJO DE INVESTIGACIÓN

Av. Colombia y Chile (Ciudadela Ingahurco) \* Telefax (593) 3 2521021 ext. 229 \* Casilla 18-01-334  
[www.uta.edu.ec](http://www.uta.edu.ec) \* E-mail: [areinoso@uta.edu.ec](mailto:areinoso@uta.edu.ec)

Ambato – Ecuador

Ambato, mayo 4 2016  
 CONIN-P-055-2016-Res.

Doctor  
 Galo Naranjo López  
**RECTOR**  
 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO  
 Presente

De mi consideración:

Consejo de Investigación en sesión ordinaria efectuada el miércoles 4 de mayo del 2016, resolvió: **REMITIR** para resolución de Consejo Universitario el Proyecto de Investigación que se **detalla a continuación**, elaborado por un Docente Investigador de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica:

1. **"ANÁLISIS Y DETERMINACIÓN DE ÍNDICES DE INFLAMABILIDAD DE MATERIALES UTILIZADOS EN LA FABRICACIÓN DEL INTERIOR DE CARROCERÍAS METALMECÁNICAS DE LA CIUDAD DE AMBATO"**.

Coordinadora:	Ing. Christian Castro
Investigación	Aplicada
Duración:	Doce (12) meses
<b>Financiamiento solicitado DIDE:</b>	<b>\$ 11.400,00 (DIDE)</b>
Financiamiento contraparte:	\$ 19.200,00
Monto total financiamiento:	\$ 30.600,00

2. **SOLICITAR** a Consejo Universitario autorice lo siguiente para este Proyecto de Investigación:

- ✓ La elaboración y suscripción del contrato correspondiente a la ejecución del mismo.
- ✓ La elaboración y suscripción del contrato respectivo con el Ing. Christian Castro responsable del proyecto.
- ✓ La asignación total de **USD 11.400,00** para la ejecución del Proyecto.
- ✓ Que el presente Proyecto de Investigación sea ejecutado con **Fondos de Investigación del 2016**.

Atentamente,

Dra. Adriana Reinoso Núñez  
 Presidenta

referencia: oficio DIDE-D-0769-2016 (12-04-16)  
 proyecto indicado doce hojas

anexo: documentos de la referencia en dieciséis hojas

UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO  
 Teléfono(s): 032521081

**HONORABLE  
 CONSEJO  
 UNIVERSITARIO**  
 Juntos construyendo la  
 mejor Universidad del país.

DOCTOR CARLOS RODRÍGUEZ.- DIRECTOR DIDE  
 DECANO FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECÁNICA  
 COORDINADOR UNIDAD OPERATIVA ICM  
 ING. CHRISTIAN CASTRO - RESPONSABLE DEL PROYECTO  
 CARPETA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA  
 CARPETA PROYECTOS APROBADOS

Documento No. : UTA-R-2016-4410-E  
 Fecha : 2016-05-13 11:30:45 GMT -05  
 Recibido por : Dorys Alexandra Capuz Anilema  
 Para verificar el estado de su documento ingrese a  
<https://documentos.uta.edu.ec>  
 con el usuario: "1801318914"



176

0909

19  
 A

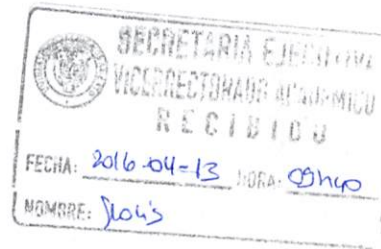


# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

## DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO

Ambato, 12 de abril, 2016  
DIDE-D-0769-2016

Doctora  
Adriana Reinoso Núñez  
PRESIDENTA  
CONSEJO DE INVESTIGACIÓN  
Presente.



De mi consideración:

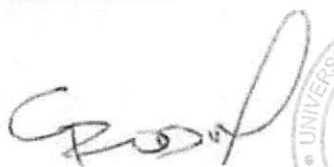
Por medio de la presente, me permito remitir a usted el Proyecto de Investigación evaluado por los pares y que fue enviado a esta dependencia con las observaciones acogidas por el investigador proponente, para que sea enviado a H. Consejo Universitario para la aprobación del auspicio económico del proyecto en mención:

- **ANÁLISIS Y DETERMINACIÓN DE ÍNDICES DE INFLAMABILIDAD DE MATERIALES UTILIZADOS EN LA FABRICACIÓN DEL INTERIOR DE CARROCERIAS METALMECANICAS DE LA CIUDAD DE AMBATO.**

Coordinador Principal	Ing. Christian Castro
Investigación	Aplicada
Plazo	12 meses
Monto Total del proyecto	\$ 30.600,00
Financiamiento solicitado DIDE	\$ 11.400,00
Financiamiento contraparte	\$ 19.200,00

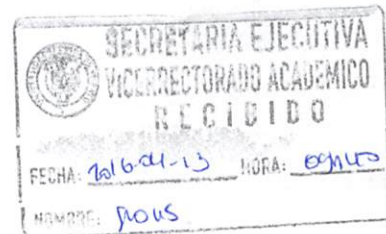
Particular que pongo en su conocimiento para los fines pertinentes.


Atentamente,

  
Dr. Carlos Rodríguez Meza  
**DIRECTOR DIDE**

Adjunto: 1 Proyecto

CRM/afs



*Consejo de Investigación*  
*13/04/2016*  






**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**

Cda. Universitaria (Huachi) / Telf: (03) 2841-144 / Telefax: (03) 2841-062/ Casilla 334/ Email:  
 ficm@uta.edu.ec  
 Ambato – Ecuador

Ambato, 29 de enero de 2016  
 FICM-D-125-16

*Espc*  
*Fernando Olmedo*

Doctor Ph.D.  
 Carlos Rodríguez  
**DIRECTOR DIDE**  
**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
 Presente

De mi consideración:

Con un cordial y atento saludo, en atención al oficio UODIDE-FICM-Ofc.-014-2016 suscrito por el Ph.D. Vinicio Jaramillo Coordinador UODIDE FICM, adjunto a la presente sírvase encontrar una copia del Proyecto "ANÁLISIS Y DETERMINACIÓN DE ÍNDICES DE INFLAMABILIDAD DE MATERIALES UTILIZADOS EN LA FABRICACIÓN DEL INTERIOR DE CARROCEÍAS METALMECÁNICAS DE LA CIUDAD DE AMBATO", desarrollado por los docentes Christian Byron Castro Miniguano y Cristian Fabián Pérez Salinas, en donde consta la actualización del presupuesto necesario para el proyecto de investigación planteado.

Particular que pongo en su conocimiento para los fines pertinentes.

Atentamente,

Ing. M.Sc. Francisco Pazmiño Gavilanes.  
 DECANO



Adjunto: Oficio UODIDE-FICM- Ofc.- 014-2016 y copia del Proyecto.

FPG/mcn.

UTA - DIDE	
Recibido por	<u>R</u>
29 ENE 2016	
Hora	<u>15:56</u>
Firma	<u>[Signature]</u>

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO	
DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO-DIDE	
Recepción y Despacho de Documentos	
Fecha:	<u>29-01-2016</u> Hora <u>17:49</u>
RECIBIDO POR:	<u>[Signature]</u>
<input type="checkbox"/>	ADMINISTRADOR DE CONTRATOS: _____
<input checked="" type="checkbox"/>	PROMETEO: <u>dane.</u>
<input type="checkbox"/>	PRESUPUESTO: _____
<input type="checkbox"/>	CONTABILIDAD: _____
<input type="checkbox"/>	CONTROL PREVIO: _____
<input type="checkbox"/>	PROYECTOS: _____
<input type="checkbox"/>	COMPRAS: _____
<input type="checkbox"/>	ADMINISTRACIÓN DE BIENES: _____
<input type="checkbox"/>	SECRETARÍA: _____
OBSERVACIONES:	
<u>DIDE-D-0769-2016</u>	



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBA  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA



CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

Ambato, 28 de Enero de 2016

Señor

Dr. Vinicio Jaramillo

**COORDINADOR DE LA UNIDAD OPERATIVA DE INVESTIGACIÓN Y  
DESARROLLO DE LA FACULTAD INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**

Presente.-

En atención a los requerimientos del **DIDE**, nos permitimos entregar una copia Impresa del Proyecto de Investigación desarrollado por los Docentes a Contrato a Tiempo Completo: Christian Byron Castro Miniguano y Cristian Fabián Pérez Salinas, de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, bajo el tema: *Análisis y determinación de índices de inflamabilidad de materiales utilizados en la fabricación del interior de carrocerías metalmecánicas de la ciudad de Ambato*, donde consta la actualización del presupuesto necesario para el proyecto de investigación planteado.

Es cuanto podemos informar para su conocimiento. Se adjunta el archivo del Proyecto.

Atentamente,

Ing. Christian Castro, Mg.  
DOCENTE – FICM

Ing. Cristian Pérez, Mg.  
DOCENTE - FICM

	FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA UODIDE
FECHA DE RECIBIDO	28-01-2016
FIRMA	HORA 17:20

"Construyendo juntos una Universidad de Excelencia"





**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
UNIDAD OPERATIVA DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO



Ambato, enero 28 del 2016  
UODIDE-FICM- Ofc.- 014-2016



Ingeniero M.Sc.  
Francisco Pazmiño  
DECANO  
FACULTAD INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA  
Presente

De mi consideración:

Por medio de la presente, remito a usted, una copia impresa del Proyecto de Investigación:

“ANÁLISIS Y DETERMINACIÓN DE ÍNDICES DE INFLAMABILIDAD DE MATERIALES UTILIZADOS EN LA FABRICACIÓN DEL INTERIOR DE CARROCERÍAS METALMECÁNICAS DE LA CIUDAD DE AMBATO”, proyecto desarrollado por los Docentes Christian Byron Castro Miniguano y Cristian Fabián Pérez Salinas, donde consta la actualización del presupuesto necesario para el proyecto de investigación planteado.

Con la finalidad de que se remita al Dr. Carlos Rodríguez, Director de la DIDE UTA. y se proceda con el trámite respectivo.

Por la gentil atención que sabrá dar a la presente, expreso mi agradecimiento y me suscribo de usted.

Atentamente,

Vinicio Jaramillo Garcés, Ph.D.  
COORDINADOR UODIDE FICM

Adj: Copia impresa del Proyecto de Investigación

cc. Dr. Carlos Rodríguez.- DIRECTOR DIDE UTA.

VJG/rmv.

*Por favor  
remitir a Dr. Rodríguez  
solicitudes trámite  
29-Ene-16*



*Instrucciones: El siguiente formulario deberá ser llenado empleando letra tipo Times New Roman de 10 puntos, a espacio sencillo, en hojas tamaño A4, manteniendo un margen de 2,5 cm por lado. Si en alguna de las tablas del formulario requiere de más filas, puede crearlas, sin embargo, debe tener en c consideración los límites de texto que puede ingresar en algunas secciones del formulario.*

CÓDIGO

## PROYECTO DE INVESTIGACIÓN SEMILLA

### A. DATOS GENERALES DEL PROYECTO

#### TÍTULO

*Análisis y determinación de índices de inflamabilidad de materiales utilizados en la fabricación del interior de carrocerías metalmecánicas de la ciudad de Ambato.*

#### TIPOLOGÍA

Investigación Básica

Investigación Aplicada

Investigación Experimental

#### ÁREA TEMÁTICA DE INVESTIGACIÓN EN EL QUE TENDRÁ IMPACTO EL PROYECTO

Facultad	<i>Ingeniería Civil y Mecánica</i>
Carrera	<i>Ingeniería Mecánica</i>
Área de conocimiento	<i>52 Ingeniería y profesiones afines</i>
Línea de Investigación	<i>Sistemas de Control</i>
Programa de Investigación	<i>Seguridad y prevención de riesgos laborales. Calidad de procesos productivos y de servicios.</i>

#### TIEMPO DE EJECUCIÓN DEL PROYECTO

Duración del proyecto en meses *12 meses*

#### FINACIAMIENTO DEL PROYECTO

Monto total del financiamiento proyecto	<i>30600, 00 usd</i>
Monto Financiamiento DIDE	<i>11400,00 usd</i>
Monto Financiamiento Contraparte	<i>19200, 00 usd</i>
Monto Financiamiento Instituciones	<i>De ser el caso, ingrese el monto del financiamiento de la Institución auspiciante o coautora</i>

#### EQUIPO DE INVESTIGACIÓN DEL PROYECTO

*Nota: Debe incluirse el mayor grado académico afín al tema del proyecto que poseen los integrantes del grupo de investigación.*

Coordinador	<i>Ingeniero Mecánico Magister en Diseño Mecánico</i>
Investigador	<i>Ingeniero Mecánico Magister en Diseño Mecánico</i>
Auxiliar de Investigación	<i>Estudiantes Ingeniería Mecánica</i>



**B. RESUMEN EJECUTIVO**

*El mercado globalizado ha obligado al sector productivo carrocerero del País a cambiar sus estrategias de producción y estrategias comerciales centrando sus esfuerzos en el proceso de homologación de sus modelos según el cumplimiento de los Reglamentos Técnicos Ecuatorianos INEN RTE 038, 041, 043 y las Normas Técnicas Ecuatorianas INEN NTE 034, 1323, 1155, 1669.*

*Trabajando con el cumplimiento de los requerimientos técnicos de las normas y reglamentos internacionales, para ello la industria mejora su calidad, productividad y así lograr competitividad nacional e internacional. Por ello es necesario que el país y el sector carrocerero realicen pruebas y ensayos para garantizar que los materiales que se usan en el diseño y construcción de carrocerías metalmecánicas sean seguros y ofrezcan un grado de seguridad óptimo.*

*La investigación se basa en el estudio del comportamiento frente al fuego de los materiales: Material compuesto fibra de vidrio con matriz Resina POLYLITE 32800-80, Material compuesto fibra de vidrio con matriz Resina ANDERPOOL 836, Pranna Poliéster Flexible y Textil a Base de Vinilo para Piso, madera que se usan en la fabricación del interior de carrocerías, para determinar los parámetros de ensayo y evaluación de los índices de inflamabilidad de cada uno de estos materiales en función de las especificaciones técnicas de la norma ISO 3795 Determinación de la combustión de los materiales empleados en el interior de vehículos.*

*De la caracterización y análisis de los ensayos se determinará que los valores de los índices de inflamabilidad de los materiales ensayados cumplan con los valores máximos establecidos en la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1323. Además se determinará que materiales son auto extingüibles.*



C. DESCRIPCIÓN DETALLADA DEL PROYECTO

DEFINICIÓN DEL PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

**Problema de Investigación:**

*El 76% de la producción carrocerera del país sale de la 'Ciudad de Ambato', generando 24 millones de dólares anuales y alrededor de 1.400 plazas de trabajo directas a los ecuatorianos.*

*Esta industria, asentada en la provincia de Tungurahua, es una de las más fuertes en la región con cerca de 80 empresas fabricantes de carrocerías, entre grandes y pequeñas, que se han preocupado en mejorar su tecnología. Toda esta actividad industrial funciona bajo normas INEN y procesos de calidad internacional, que brindan seguridad en el trabajo y en el transporte de pasajeros. [21].*

*Para garantizar la seguridad del usuario en el diseño y construcción de carrocerías para el transporte de pasajeros se usan dichas especificaciones que nos ayudan con datos técnicos importantes.*

*La producción de carrocerías metalmecánicas en la zona centro del Ecuador se ha incrementado debido a la competitividad y la inversión en los procesos productivos adaptando y manteniendo los requisitos de las normativas y reglamentos vigentes.*

*Tabla 1. Producción de Carrocerías en la zona centro del Ecuador  
Producción de carrocerías aproximadas en la zona 3  
(Chimborazo - Cotopaxi - Tungurahua - Pastaza) [13].*

PROVINCIA	COSTO DE CARROCER.	PROD. 2010	%	VALOR	PAGO DE IVA
Chimborazo	45.000,00	300	21,3	13.500.000,00	1.620.000,00
Cotopaxi	45.000,00	24	1,7	1.080.000,00	129.600,00
Pastaza	45.000,00	6	0,4	270.000,0	2.400,00
Tungurahua	45.000,00	1080	76,6	48.600.000,00	5.832.000,00
TOTAL		1.410	100	63.450.000,00	7.614.000,00

*En el proceso de homologación vehicular de Autobuses y Autocares de la Comunidad Europea, cada empresa carrocerera debe certificar sus modelos de acuerdo al procedimiento de homologación en el cual se estipula el cumplimiento de los diferentes reglamentos aprobados y vigentes, además es importante recalcar que dicha homologación depende del tipo de servicio destinado el automotor para transporte de pasajeros. [13].*

*Hace muchos años atrás la Comunidad Europea ha ido certificando sus modelos para garantizar la seguridad de sus diseños y ensambles de acuerdo a las organizaciones y empresas específicas para la investigación del fuego y sus efectos en los materiales:*

*Reglamento No 66 de la Comisión Económica de las Naciones Unidas para Europa (CEPE) — Disposiciones uniformes relativas a la homologación de vehículos de grandes dimensiones para el transporte de pasajeros por lo que respecta a la resistencia de su superestructura.*

*Reglamento No 118 de la Comisión Económica para Europa (CEPE) de las Naciones Unidas: Prescripciones técnicas uniformes relativas al comportamiento frente al fuego de los materiales utilizados en la fabricación del interior de determinadas categorías de vehículos de motor. [15].*

*Normas: NFPA 101 Código de Seguridad Humana Edición 2000, NFPA 260 métodos estándar de pruebas y clasificación para sistema de cigarrillo encendido, resistencia de los componentes de Tapizado de muebles Edición 1998, NFPA 921 Guía para la Investigación de Incendios y*





*Explosiones Edición 2001. En las normas NFPA, se establecen requisitos, especificaciones y parámetros para la seguridad y aplicaciones de la Ingeniería del Fuego. [17 y 18].*

*En Norte América se ha investigado y desarrollado procesos de análisis de los materiales constitutivos de los vehículos automotores con la aplicación de la Norma Federal de Seguridad para Vehículos a Motor (FMVSS) N.º 302, en la cual se detalla el procedimiento, requerimientos y los tipos de materiales que se ensayan para poder carrozar automóviles, autobuses y autocares. [16].*

*Un parámetro fundamental en el análisis que realizan las potencias mundiales es el hecho que se enfocan en seguridad de su cliente interno esto involucra todo tipo de transporte aéreo, terrestre y marítimo. Se realizan ensayos con equipos horizontales y verticales dependiendo de la configuración del material para determinar índices que permiten entregar seguridad y confort a los pasajeros.*

*La combustión de elastómeros es un proceso complicado que depende de la constitución química y la estructura física de macromoléculas tanto como sobre las reacciones químicas y fenómenos físicos que tienen lugar en la muestra bajo la prueba, su capa de límite y flama. [1].*

*Las pruebas de Inflamabilidad de polimeros también pueden ser determinadas por el método de calorímetro de cartucho de acuerdo con la Norma ISO 5660 estándar 1.2002, usando unos instrumentos de dispositivos de análisis Eléctricos. Estos instrumentos son usados para pruebas de materiales en relación con sus características. [2 y 3].*

*El efecto y acción de sinergia con carbono o sílice sobre las propiedades térmicas y los índices de inflamabilidad de cauchos butadieno ha sido mostrado que mejora las propiedades térmicas y mecánicas de compuestos que contienen estos aluminosilicatos. La inflamabilidad ha reducido en compuestos vulcanizados y resulta de buenas propiedades aislando el material con cauchos butadienos. La reducción considerable en la inflamabilidad de compuestos que contienen nano compuestos de carbono o sílice es debida a la formación de una capa de límite homogénea. [4 y 5].*

*La madera es uno de los materiales más sostenibles y estéticamente amenos y con respecto al medio ambiente benigno. No sólo madera es a menudo una parte esencial de las estructuras, es también el origen principal de ropa y accesorios encontrados en casas, escuelas, y oficinas alrededor del mundo. Los peligros a menudo inevitables del fuego hacen de la madera un tema muy deseable para la investigación adicional.*

*La inflamabilidad es un término para describir la reacción para las características de fuego de una madera. No puede ser representado por un valor solo, cuando algunos parámetros están involucrados (Quintiere1997). Los Métodos de valoración de inflamabilidad son fundamentales en la revisión y la evaluación de materiales retardantes de fuego. La mayoría de las pruebas de fuego usan equipos y ensayos que determinen algunos de los parámetros de combustión que marcan las propiedades de materiales. [10 y 11].*

*Tomando en cuenta que el país entra en un proceso de homologación de productos para mejorar la seguridad y competitividad de su producción, la industria carrocera debe certificar sus modelos de carrocería de acuerdo con el tipo de chasis homologado para el transporte de pasajeros. Por ello se busca la implementación de mecanismos y procedimientos que hagan productos de mejor calidad, que reduzcan sus costos de producción e impongan una tendencia al ahorro de recursos.*

*Por ello las empresas están constantemente rediseñando ciertas partes de sus carrocerías y una de estas son los materiales utilizados en el interior de la carrocería, y según la Norma Técnica Ecuatoriana INEN NTE 1323, los materiales deben cumplir con un índice de inflamabilidad de máximo 250 mm/min. [13].*



*En el Ecuador no existen empresas que justifiquen el valor de índice de inflamabilidad de, los materiales compuestos y textiles, puesto que el proceso ni los equipos están definidos en el país, por ello es necesario ir desarrollando materiales compuestos pero con la seguridad y confiabilidad del caso tanto en las propiedades físicas, químicas y mecánicas. Cabe recalcar que para el proceso de homologación y matriculación de todos los vehículos de transporte para personas en el Ecuador se tiene que certificar las unidades según las especificaciones técnicas de la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1323. La empresa que certifica sus materiales en Sudamérica es PROQUINAL y la mayoría de índices de inflamabilidad están en un rango de 150 a 200 mm/min. [20].*

*Con el análisis y determinación de estos índices de inflamabilidad las empresas podrán obtener la certificación y homologación de sus modelos y por ende ser más competitiva a nivel nacional e internacional, mediante la certificación de la Agencia Nacional De Tránsito ANT.*

*Efectivamente, hoy en día los autobuses son indispensables en la vida diaria de las personas, debido a la gran movilidad y servicio que necesitan en sus diversas ocupaciones. Cada día es mayor el número de ciudades que confían en la carrocería del autobús para resolver sus problemas de transporte. Es por esto que en el Ecuador específicamente en la ciudad de Ambato se forman empresas dedicadas a desarrollar, diseñar e investigar los diferentes componentes que forman una carrocería.*

*Con la cámara de combustión para el ensayo de inflamabilidad de materiales según la norma ISO 3795 y/o FMVSS 302, se desarrollará la investigación, además puede ser usada por el Centro de Apoyo al Desarrollo Metalmecánico CADME, para certificar materiales en el sector carrocerero y por ende para certificar carrocerías a nivel nacional. El equipo tiene otras aplicaciones dentro del campo de laboratorios de Física, Química y Materiales para ingeniería, por ende puede ser usado en múltiples investigaciones aplicadas.*

#### OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

##### Objetivo General:

*Determinar índices de inflamabilidad (comportamiento frente al fuego) de materiales utilizados en la fabricación del interior de carrocerías metalmecánicas de la ciudad de Ambato.*

##### Objetivo(s) específico(s):

- Analizar el proceso y equipo de ensayo para establecer el comportamiento frente al fuego de materiales compuestos y materiales textiles, utilizados en la fabricación del interior de carrocerías, detallados en las especificaciones técnicas de la norma ISO 3795 y FMVSS 302.*
- Determinar el índice de inflamabilidad de los materiales compuestos de la resina Anderpool 836 Poliéster Insaturada Pre acelerada y Tixotrópica y fibra de vidrio; Pranna Poliéster Flexible, Textil a base de Vinilo para piso y madera, utilizados en la fabricación del interior de carrocerías usando la norma ISO 3795 y FMVSS 302.*
- Evaluar los índices de inflamabilidad de los materiales, con los valores establecidos en la Norma NTE INEN 1323 para determinar medidas de control de los materiales ensayados que no cumplan con la normativa y legislación especificada.*



FUNDAMENTACION CIENTIFICO TÉCNICA

*En la ciudad de Ambato una de las industrias más importantes es la carrocera que por competitividad está obligado a cambiar sus estrategias de producción y estrategias comerciales centrando sus esfuerzos en el proceso de homologación de sus modelos según el cumplimiento de los Reglamentos Técnicos Ecuatorianos INEN RTE 038, 041, 043 y las Normas Técnicas Ecuatorianas INEN NTE 034, 1323, 1155, 1669. Trabajando con el cumplimiento de los requerimientos técnicos de las normas y reglamentos internacionales, para ello la industria mejora su calidad, productividad y así lograr competitividad nacional e internacional. [13].*

*Las industrias priorizadas en el sector de la manufactura de Tungurahua, son Textiles, prendas de vestir, Curtido y adobo de cueros, papel y productos, substancias y productos químicos, caucho y de plástico, elaborados de metal, maquinaria y equipo, vehículos automotores, remolques y semirremolques, equipo de transporte, muebles.*

*Por ello es necesario que el país y el sector carrocerero realicen pruebas y ensayos para garantizar que los materiales que se usan en el diseño y construcción de carrocerías metalmecánicas sean seguros y ofrezcan un grado de seguridad óptimo.*

*La caracterización del comportamiento ante el fuego de los materiales, estará determinado según las normas y reglamentos:*

- *Norma Federal de Seguridad para Vehículos a Motor (FMVSS) N.º 302*
- *Norma ISO 3795 Determinación de la combustión de los materiales empleados en el interior de vehículos. [16].*
- *Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el trabajo NTP 39: Resistencia ante el fuego de elementos constructivos.*
- *Reglamento no 118 de la Comisión Económica para Europa (CEPE) de las Naciones Unidas: Prescripciones técnicas uniformes relativas al comportamiento frente al fuego de los materiales utilizados en la fabricación del interior de determinadas categorías de vehículos de motor.*
- *Reglamento Técnico Mercosur sobre Inflamabilidad de los Materiales MERCOSUR/GMC/RES. N.º 36/01*
- *Normas: NFPA 101 Código de Seguridad Humana Edición 2000, NFPA 260 estándar métodos de pruebas y clasificación sistema para cigarrillo encendido resistencia de los componentes de Tapizado muebles Edición 1998, NFPA 921 Guía para la Investigación de Incendios y Explosiones Edición 2001. [17, 18 y 19].*

*Una de las investigaciones más ajustadas al planteado en este estudio, es la realizada en la Maestría en Diseño Mecánico por el Ing. Christian Castro en la Universidad Técnica de Ambato mediante la investigación "ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO FRENTE AL FUEGO DE LOS MATERIALES UTILIZADOS EN LA FABRICACIÓN DEL INTERIOR DE CARROCERÍAS Y SU INCIDENCIA EN LA HOMOLOGACIÓN DE MODELOS Y COMPETITIVIDAD DE LA EMPRESA INDUSTRIA METÁLICA CEPEDA" el cual propone obtener y caracterizar los índices de inflamabilidad de materiales utilizados en esa empresa.*

*Los índices resultantes en esta investigación fueron del Material compuesto fibra de vidrio con matriz Resina POLYLITE 32800-80 es de 27,29 mm/min, Pranna Poliéster Flexible es de 00 mm/min y Textil a Base de Vinilo para Piso es de 00 mm/min debido a que la llama no avanza y no alcanza el primer punto de medición. La llama se extingue al retirar el mechero, por ende el material se considera auto extingible, debido a que la llama no es auto extingible y se produce goteo. [13].*

*Las pruebas de Inflamabilidad de polímeros también pueden ser determinadas por el método de calorímetro de cartucho de acuerdo con la Norma ISO 5660 estándar 1.2002, usando unos instrumentos de dispositivos de análisis Eléctricos. Estos instrumentos son usados para pruebas de*

materiales en relación con sus características. [2 y 3].

Otra investigación importante es la realizada por Laura Lowden en su publicación en Fire Science en la cual se analiza el Comportamiento de inflamabilidad de la madera y una evaluación de los métodos para su reducción siendo un término para describir la reacción para las características de fuego de una madera. No puede ser representado por un solo valor, cuando algunos parámetros están involucrados. Los Métodos de valoración de inflamabilidad son fundamentales en la revisión y la evaluación de materiales retardantes de fuego. La mayoría de las pruebas de fuego usan equipos y ensayos que determinen algunos de los parámetros de combustión que marcan las propiedades de materiales. [10 y 11].

Tabla2. Rangos de Temperatura de la pirolisis y combustión de la madera

Rango de Temperatura	Procesos de Descomposición
> 100 °C	La evaporación del agua químicamente sin consolidar
160-200 °C	Los tres componentes poliméricos de madera empiezan a descomponerse lentamente. Los gases formados en este estado son no combustibles (solo H <sub>2</sub> O)
200-225 °C	La pirolisis de la madera es aún muy lenta, y la mayoría de los gases producidos son no combustibles
225-275 °C	La pirolisis principal empieza y la flama de combustión ocurriría con la contribución de la flama piloto.
280-500 °C	Los gases producidos ahora son volátiles (CO, Metano, etc.) y las partículas de humo son visibles. Las formas de quemadura como la estructura de la madera se destruyen.
> 500 °C	La producción volátil es completada. La quemadura continúa a fuego lento y se oxida para formar CO, CO <sub>2</sub> y H <sub>2</sub> O.

## METODOLOGÍA

### PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS

#### PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN RECOLECTADA.

Para el análisis de la información recolectada mediante los ensayos realizados se usarán métodos gráficos (gráficos de barras o pasteles utilizando Microsoft Excel) puesto que un gráfico muestra de una forma más técnica la información y por ende facilita nuestro estudio. Además de un análisis estadístico para determinar índices de inflamabilidad.

Tablas, Fichas de recolección de información, fotografías y planos que permitirán la tabulación de los datos de acuerdo a los parámetros de los requerimientos de las normas. Datos estadísticos de los diferentes resultados de los ensayos de Inflamabilidad. [16].

- Se determinará el proceso y tipo de ensayo de acuerdo a la norma ISO 3795 Y FMVSS 302
- Se elaboraran o fabricaran las probetas bajo la referencia de las normas aplicables.
- Se someterán a ensayo cinco muestras en caso de un material isotrópico, o diez muestras en el caso de un material no isotrópico (cinco para cada dirección).
- Las muestras deberán tomarse y situarse en el aparato de ensayo de forma que pueda medirse el índice de combustión más elevado.
- Antes de comenzar el primer ensayo, la llama deberá arder al menos durante 1 minuto para que se estabilice.
- Deberá introducirse el portamuestras en la cámara de combustión de forma que el extremo de la muestra quede expuesto a la llama, y se cortará el gas al cabo de 15 segundos.
- La medición del tiempo de combustión comienza en el momento en el que la base de la llama pasa por delante del primer punto de medición.





- *Obsérvese la propagación de la llama por el lado que arde con mayor rapidez.*
- *Si la muestra no se inflama o no sigue ardiendo después de apagar el quemador, o si la llama se extingue antes de alcanzar el primer punto de medición, de forma que no se pueda llegar a medir el tiempo de combustión, deberá anotarse en el acta de ensayo que el índice de combustión es 0 mm/min.*
- *Cuando se lleven a cabo una serie de ensayos o se repitan estos, deberá garantizarse que la temperatura de la cámara de combustión y del portamuestras es inferior a 30°C antes de comenzar el próximo ensayo. [13].*

#### **ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.**

*Los materiales propuestos se analizarán mediante un ensayo para combustión según la norma ISO 3795, la cual se aplica en los laboratorios de la Universidad Técnica de Ambato, en la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica.*

*Se analizarán los resultados de los ensayos preliminares concernientes a la selección del tipo de material estudiado. El comportamiento del material ante el fuego, la evaluación de la Resistencia al Fuego se basa en el tiempo (minutos u horas) que el material o configuración soporta la exposición al incendio.*

*Finalmente se tabularán todos los resultados y se sacará las conclusiones y recomendaciones pertinentes para el análisis e interpretación de los resultados.*

#### **RESULTADOS ESPERADOS**

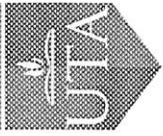
*Al realizar la investigación se determinará el proceso y equipo de ensayo para el análisis del comportamiento frente al fuego de materiales compuestos y materiales textiles, utilizados en la fabricación del interior de carrocerías utilizando bibliografía especializada.*

*Se determinará los índices de inflamabilidad (comportamiento frente al fuego) de materiales compuestos de la resina Anderpool 836 Poliéster Insaturada Pre acelerada y Tixotrópica y fibra de vidrio; Pranna Poliéster Flexible, Textil a base de Vinilo para piso y madera, utilizados en la fabricación del interior de carrocerías metalmecánicas de la ciudad de Ambato, usando la norma ISO 3795 y FMVSS 302*

*Se evaluarán los índices de inflamabilidad de los materiales, con los valores establecidos en la Norma NTE INEN 1323 para determinar medidas de control de los materiales ensayados que no cumplan con la normativa y legislación especificada.*

*Con los valores establecidos de los índices de inflamabilidad las empresas carroceras verificarán si sus materiales utilizados cumplen con los requerimientos y parámetros establecidos en la Norma NTE INEN 1323, que es necesaria para el proceso de homologación de unidades en la Agencia Nacional De Tránsito ANT.*

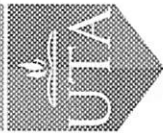
*En las industrias priorizadas de la provincia de Tungurahua se nota aún procesos manuales en la transformación de bienes, poca creación de maquinaria específica para la labor de la industria y poca aplicación de normas en sus procesos productivos*



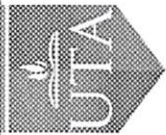
**D. FINANCIAMIENTO**

**PRESUPUESTO ANUAL**

INFORMACIÓN DETALLADA DE LOS PRODUCTOS						
CODIGO CATEGORIA CPC A NIVEL 8	Tipo Compra (Bien, obra, servicio o consultoría)	Detalle del Producto (Descripción de la contratación)	Cantidad Anual	Unidad (metros, litros etc)	Costo Unitario (Dólares)	Cuatrimestre 1 Cuatrimestre 2 Cuatrimestre 3
	Bien	<b>Equipo para inflamabilidad</b> Material: Acero inoxidable 304 L Principio de medición: Prueba Horizontal de inflamabilidad. Dimensiones: alto 390 mm, ancho 450 mm, profundidad 205 mm. Diámetro Mechero Bunsen de 9,5 mm y 10 mm suministrado. Puerta: frontal con cristal térmico, y tapa superior desmontable. Peso del equipo: 28 Kg. Un porta probeta y una bandeja. Portamuestras opcionales FMVSS e ISO 3795	1	Unidad	7000,00	S
	Bien	<b>Cronómetro digital</b> Cronómetro profesional de alta precisión con LCD digital y tamaño de bolsillo. Visualización de fecha/día: hora, minuto, segundo, mes, día y fecha. Material de plástico. Cronómetro: 1/100 segundos por 30 minutos, 1 segundo hasta 24 horas. Modo de visualización 12/24 horas. Peso: 0.2 Kg Aprox. Alimentación: Adaptador 9-12 Volts dc Dimensiones: 73.0x54.0x17.0 mm	1	Unidad	80,00	S



Bien	<b>Probetas</b> Cinco por cada material analizado, para las muestras de anchura comprendida entre 60 y 100 mm, la longitud deberá ser como mínimo de 138 mm (En Norma: 356 mm) El espesor no deberá superar los 13 mm en textiles.	100	Unidad	20,00	S	
Bien	<b>Cilindro de gas doméstico</b> Tanque de acero al carbono, que contiene gas licuado de petróleo GLP de 15 Kg. Con válvula y regulador de flujo, manguera 2000 mm de longitud más dos abrazaderas.	1	Unidad	120,00	S	
Bien	<b>Cámara digital</b> Un sensor de 12.1 megapíxeles Una pantalla LCD de 2.8 pulgadas 11.4 MB de memoria interna, con opción para memoria externa con conexión USB 2.0 y salida de televisión. Formato de imágenes JPEG Resolución de vídeo de 848 x 480 Selector automático de escena, Zoom óptico de hasta 4 aumentos Dimensiones de 100 x 60 x 21.2 mm Peso aproximado de 165 gramos	1	Unidad	280,00	S	
Bien	<b>Sierra cortadora para probetas</b> Sierra eléctrica 110V, Cortadora Oscilante con cabeza rotatoria. Con una sierra de 6" para madera, SIERRA con una Manija que gira completamente 180° con cinco paradas positivas en 0, 45 ° y 90 ° a la izquierda, y 45 ° y 90 ° derecha. Tiene un potente motor de 6 amperios con un gatillo de velocidad variable	1	Unidad	170,00	S	



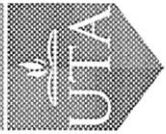
		Hoja de 1/2 " blade chuck twist-lock Gatillo para velocidad variable.							
Bien		Bibliografía especializada Norma ISO 3795, consultas bibliográficas	1	Unidad	120,00	S			
Bien		Flexómetro Flexómetro de 3000 mm de longitud, con escalas en mm, cm, pulgadas, pies	1	Unidad	10,00	S			
Bien		Transporte Desde la UTA FICM a las diferentes empresas carróceras de la ciudad de Ambato	24	Unidad	5,00			S	
Servicio		Publicación de artículo científico	1	Unidad	1500,00				S

Marcar con una S en el cuatrimestre que va a comprar y/o contratar: cuatrimestre 1 corresponde a enero-abril; cuatrimestre 2 corresponde a mayo-agosto; y cuatrimestre 3 corresponde a septiembre-diciembre.

  
Ing. Cristian Castro  
Coordinador del Proyecto







PRESUPUESTO ANUAL (La codificación de las Partidas Presupuestarias serán colocada por el personal de la Entidad Operativa Desconcentrada de la DIDE)

RECURSOS FÍSICOS Y BIBLIOGRÁFICOS

Partida Presupuestaria	DETALLE DEL PRODUCTO (Descripción de la contratación)	CANTIDAD ANUAL (2a)	COSTO UNITARIO (2b)	TOTAL (2a)*(2b)	Valor Solicitado	Contraparte	Otros
	<p><b>Equipo para inflamabilidad</b> Material: Acero inoxidable 304 L Principio de medición: Prueba Horizontal de inflamabilidad. Dimensiones: alto 390 mm, ancho 450 mm, profundidad 205 mm. Diámetro Mechero Bunsen de 9,5 mm y 10 mm suministrado. Puerta: frontal con cristal térmico, y tapa superior desmontable. Peso del equipo: 28 Kg. Un porta probeta y una bandeja. Portamuestras opcionales FMVSS e ISO 3795</p>	1	7000,00	7000,00	7000,00		
	<p><b>Cronómetro digital</b> Cronómetro profesional de alta precisión con LCD digital y tamaño de bolsillo. Visualización de fecha/día: hora, minuto, segundo, mes, día y fecha. Material de plástico. Cronómetro: 1/100 segundos por 30 minutos, 1 segundo hasta 24 horas. Modo de visualización 12/24 horas. Peso: 0.2 Kg Aprox. Alimentación: Adaptador 9-12 Volts dc Dimensiones: 73.0x64.0x17.0 mm</p>	1	80,00	80,00	80,00	80,00	

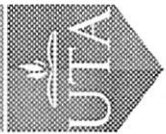


**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO**  
**FORMULARIO PARA PRESENTACIÓN DE PROYECTOS DE I+D**



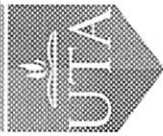
investigacion.uta.edu.ec

<b>Próbetas</b> Cinco por cada material analizado, para las muestras de anchura comprendida entre 60 y 100 mm, la longitud deberá ser como mínimo de 138 mm (En Norma: 356 mm) El espesor no deberá superar los 13 mm en textiles.	100	20,00	2000,00	2000,00	2000,00
<b>Cilindro de gas doméstico</b> Tanque de acero al carbono, que contiene gas licuado de petróleo GLP de 15 Kg. Con válvula y regulador de flujo, manguera 2000 mm de longitud más dos abrazaderas.	1	120,00	120,00	120,00	120,00
<b>Cámara digital</b> Un sensor de 12.1 megapíxeles Una pantalla LCD de 2.8 pulgadas 11.4 MB de memoria interna, con opción para memoria externa con conexión USB 2.0 y salida de televisión. Formato de imágenes JPEG Resolución de video de 848 x 480 Selector automático de escena, Zoom óptico de hasta 4 aumentos Dimensiones de 100 x 60 x 21.2 mm Peso aproximado de 165 gramos	1	280,00	280,00	280,00	280,00
<b>Sierra cortadora para próbetas</b> Sierra eléctrica 110V, Cortadora Oscilante con cabeza rotatoria. Con una sierra de 6" para madera, SIERRA con una Manija que gira completamente 180° con cinco paradas positivas en 0, 45 ° y 90 ° a la izquierda, y 45 ° y 90 ° derecha. Tiene un potente motor de 6 amperios con un gatillo de velocidad variable Hoja de 1/2 " blade chuck twist-lock Gatillo para velocidad variable.	1	170,00	170,00	170,00	170,00



Bibliografía especializada Norma ISO 3795, consultas bibliográficas	1	120,00	120,00	120,00	
Flexómetro Flexómetro de 3000 mm de longitud, con escalas en mm, cm, pulgadas, pies	1	10,00	10,00	10,00	
<b>TOTAL RECURSOS FISICOS Y BIBLIOGRAFICOS</b>					
				9780,00	9780,00





# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

## DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO

### FORMULARIO PARA PRESENTACIÓN DE PROYECTOS DE I+D

investigacion.uta.edu.ec



PRESUPUESTO ANUAL (La codificación de las Partidas Presupuestarias será colocada por el personal de la Entidad Operativa Desconcentrada de la DIDE)

#### SERVICIOS ESPECIALIZADOS

Partida Presupuestaria	DETALLE DEL PRODUCTO (Descripción de la contratación)	CANTIDAD ANUAL (3a)	COSTO UNITARIO (Dólares) (3b)	TOTAL (3a)*(3b)	Valor Solicitado	Contraparte	Otros
	Publicación de artículo científico	1	1500,00	1500,00	1500,00		
	Mobilización Empresas Carroceras Desde la UTA FICM a las diferentes empresas carroceras de la ciudad de Ambato	24	5,0	120,00	120,00		
<b>TOTAL SERVICIOS ESPECIALIZADOS</b>				<b>1620</b>	<b>1620</b>		

#### RESUMEN

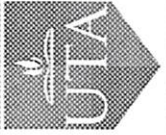
Total	Costo total	Valor Solicitado (2)	Contraparte (1)	Otros(3)
Recursos humanos	19200,00	0	19200,00	
Recursos físicos y bibliográficos	9780,00	9780,00		
Servicios especializados	1620,00	1620,00		
<b>TOTAL</b>	<b>30600,00</b>	<b>11400,00</b>	<b>19200,00</b>	

(1)Financiamiento de la Facultad

(2)Financiamiento de la DIDE

(3)Financiamiento de una Institución auspiciante, en una hoja adicional explicar el detalle del auspicio

*[Firma]*  
 Ing. Christian Castro  
 Coordinador del Proyecto



E. CRONOGRAMA

CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

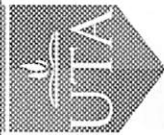
Este cronograma es un resumen sobre la ejecución del proyecto en el tiempo, el cual debe guardar una secuencia lógica de los plazos en los cuales se realizarán las actividades para cada uno de los objetivos específicos del proyecto.

Proyecto	Año 1												Año 2		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
<b>Objetivo Específico 1</b>															
Actividad 1.1 Recolección de la Información	X														
Actividad 1.2 Determinación del procedimiento en laboratorio		X													
Actividad 1.3 Movilización Empresas Carceras			X	X											
Actividad 1.4 Adquisición de Muestras para Probetas					X										
Actividad 1.5 Adquisición de Sierra cortadora					X										
Actividad 1.6 Adquisición de Cámara digital y flexómetro					X										
<b>Objetivo Específico 2</b>															
Actividad 2.1 Adquisición de Equipo de Inflamabilidad					X										
Actividad 2.2 Elaboración de probetas					X	X									
Actividad 2.3 Adquisición de Cilindro para gas					X										
Actividad 2.4 Adquisición de Cronómetro Digital					X										
Actividad 2.5 Realización de ensayos					X	X	X								
Actividad 2.6 Analisis y determinación de índices de inflamabilidad								X	X						
<b>Objetivo Específico 3</b>															
Actividad 3.1 Elaboración de informe final									X	X					
Actividad 3.2 Publicación de artículo											X				

CRONOGRAMA VALORADO

*Ing. Christian Costas  
Coordinador del Proyecto.*





UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO

FORMULARIO PARA PRESENTACIÓN DE PROYECTOS DE I+D

investigacion.uta.edu.ec



Indicar el valor en dólares de cada actividad programada, distribuyendo el valor solicitado que aparece en el cronograma de actividades.

Proyecto	Año 1														Año 2		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14			
<b>Objetivo Específico 1</b>																	
Actividad 1.1 Recolección de la Información	0																
Actividad 1.2 Determinación del procedimiento en laboratorio	0																
Actividad 1.3 Movilización Empresas Carroceras		120															
Actividad 1.4 Adquisición de Muestras para Probetas				2000													
Actividad 1.5 Adquisición de Sierra cortadora					140												
Actividad 1.6 Adquisición de Cámara digital y flexómetro					290												
<b>Objetivo Específico 2</b>																	
Actividad 2.1 Adquisición de Equipo de Inflamabilidad					7000												
Actividad 2.2 Elaboración de probetas					150												
Actividad 2.3 Adquisición de Cilindro para gas						120											
Actividad 2.4 Adquisición de Cronómetro Digital						80											
Actividad 2.5 Realización de ensayos						0											
Actividad 2.6 Análisis y determinación de índices de inflamabilidad										0							
<b>Objetivo Específico 3</b>																	
Actividad 3.1 Elaboración de informe final																	
Actividad 3.2 Publicación de artículo										0						1500	
	0	120	0	2000	7580	200	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1500	

Únicamente se debe considerar el financiamiento solicitado a la DIDE.



**F. SOSTENIBILIDAD**

*La Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, a través de la Carrera de Ingeniería Mecánica y con el Centro de Apoyo al Desarrollo Metalmecánico CADME con el resultado de la investigación podrá ejecutar planes de capacitación al sector carrocerero sobre el proceso de homologación, podrá certificar el uso de los materiales utilizados en la fabricación del interior de carrocerías.*

*Al finalizar la investigación el sector carrocerero a nivel nacional podrá certificar sus materiales utilizados en el interior de carrocerías e inmediatamente continuar con el proceso de certificación de modelos para la homologación vehicular por medio del CADME para presentarlos en la Agencia Nacional de Tránsito ANT.*

*Las empresas carroceras se verán beneficiadas al poder desarrollar diseño y desarrollo de los diferentes tipos de materiales compuestos, polímeros, textiles, vinilos, etc, para interiores de carrocerías brindando seguridad y sobre todo que cumplan con los requisitos y parámetros establecidos en las Normas.*

*En los laboratorios de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica se puede utilizar el equipo la cámara de combustión para investigaciones relacionadas a la ingeniería del fuego y para laboratorios de Física, Química, Desarrollo de nuevos materiales compuestos.*



G. **BENEFICIARIOS DEL PROYECTO**

**BENEFICIARIOS DIRECTOS**

*Proyectos de Investigación Aplicada o Desarrollo Experimental*

*Al realizarse la investigación los beneficiarios directos son las empresas que realizan diseño y construcción de carrocerías puesto que es una exigencia por medio de la normativa NTE INEN 1323 que cumplan un valor máximo de índices de inflamabilidad de los materiales utilizados en la construcción del interior de carrocerías los mismos tienen que ser certificados por organismos tales como el CADME, CCICEV, ANT.*

*Según la Cámara Nacional de Fabricantes de Carrocerías concede en Ambato existen 80 empresas afiliadas a la cámara las cuales se encuentran en los procesos pertinentes a la homologación vehicular de sus modelos de carrocerías. Entonces serían aproximadamente 80 empresas beneficiadas con la investigación, además de ello se encuentran alrededor de 20 empresas informales desarrollando y construyendo carrocerías solo en la ciudad de Ambato.*

*Las empresas que diseñan y desarrollan materiales compuestos a base de algún tipo de resina poliéster reforzada con fibras, también serán beneficiadas puesto que podrán certificar sus materiales en cuanto tiene que ver en su comportamiento frente al fuego de acuerdo al Reglamento Técnico Ecuatoriano RTE INEN 1323.*

*Todos los pasajeros que usen el servicio de transporte público y privado, debido a que los materiales usados en la fabricación de interiores de carrocerías tendrán materiales certificados en cuanto a la resistencia frente al fuego de acuerdo al Reglamento Técnico Ecuatoriano RTE INEN 1323, cuando existiese un incendio.*

**BENEFICIARIOS INDIRECTOS**

*Serán beneficiarios indirectos las empresas y personas que importan y exportan materiales textiles, vinílicos, poliméricos, compuestos; puesto que están sujetos a la certificación de sus productos para la construcción del interior de carrocerías. Además en la industria aeronáutica es un requerimiento especial debido al grado de estudios y desarrollos derivados de la seguridad industrial.*

*Los investigadores y estudiantes que deseen desarrollar o implementar estudios sobre materiales y su certificación en cuanto al comportamiento de los materiales ante el fuego. Además se utilizará la cámara de combustión para investigaciones y prácticas de laboratorio en la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, en el Centro de Apoyo al Desarrollo Metalmecánico CADME, para los procesos de homologación vehicular.*

*Todos los pasajeros que usen el servicio de transporte público y privado, debido a que los materiales usados en la fabricación de interiores de carrocerías tendrán materiales certificados en cuanto a la resistencia frente al fuego, cuando existiese un incendio.*

*Las empresas autopartistas involucradas en el sector carrocerero que utilizan como materias primas materiales textiles, vinílicos y polímeros serán también beneficiarios para el desarrollo y construcción de sus productos y para poder calificar como proveedores certificados para el sector carrocerero.*



**H. FACILIDADES DE TRABAJO**

---

*La investigación se la desarrollara tanto en los laboratorios de Materiales de la Carrera de Ingeniería Mecánica de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato; ya que se cuenta con las condiciones ambientales necesarias para los ensayos que se deben realizar para el análisis y determinación de los índices e inflamabilidad de los materiales; así también en los laboratorios del Centro de Apoyo al Desarrollo Metalmecánico CADME, puesto que sirve para el proceso de certificación de modelos de las empresas Carroceras.*

**I. ASPECTOS BIOÉTICOS Y SOCIALES**

---

*No aplicable al presente proyecto.*



J. REFERENCIAS CITADAS

- [1]. Grazyna Janowska, Agnieszka Kucharska Jastrzabek, Przemysław Rybinski, Dorota Wesolek, Iwona Wójcik. Flammability of diene rubbers. *J Therm Anal Calorim.* 2010;102:1043-1049. Springerlink.com
- [2]. Dabrowski W, Majewski K. Flammability of butadiene–acrylonitrile rubbers. *J Therm Anal Calorim.* 2004;75:249. Springerlink.com
- [3]. Janowska G, Rybinski P, Krauze S. The effect of the curing agent type on the flammability of butadiene–acrylonitrile rubbers. *Polimery.* 2006;51:735. Springerlink.com
- [4]. Rybinski P, Janowska G, Jozwiak M. Thermal stability and flammability of styrene –butadiene rubber (SBR) composites. *J Therm Anal Calorim.* 2013;113:43–52. Springerlink.com
- [5]. Rybinski P, Janowska G, Jozwiak M, Pajak A. Thermal properties and flammability of nanocomposites based on diene rubbers and naturally occurring and activated halloysite nanotubes. *J Therm Anal Calorim.* 2012;107:1243–9. Springerlink.com
- [6]. Rybinski P, Janowska G, Jozwiak M, Pajak A. Thermal stability and flammability of butadiene–styrene rubber nanocomposites. *J Therm Anal Calorim.* 2012;109(2):561–71. Springerlink.com
- [7]. Rybinski P, Janowska G. Thermal properties and flammability of nanocomposites based on nitrile rubbers and activated halloysite nanotubes and carbon nanofibers. *Thermochim Acta.* 2012;549: 6–12. Springerlink.com
- [8]. Rybinski P, Janowska G, Jozwiak M, Dobrzynska R, Kucharska A. Effect of halogenless flame retardants on the thermal properties, flammability, and fire hazard of cross-linked EVM/NBR rubber blends. *J Therm Anal Calorim.* 2014;115:771–782. Springerlink.com
- [9]. Pajak A, Rybinski P, Janowska G, Kucharska A. The thermal properties and the flammability of pigmented elastomeric materials. *J Therm Anal Calorim.* 2014; DOI 10.1007/s10973-014-3739-x. Springerlink.com
- [10]. Shonali Nazaré\*, Rick D Davis and Kathryn Butler. Assessment of factors affecting fire performance of mattresses: a review. *Nazaré et al. Fire Science Reviews* 2012, 1:2. Springerlink.com
- [11]. Laura Anne Lowden\* and Terence Richard Hull. Flammability behaviour of wood and a review of the methods for its reduction. *Lowden and Hull Fire Science Reviews* 013, 2:4. Springerlink.com
- [12] *Troitzsch, Jurgen, (1990), Plastics Flammability Handbook Principles, Regulations, Testing, and Approval, Tercera Edición, Hancer, Canada.*
- [13] *Castro, Christian, (2014), Tesis Magister: “Estudio del comportamiento frente al fuego de los materiales utilizados en la fabricación del interior de carrocerías y su incidencia en la homologación de modelos y competitividad de la empresa Industria Metálica Cepeda.”, Universidad Técnica De Ambato, Ecuador*
- [14] *Shaw, James R., (2002), “Fire-Retardant and Flame-Resistant Treatments of Cellulosic Materials”, NFPA Fire Protection Handbook, 18ª Edición, Cap. 4.*
- [15] *Reglamento no 118 de la Comisión Económica para Europa (CEPE) de las Naciones Unidas, (2005), Prescripciones técnicas uniformes relativas al comportamiento frente al fuego de los materiales utilizados en la fabricación del interior de determinadas categorías de vehículos de motor.*
- [16] *Norma Federal de Seguridad para Vehículos a Motor (FMVSS) N.º 302 (1991). ISO 3795, U.S. Department of Transportation.*



[17] NFPA 101 Código de Seguridad Humana, National Fire Protection Association, Edición 2000, Instituto Argentino de Normalización IRAM.

[18] NFPA 921 Guía para la Investigación de Incendios y Explosiones, National Fire Protection Association, Edición 2001, Asociación de Investigación para la Seguridad de Vidas y Bienes, Madrid.

[19] NFPA 260 Standard Methods of Tests and Classification System for Cigarette Ignition Resistance of Components of Upholstered Furniture, National Fire Protection Association, Edición 1998, Massachusetts

[20] Fire Testing Technology, FTT

Link: <http://www.fire-testing.com/main/spanish/fmvss-302>

[21] Cámara Nacional de Fabricantes de Carrocerías del Ecuador (CANFAC)

Link: <http://canfacecuador.com/index.php/contactus/resoluciones>







**K. DECLARACIÓN FINAL**

El grupo de investigadores, representado por el Coordinador del Proyecto de Investigación, de forma libre y voluntaria declaran lo siguiente:

- Que el proyecto descrito en este documento es una obra original, cuyos autores forman parte del grupo de investigadores y por lo tanto asumimos la completa responsabilidad legal en el caso de que un tercero alegue la titularidad de los derechos intelectuales del proyecto, exonerando a la Dirección de Investigación y Desarrollo, DIDE, de cualquier acción legal que se derive por esta causa.
- Que el presente proyecto no causa perjuicio alguno al ambiente y no transgrede norma ética alguna, y que en el caso de que la investigación requiera de permisos previo a su ejecución, el Coordinador del Proyecto remitirá una copia certificada de los mismos a la DIDE.
- De otorgarse financiamiento por la DIDE para la ejecución del proyecto, aceptamos que los bienes adquiridos con estos fondos permanecerán bajo la responsabilidad del grupo de investigación y de la Facultad postulante durante la ejecución del proyecto, pero la DIDE se reserva el derecho de determinar el destino final de los mismos, una vez finalizado el proyecto.
- Aceptamos que si el proyecto se accede a financiamiento de la DIDE y como parte de los resultados del mismo se genera algún producto o procedimiento susceptible de obtener derechos de propiedad intelectual, de los cuales se deriven beneficios, éstos serán compartidos por la DIDE, la Facultad postulante, la(s) instituciones que compartieron la investigación y el grupo de investigadores, en los términos definidos en el respectivo convenio específico.

Lugar y fecha: Ambato, 11 de Abril del 2016

Christian Byron Castro Miniguano  
Nombres y Apellidos  
Coordinador de Proyecto



Dr. Vinicio Jaramillo  
Coordinador de la UODIDE FICM

Ing. MsC Francisco Pazmiño  
Decano Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica



# ANEXO B



Centro de Fomento Productivo  
Metalmeccánico Carrocero



Honorable Gobierno  
Provincial de Tungurahua

## RECEPCIÓN E IDENTIFICACIÓN DE MUESTRAS

<b>Informe N°:</b> 180416255820170516-EFC	
<b>DATOS DEL CLIENTE</b>	
<b>Empresa / Cliente:</b> Sr. German Suqui	
<b>DIRECCIÓN:</b> Santa Lucia.-Tisaleo, Tungurahua	
<b>NÚM. DE CEDULA / RUC:</b> 1804746699	<b>TELÉFONO:</b> 00987983395
<b>E-MAIL:</b> germansuqui18@hotmail.com	

<b>DATOS INFORMATIVOS</b>
<b>Laboratorio:</b> Resistencia de Materiales.
<b>Designación del material:</b> Madera Plywood y Madera Plywood Marino.
<b>Método de ensayo:</b> ASTM D143-2015

### Configuración del ensayo:

ENSAYO FLEXIÓN						
N°	Tamaño de madera	Tipo de madera	Resistencia al doblado	Contenido de humedad	Método de Fabricación	Probetas a Ensayar
1	12 mm	Playwood o Contrachapado	55.3 N/mm <sup>2</sup>	15.2 %	Manual	7
2	15 mm	Playwood o Contrachapado	55.3 N/mm <sup>2</sup>	15.2 %	Manual	7
3	12 mm	Playwood Marino	44.9 N/mm <sup>2</sup>	9.7%	Manual	7
4	15 mm	Playwood Marino	44.9 N/mm <sup>2</sup>	9.7%	Manual	7
<b>TOTAL</b>						<b>28</b>

**Nota:** Las probetas para flexión fueron realizadas mediante la norma, realizando la señalización y corte en las maderas seleccionadas una vez realizados los cortes se procedió a lijar los filos para evitar cualquier corte o astillamiento del material de acuerdo a la especificación y declaración del cliente.





No.	No. DE MUESTRA	DESCRIPCIÓN	FECHAS	
			RECEPCIÓN	ENSAYO
1	180416255820170516-EFC 01-1	Cumple criterios dimensionales.	17/07/2017	22/07/2017
2	180416255820170516-EFC 01-2	Cumple criterios dimensionales	17/07/2017	22/07/2017
3	180416255820170516-EFC 01-3	Cumple criterios dimensionales	17/07/2017	22/07/2017
4	180416255820170516-EFC 01-4	Cumple criterios dimensionales	17/07/2017	22/07/2017
5	180416255820170516-EFC 01-5	Cumple criterios dimensionales	17/07/2017	22/07/2017
6	180416255820170516-EFC 01-6	Cumple criterios dimensionales	17/07/2017	22/07/2017
7	180416255820170516-EFC 01-7	Cumple criterios dimensionales	17/07/2017	22/07/2017
8	180416255820170516-EFC 02-1	Cumple criterios dimensionales	17/07/2017	22/07/2017
9	180416255820170516-EFC 02-2	Cumple criterios dimensionales	17/07/2017	22/07/2017
10	180416255820170516-EFC 02-3	Cumple criterios dimensionales	17/07/2017	22/07/2017
11	180416255820170516-EFC 02-4	Cumple criterios dimensionales	17/07/2017	22/07/2017
12	180416255820170516-EFC 02-5	Cumple criterios dimensionales	17/07/2017	22/07/2017
13	180416255820170516-EFC 02-6	Cumple criterios dimensionales	17/07/2017	22/07/2017
14	180416255820170516-EFC 02-7	Cumple criterios dimensionales	17/07/2017	22/07/2017
15	180416255820170516-EFC 03-1	Cumple criterios dimensionales	17/07/2017	22/07/2017
16	180416255820170516-EFC 03-2	Cumple criterios dimensionales	17/07/2017	22/07/2017
17	180416255820170516-EFC 03-3	Cumple criterios dimensionales	17/07/2017	22/07/2017
18	180416255820170516-EFC 03-4	Cumple criterios dimensionales	17/07/2017	22/07/2017
19	180416255820170516-EFC 03-5	Cumple criterios dimensionales	17/07/2017	22/07/2017
20	180416255820170516-EFC 03-6	Cumple criterios dimensionales	17/07/2017	22/07/2017
21	180416255820170516-EFC 03-7	Cumple criterios dimensionales	17/07/2017	22/07/2017
22	180416255820170516-EFC 04-1	Cumple criterios dimensionales	17/07/2017	22/07/2017
23	180416255820170516EFC 04-2	Cumple criterios dimensionales	17/07/2017	22/07/2017



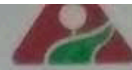
24	180416255820170516-EFC 04-3	Cumple criterios dimensionales	17/07/2017	22/07/2017
25	180416255820170516-EFC 04-4	Cumple criterios dimensionales	17/07/2017	22/07/2017
26	180461381620170529-EFC 04-5	Cumple criterios dimensionales	17/07/2017	22/07/2017
27	180416255820170516-EFC 04-6	Cumple criterios dimensionales	17/07/2017	22/07/2017
28	180416255820170516-EFC 04-7	Cumple criterios dimensionales	17/07/2017	22/07/2017

**DATOS INFORMATIVOS:** De acuerdo a los criterios de aceptación y rechazo las probetas cumplen con el número mínimo de muestras para el ensayo, mas no en las dimensiones. El cliente acepta que se ensaye con estas observaciones.

<b>Elaborado por:</b>	<b>Aprobado por:</b>
Ing. Angel Balseca P.	Ing. Esteban López Espinel
Analista Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC	Director Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC
Cliente	

**NOTA:** LA INFORMACIÓN CONSIGNADA EN ESTE FORMULARIO ES DE EXCLUSIVA RESPONSABILIDAD DEL CLIENTE. POSTERIORMENTE A LA EJECUCIÓN DEL(LOS) ENSAYO(S) NO SE ADMITIRÁ ARREGLOS DE ESTA INFORMACIÓN NI DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS. FAVOR REVISAR ANTES DE SU FIRMA.





**LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES**  
**ENSAYO DE FLEXIÓN DE MATERIALES COMPUESTOS**  
**INFORME N°: 180416255820170516-EFC**

**Designación del material:** Madera Plywood y Madera Plywood Marino.

**Método de ensayo:** ASTM D143-2015.

**Empresa / Cliente:** Sr. German Suqui

**Fecha de Inicio de Ensayo:** 21 de julio de 2017.

**Fecha de Finalización de Ensayo:** 21 de julio de 2017.

Los resultados obtenidos en el presente informe corresponden a ensayos realizados en muestras de materiales compuestos. Las muestras fueron entregadas en el Laboratorio de Resistencia de Materiales del CFPMC del H.G.P. Tungurahua.

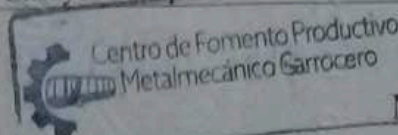
**Número de Probetas cuantificadas**

N°	Tamaño de madera	Tipo de madera	Resistencia al doblado	Contenido de humedad	Método de Fabricación	Probetas a ensayar
1	12 mm	Playwood o Contrachapado	55.3 N/mm <sup>2</sup>	15.2 %	Manual	7
2	15 mm	Playwood o Contrachapado	55.3 N/mm <sup>2</sup>	15.2 %	Manual	7
3	12 mm	Playwood Marino	44.9 N/mm <sup>2</sup>	9.7%	Manual	7
4	15 mm	Playwood Marino	44.9 N/mm <sup>2</sup>	9.7%	Manual	7
<b>TOTAL</b>						<b>28</b>

**Nota:** Las probetas para flexión fueron realizadas mediante la norma, realizando la señalización y corte en las maderas seleccionadas una vez realizados los cortes se procedió a lijar los filos para evitar cualquier corte o astillamiento del material de acuerdo a la especificación y declaración del cliente.

**Distancia entre apoyos:** 200 mm

<b>Elaborado por:</b>	<b>Aprobado por:</b>	
Ing. Fernando Galarza	Ing. Ángel Balseca	Ing. Estebán López Espinel
Analista Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC	Analista Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC	Director Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC



Ambato, 27 de julio de 2017.  
N° Factura. 001-002-000002983





Resultados:

Prob eta	Identificación de probeta	Tempe ratura (°C)	Humedad Relativa (%)	Dimensiones mm		Fuerza máxima (N)	Deflexión (mm)	Esfuerzo máximo de flexión (MPa)	Módulo de elasticidad secante de flexión (Mpa)	Deformació n máxima (%)	Tipo de falla evaluado	
				Ancho	Espe sor							
1	180416255820170516-EFC 01-1	15	71	48,6	12,36	747,95	5,812	30,22	2804,69	1,08	c	
2	180416255820170516-EFC 01-2	15	71	48,38	12,5	928,18	6,704	36,84	2930,44	1,26	b	
3	180416255820170516-EFC 01-3	15	71	47,68	12,3	661,34	5,155	27,50	2891,84	0,95	c	
4	180416255820170516-EFC 01-4	15	71	47,63	12,42	484,25	4,188	19,77	2534,24	0,78	c	
5	180416255820170516-EFC 01-5	15	71	49,72	12,3	149,39	1,362	5,96	2370,98	0,25	c	
6	180416255820170516-EFC 01-6	15	71	48,84	12,49	546,36	4,408	21,51	2604,98	0,83	c	
7	180416255820170516-EFC 01-7	15	71	48,42	12,38	1015,67	7,04	41,06	3140,68	1,31	c	
				Promedio $\bar{X}$		647,59	4,95	26,12	2753,98		0,92	
				Desviación estándar $S_{n-1}$		580,59	4,21	23,40	1974,10		0,78	
				Coeficiente de Variación CV		89,65	85,09	89,56	71,68		85,16	

Prob eta	Identificación de probeta	Tempe ratura (°C)	Humedad Relativa (%)	Dimensiones mm		Fuerza máxima (N)	Deflexión (mm)	Esfuerzo máximo de flexión (MPa)	Módulo de elasticidad secante de flexión (Mpa)	Deformació n máxima (%)	Tipo de falla evaluado
				Ancho	Espe sor						
8	180416255820170516-EFC 02-1	17	76	49,06	14,89	1189,57	8,055	32,81	1823,66	1,80	a
9	180416255820170516-EFC 02-2	17	76	49,62	15,12	1168,32	7,769	30,90	1753,54	1,76	b
10	180416255820170516-EFC 02-3	17	76	48,55	15,15	903,21	8,271	24,32	1293,70	1,88	c
11	180416255820170516-EFC 02-4	17	76	48,88	15,2	1888,33	12,834	50,16	1714,29	2,93	b
12	180416255820170516-EFC 02-5	17	76	49,53	15,18	1312,77	12,76	34,51	1187,64	2,91	b
13	180416255820170516-EFC 02-6	17	76	48,94	14,99	1544,91	9,956	42,15	1882,69	2,24	b

INFORME DE ENSAYO DE  
FLEXIÓN MATERIALES  
COMPUESTOS



14	180416255820170516-EFC 02-7	17	76	49,55	15,16	1693,29	13,093	44,61	1498,24	2,98	b
		Promedio $\bar{x}$				1385,77	10,39	37,06	1593,39	2,36	
		Desviación estándar $S_{n-1}$				1065,03	7,93	28,10	1174,55	1,80	
		Coeficiente de variación CV				76,85	76,36	76,63	73,71	76,57	

Probeta	Identificación de probeta	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Dimensiones mm		Fuerza máxima (N)	Deflexión (mm)	Esfuerzo máximo de flexión (MPa)	Módulo de elasticidad secante de flexión (Mpa)	Deformación máxima (%)	Tipo de falla evaluado
				Ancho	Espesor						
15	180416255820170516-EFC 03-1	16	77	48,35	11,87	830,03	6,228	36,55	3296,30	1,11	a
16	180416255820170516-EFC 03-2	16	77	49,16	11,94	923,85	6,451	39,55	3422,78	1,16	b
17	180416255820170516-EFC 03-3	16	77	48,26	11,58	878,03	6,392	40,70	3665,98	1,11	a
18	180416255820170516-EFC 03-4	16	77	48,73	11,48	664,19	4,373	31,03	4120,22	0,75	c
19	180416255820170516-EFC 03-5	16	77	47,92	12,18	652,94	5,412	27,55	2786,68	0,99	b
20	180416255820170516-EFC 03-6	16	77	48,32	12,09	589,16	3,632	25,03	3799,37	0,66	c
21	180416255820170516-EFC 03-7	16	77	47,89	11,61	884,58	5,801	41,11	4069,33	1,01	b
		Promedio $\bar{x}$				774,68	5,47	34,50	3594,38	0,97	
		Desviación estándar $S_{n-1}$				572,23	4,09	25,70	2605,72	0,72	
		Coeficiente de variación CV				73,87	74,78	74,50	72,49	74,72	

Probeta	Identificación de probeta	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Dimensiones mm		Fuerza máxima (N)	Deflexión (mm)	Esfuerzo máximo de flexión (MPa)	Módulo de elasticidad secante de flexión (Mpa)	Deformación máxima (%)	Tipo de falla evaluado
				Ancho	Espesor						
22	180416255820170516-EFC 04-1	16	75	49,78	14,88	1128,13	10,425	30,71	1319,62	2,33	c
23	180416255820170516EFC 04-2	16	75	48,74	14,54	1398,71	8,941	39,09	1964,19	1,99	c





24	180416255820170516-EFC 04-3	16	75	49,66	14,96	1883,53	10,774	50,84	2102,93	2,42	c
25	180416255820170516-EFC 04-4	16	75	48,47	14,68	1480,79	13,278	42,53	1454,59	2,92	a
26	180461381620170529-EFC 04-5	16	75	50,19	14,57	1936,84	7,939	54,54	3143,13	1,74	b
27	180416255820170516-EFC 04-6	16	75	49,56	14,89	2315,85	7,319	63,23	3857,88	1,63	c
28	180416255820170516-EFC 04-7	16	75	49,36	14,98	1909,15	6,272	51,71	3669,05	1,41	b
				Promedio $\bar{x}$		1721,86	9,28	47,52	2503,06	2,06	
				Desviación estándar		1313,86	7,19	36,12	2185,91	1,59	
				$S_{n-1}$							
				Coefficiente de variación		76,30	77,44	76,02	87,33	77,30	
				CV							

**Nomenclatura:**

De tipo de falla evaluado: El tipo de falla evaluado se lo realiza mediante los criterios de la norma ASTM D143-2015.

Carácter	Descripción
a	Tensión simple (vista lateral)
b	Cruz-grano tensión (vista lateral)
c	Astillar tensión (vista de la tensión de la superficie).
d	Tensión descargada (vista de la tensión de la superficie).
e	Compresión (vista lateral).
f	Corte horizontal (vista lateral)





HOJA DE ALMACENAMIENTO DE MUESTRAS


<b>Informe N°:</b> 180416255820170516-EFC	
<b>DATOS DEL CLIENTE</b>	
Empresa / Cliente: Sr. German Suqui	
DIRECCIÓN: Santa Lucía.-Tisaleo, Tungurahua	
NÚM. DE CEDULA / RUC: 1804746699	TELÉFONO: 00987983395
E-MAIL: germansuqui18@hotmail.com	

**DATOS INFORMATIVOS**

Laboratorio: Resistencia de Materiales.

Designación del material: Madera Plywood y Madera Plywood Marino.

Método de ensayo: ASTM D143-2015

N°	IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	FECHA INGRESO	FECHA ELIMINACIÓN	RESPONSABLE	OBSERVACIONES	Evidencias
1	180416255820170516-EFC 01-1	17/07/2017		Ing. A. Balseca	Se almacena	
2	180416255820170516-EFC 01-2	17/07/2017		Ing. A. Balseca	Se almacena	
3	180416255820170516-EFC 01-3	17/07/2017	25/07/2017	Ing. A. Balseca	Entrega al cliente	
4	180416255820170516-EFC 01-4	17/07/2017	25/07/2017	Ing. A. Balseca	Entrega al cliente	
5	180416255820170516-EFC 01-5	17/07/2017	25/07/2017	Ing. A. Balseca	Entrega al cliente	
6	180416255820170516-EFC 01-6	17/07/2017	25/07/2017	Ing. A. Balseca	Entrega al cliente	
7	180416255820170516-EFC 01-7	17/07/2017	25/07/2017	Ing. A. Balseca	Entrega al cliente	



Nº	IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	FECHA INGRESO	FECHA ELIMINACIÓN	RESPONSABLE	OBSERVACIONES	Evidencias
8	180416255820170516-EFC 02-1	17/07/2017		Ing. A. Balseca	Se almacena	
9	180416255820170516-EFC 02-2	17/07/2017		Ing. A. Balseca	Se almacena	
10	180416255820170516-EFC 02-3	17/07/2017	25/07/2017	Ing. A. Balseca	Entrega al cliente	
11	180416255820170516-EFC 02-4	17/07/2017	25/07/2017	Ing. A. Balseca	Entrega al cliente	
12	180416255820170516-EFC 02-5	17/07/2017	25/07/2017	Ing. A. Balseca	Entrega al cliente	
13	180416255820170516-EFC 02-6	17/07/2017	25/07/2017	Ing. A. Balseca	Entrega al cliente	
14	180416255820170516-EFC 02-7	17/07/2017	25/07/2017	Ing. A. Balseca	Entrega al cliente	
15	180416255820170516-EFC 03-1	17/07/2017		Ing. A. Balseca	Se almacena	
16	180416255820170516-EFC 03-2	17/07/2017		Ing. A. Balseca	Se almacena	
17	180416255820170516-EFC 03-3	17/07/2017	25/07/2017	Ing. A. Balseca	Entrega al cliente	
18	180416255820170516-EFC 03-4	17/07/2017	25/07/2017	Ing. A. Balseca	Entrega al cliente	
19	180416255820170516-EFC 03-5	17/07/2017	25/07/2017	Ing. A. Balseca	Entrega al cliente	
20	180416255820170516-EFC 03-6	17/07/2017	25/07/2017	Ing. A. Balseca	Entrega al cliente	
21	180416255820170516-EFC 03-7	17/07/2017	25/07/2017	Ing. A. Balseca	Entrega al cliente	
22	180416255820170516-EFC 04-1	17/07/2017		Ing. A. Balseca	Se almacena	
23	180416255820170516-EFC 04-2	17/07/2017		Ing. A. Balseca	Se almacena	
24	180416255820170516-EFC 04-3	17/07/2017	25/07/2017	Ing. A. Balseca	Entrega al cliente	
25	180416255820170516-EFC 04-4	17/07/2017	25/07/2017	Ing. A. Balseca	Entrega al cliente	
26	180461381620170529-EFC 04-5	17/07/2017	25/07/2017	Ing. A. Balseca	Entrega al cliente	
27	180416255820170516-EFC 04-6	17/07/2017	25/07/2017	Ing. A. Balseca	Entrega al cliente	
28	180416255820170516-EFC 04-7	17/07/2017	25/07/2017	Ing. A. Balseca	Entrega al cliente	



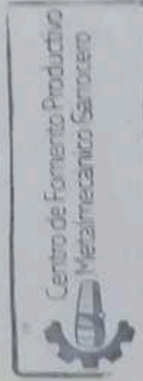
Centro de Fomento Productivo  
Metalmeccánico Carrocero



Honorable Gobierno  
Provincial de Tungurahua

Las dos primeras muestras de cada grupo por acuerdo con el cliente se almacenan en el CFPMC, el centro no se responsabiliza por el mantenimiento y almacenamiento de las otras, quedando a responsabilidad del cliente su resguardo.

<b>Elaborado por:</b>	<b>Aprobado por:</b>
Ing. Angel Balseca P. Analista Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC	Ing. Esteban López Espinel Director Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC
Cliente	



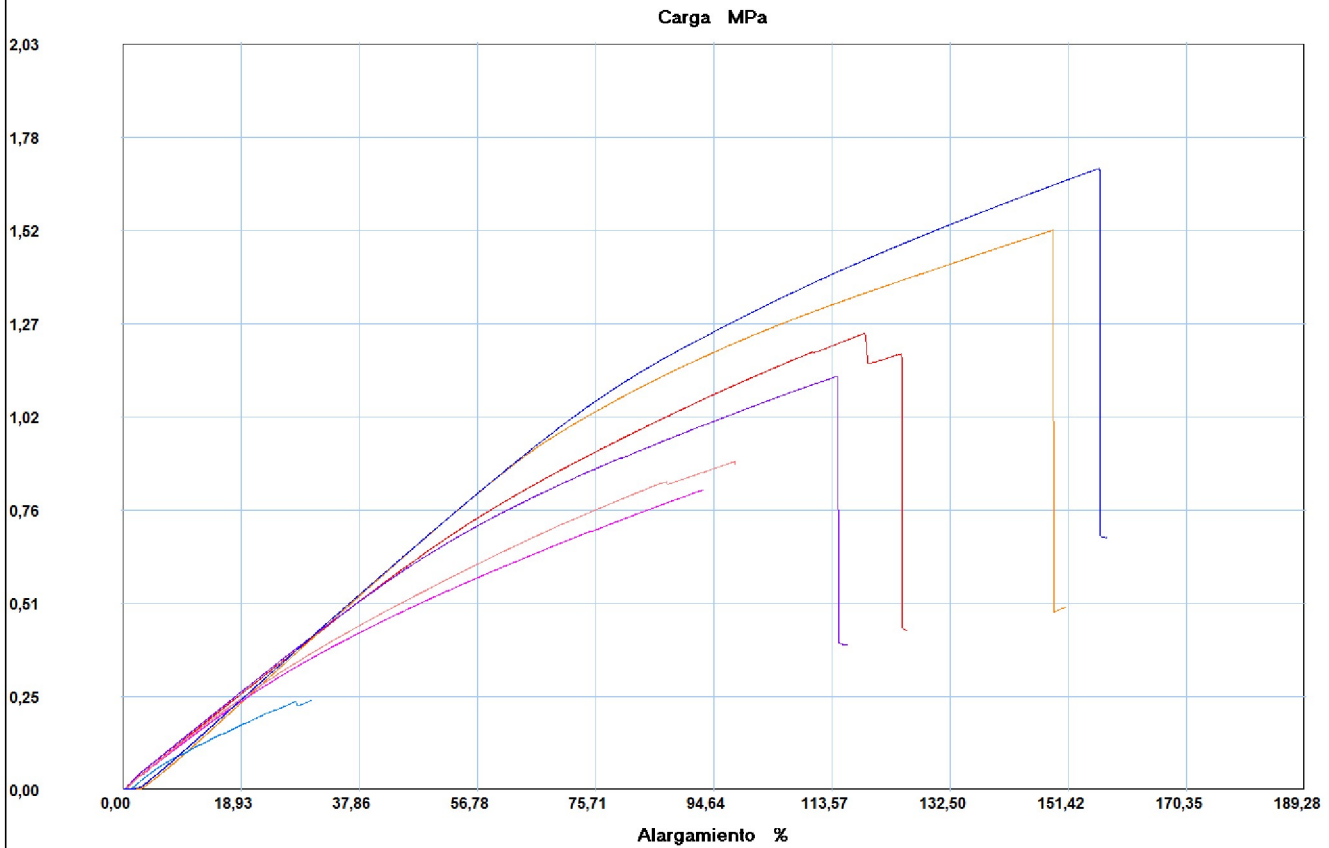


**INFORME** :  
**ENSAYO** :

**EFC-01**  
**FLEXION 3P**



Referencia : MADERA  
 Cliente :  
 Calidad :  
 Operario : A Tecnico 1  
 Norma : ASTM D143  
 Fecha : 19/07/2017  
 Hora : 12:04:17  
 Temperatura : 15  
 H.R.% : 71  
 Pedido : 180474669920170713



Probeta	FMax N	FRot N	FYield N	CMax MPa	C.Yield MPa	ModEla MPa	ModFlex MPa
1	747,95	714,71	46,83	1,25	0,08	1028,85	1059,10
2	923,18	923,18	28,87	1,53	0,05	1141,66	989,03
3	661,34	660,16	46,33	1,13	0,08	1032,02	1065,60
4	484,25	481,73	36,26	0,82	0,06	885,12	982,57
5	149,39	149,39	11,41	0,24	0,02	832,66	811,81
6	546,36	546,36	39,28	0,90	0,06	897,65	1004,60
7	1015,67	1013,15	35,92	1,69	0,06	1140,96	1076,93
Media	646,877	641,240	34,986	1,079	0,058	994,133	998,521
Desv. Std	290,638	288,654	12,132	0,484	0,021	124,653	90,884
Coef. V.	0,449	0,450	0,347	0,449	0,353	0,125	0,091
+3 Sigma	1518,790	1507,201	71,382	2,532	0,120	1368,091	1271,173

## Parametros

Precarga	=	0,00	N
Caida %	=	80,00	
Retorno Automatico	=	1,00	
Limite Fuerza	=	4500,00	N
Limite Desplazamiento	=	25,00	mm

## Velocidades

Precarga	=	2,50	mm/min
Ensayo	=	2,50	mm/min
Retorno	=	100,00	mm/min
Posicionamiento	=	200,00	mm/min

## Cálculos

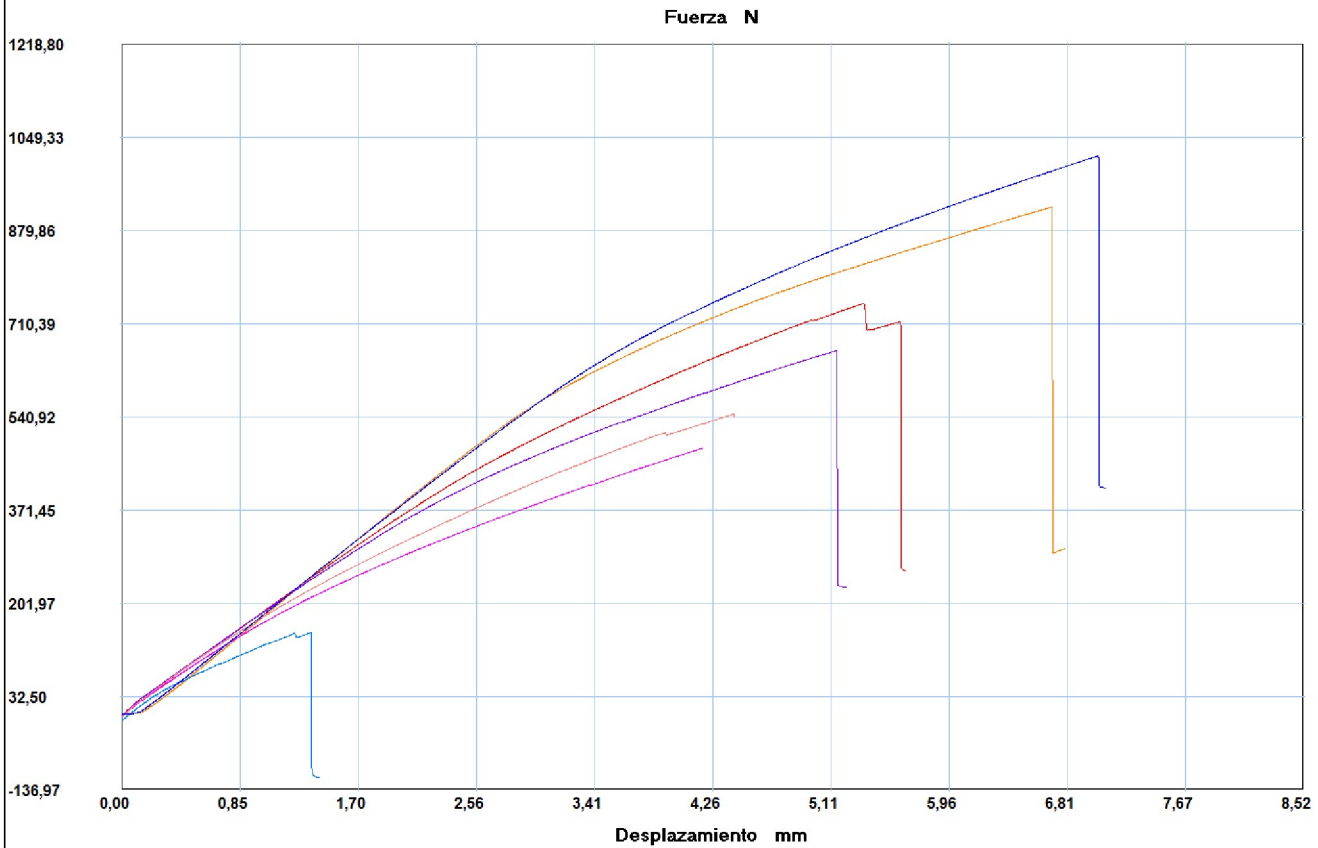
Distancia Apoyos	=	128,00	mm
------------------	---	--------	----

**INFORME** :  
**ENSAYO** :

**EFC-01**  
**FLEXION 3P**



Referencia : MADERA  
 Cliente :  
 Calidad :  
 Operario : A Tecnico 1  
 Norma : ASTM D143  
 Fecha : 19/07/2017  
 Hora : 12:04:17  
 Temperatura : 15  
 H.R.% : 71  
 Pedido : 180474669920170713



Probeta	FMax N	FRot N	FYield N	CMax MPa	C.Yield MPa	ModEla MPa	ModFlex MPa
1	747,95	714,71	46,83	1,25	0,08	1028,85	1059,10
2	923,18	923,18	28,87	1,53	0,05	1141,66	989,03
3	661,34	660,16	46,33	1,13	0,08	1032,02	1065,60
4	484,25	481,73	36,26	0,82	0,06	885,12	982,57
5	149,39	149,39	11,41	0,24	0,02	832,66	811,81
6	546,36	546,36	39,28	0,90	0,06	897,65	1004,60
7	1015,67	1013,15	35,92	1,69	0,06	1140,96	1076,93
Media	646,877	641,240	34,986	1,079	0,058	994,133	998,521
Desv. Std	290,638	288,654	12,132	0,484	0,021	124,653	90,884
Coef. V.	0,449	0,450	0,347	0,449	0,353	0,125	0,091
+3 Sigma	1518,790	1507,201	71,382	2,532	0,120	1368,091	1271,173

## Parametros

Precarga	=	0,00	N
Caida %	=	80,00	
Retorno Automatico	=	1,00	
Limite Fuerza	=	4500,00	N
Limite Desplazamiento	=	25,00	mm

## Velocidades

Precarga	=	2,50	mm/min
Ensayo	=	2,50	mm/min
Retorno	=	100,00	mm/min
Posicionamiento	=	200,00	mm/min

## Cálculos

Distancia Apoyos	=	128,00	mm
------------------	---	--------	----

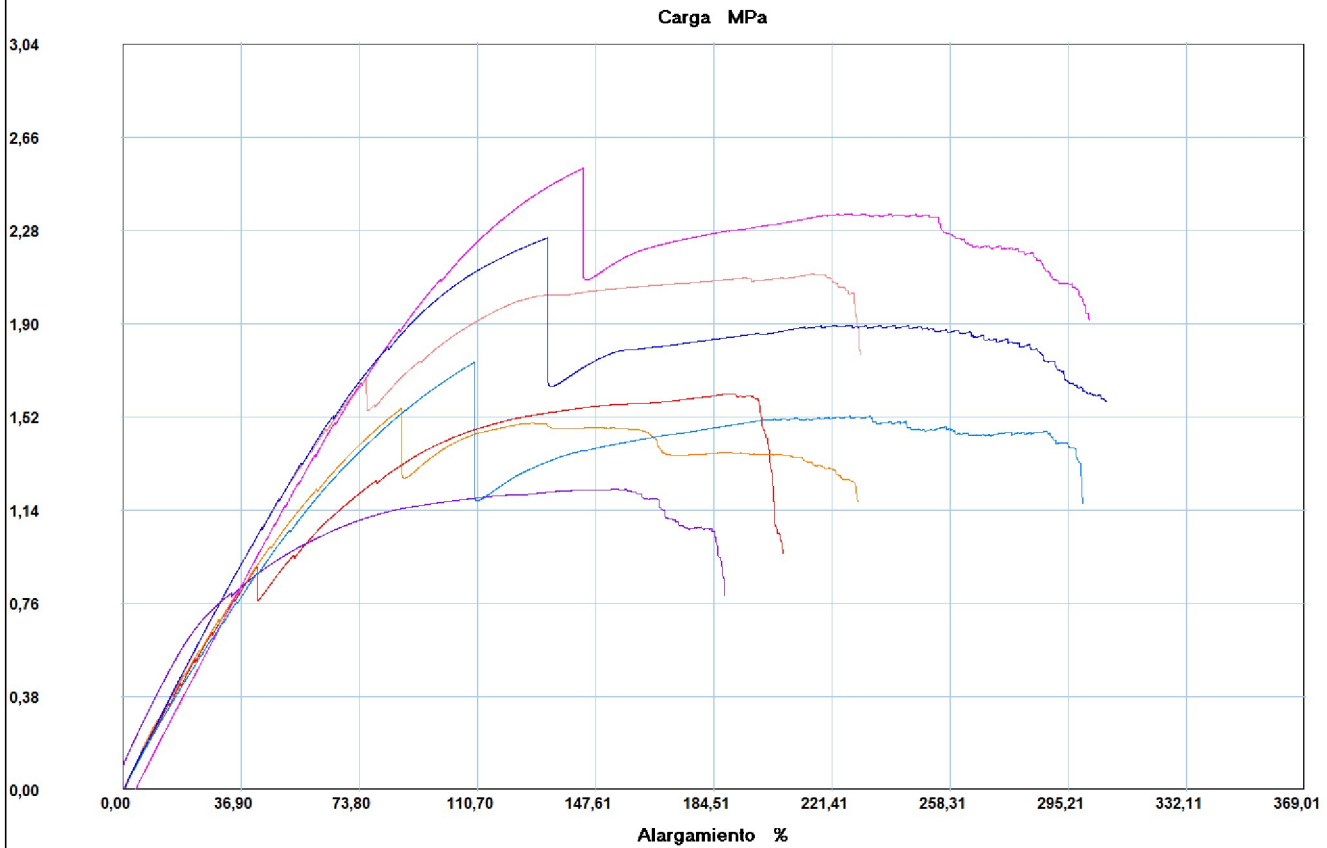


**INFORME** :  
**ENSAYO** :

**EFC-02**  
**FLEXION 3P**



Referencia : MADERA  
 Cliente :  
 Calidad :  
 Operario : A Tecnico 1  
 Norma : ASTM D143  
 Fecha : 19/07/2017  
 Hora : 12:50:18  
 Temperatura : 17  
 H.R.% : 76  
 Pedido : 180474669920170713



Probeta	FMax N	FRot N	FYield N	CMax MPa	C.Yield MPa	ModEla MPa	ModFlex MPa
1	1189,57	1181,17	153,75	1,62	0,21	1139,10	1299,47
2	1168,92	992,17	182,79	1,56	0,24	1139,13	1396,35
3	903,21	784,37	230,46	1,23	0,31	1348,55	1373,75
4	1888,33	1614,90	144,86	2,54	0,19	1249,43	1324,24
5	1312,77	1095,90	202,09	1,75	0,27	1059,36	1197,25
6	1544,91	1531,65	171,88	2,11	0,23	1284,05	1320,29
7	1693,29	1313,61	222,57	2,25	0,30	1253,21	1276,31
Media	1385,857	1216,253	186,914	1,864	0,251	1210,406	1312,525
Desv. Std	340,630	294,484	32,938	0,454	0,044	100,700	65,502
Coef. V.	0,246	0,242	0,176	0,243	0,174	0,083	0,050
+3 Sigma	2407,747	2099,705	285,727	3,225	0,383	1512,505	1509,031

## Parametros

Precarga	=	0,00	N
Caida %	=	80,00	
Retorno Automatico	=	1,00	
Limite Fuerza	=	4500,00	N
Limite Desplazamiento	=	25,00	mm

## Velocidades

Precarga	=	2,50	mm/min
Ensayo	=	2,50	mm/min
Retorno	=	100,00	mm/min
Posicionamiento	=	200,00	mm/min

## Cálculos

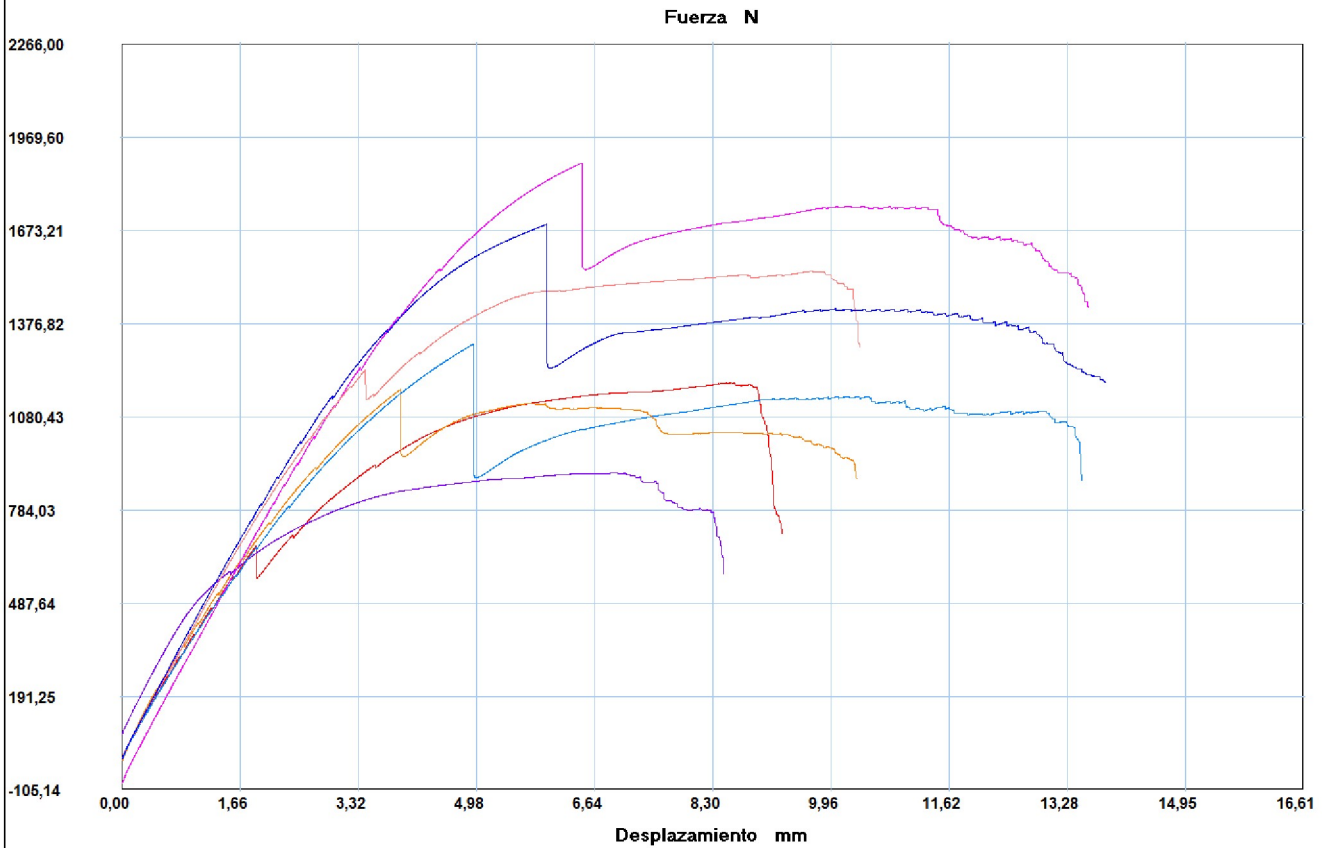
Distancia Apoyos	=	128,00	mm
------------------	---	--------	----

**INFORME** :  
**ENSAYO** :

**EFC-02**  
**FLEXION 3P**



Referencia : MADERA  
 Cliente :  
 Calidad :  
 Operario : A Tecnico 1  
 Norma : ASTM D143  
 Fecha : 19/07/2017  
 Hora : 12:50:18  
 Temperatura : 17  
 H.R.% : 76  
 Pedido : 180474669920170713



Probeta	FMax N	FRot N	FYield N	CMax MPa	C.Yield MPa	ModEla MPa	ModFlex MPa
1	1189,57	1181,17	153,75	1,62	0,21	1139,10	1299,47
2	1168,92	992,17	182,79	1,56	0,24	1139,13	1396,35
3	903,21	784,37	230,46	1,23	0,31	1348,55	1373,75
4	1888,33	1614,90	144,86	2,54	0,19	1249,43	1324,24
5	1312,77	1095,90	202,09	1,75	0,27	1059,36	1197,25
6	1544,91	1531,65	171,88	2,11	0,23	1284,05	1320,29
7	1693,29	1313,61	222,57	2,25	0,30	1253,21	1276,31
Media	1385,857	1216,253	186,914	1,864	0,251	1210,406	1312,525
Desv. Std	340,630	294,484	32,938	0,454	0,044	100,700	65,502
Coef. V.	0,246	0,242	0,176	0,243	0,174	0,083	0,050
+3 Sigma	2407,747	2099,705	285,727	3,225	0,383	1512,505	1509,031

## Parametros

Precarga	=	0,00	N
Caida %	=	80,00	
Retorno Automatico	=	1,00	
Limite Fuerza	=	4500,00	N
Limite Desplazamiento	=	25,00	mm

## Velocidades

Precarga	=	2,50	mm/min
Ensayo	=	2,50	mm/min
Retorno	=	100,00	mm/min
Posicionamiento	=	200,00	mm/min

## Cálculos

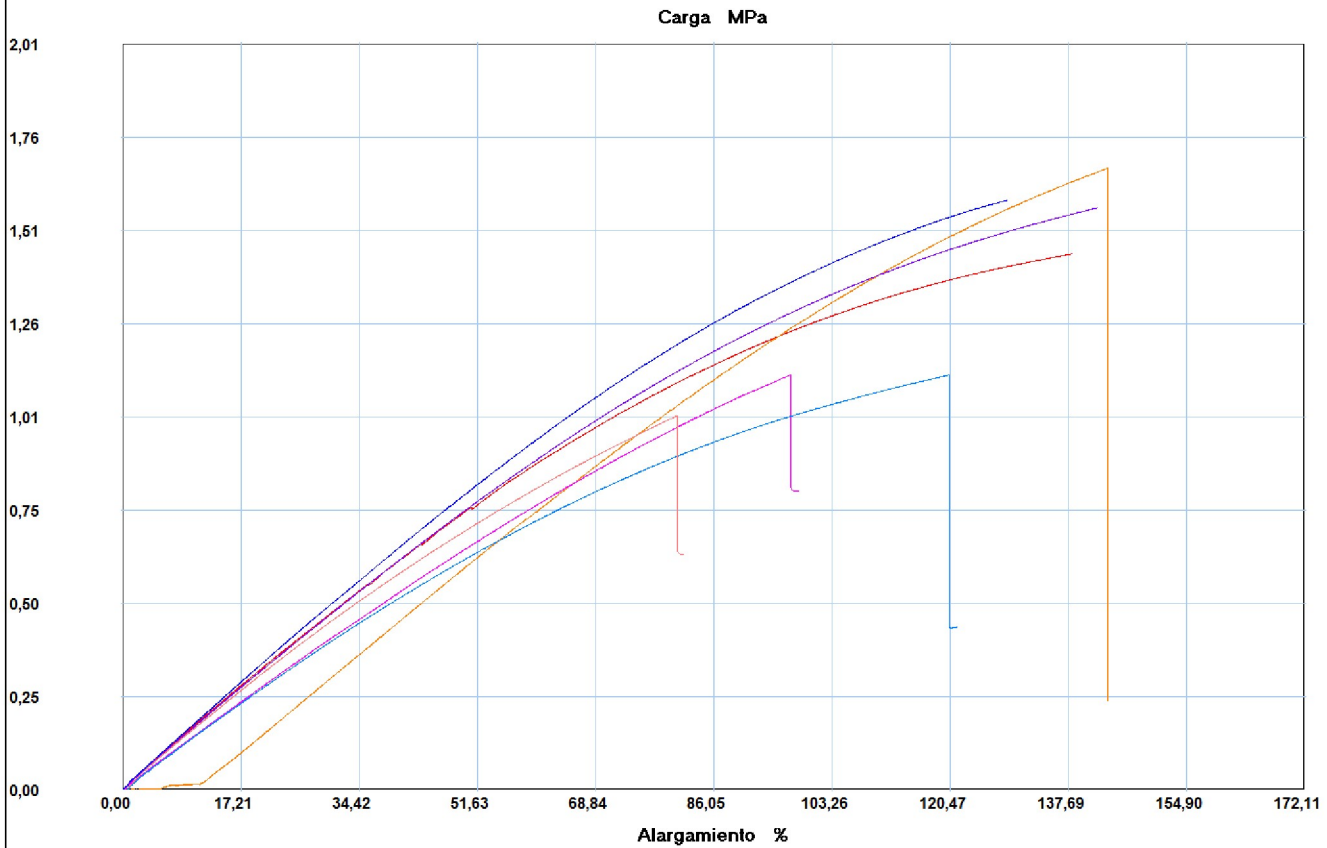
Distancia Apoyos	=	128,00	mm
------------------	---	--------	----

**INFORME** :  
**ENSAYO** :

**EFC-03**  
**FLEXION 3P**



Referencia : MADERA  
 Cliente :  
 Calidad :  
 Operario : A Tecnico 1  
 Norma : ASTM D143  
 Fecha : 19/07/2017  
 Hora : 14:31:31  
 Temperatura : 16  
 H.R.% : 77  
 Pedido : 180474669920170713



Probeta	FMax N	FRot N	FYield N	CMax MPa	C.Yield MPa	ModEla MPa	ModFlex MPa
1	830,03	830,03	59,25	1,45	0,10	1236,21	1324,65
2	983,95	983,95	4,53	1,68	0,01	1247,93	262,18
3	878,03	878,03	57,07	1,57	0,10	1307,91	1394,42
4	664,19	664,19	40,12	1,12	0,07	1031,69	1083,34
5	652,94	652,94	43,98	1,12	0,08	1007,70	1083,42
6	589,16	588,82	39,61	1,01	0,07	1182,16	1254,84
7	884,58	884,58	55,39	1,59	0,10	1379,25	1437,80
Media	783,269	783,220	42,850	1,362	0,075	1198,977	1120,092
Desv. Std	147,505	147,580	18,780	0,272	0,034	137,237	403,095
Coef. V.	0,188	0,188	0,438	0,200	0,449	0,114	0,360
+3 Sigma	1225,784	1225,960	99,189	2,179	0,176	1610,687	2329,377

## Parametros

Precarga	=	0,00	N
Caida %	=	80,00	
Retorno Automatico	=	1,00	
Limite Fuerza	=	4500,00	N
Limite Desplazamiento	=	25,00	mm

## Velocidades

Precarga	=	2,50	mm/min
Ensayo	=	2,50	mm/min
Retorno	=	100,00	mm/min
Posicionamiento	=	200,00	mm/min

## Cálculos

Distancia Apoyos	=	128,00	mm
------------------	---	--------	----

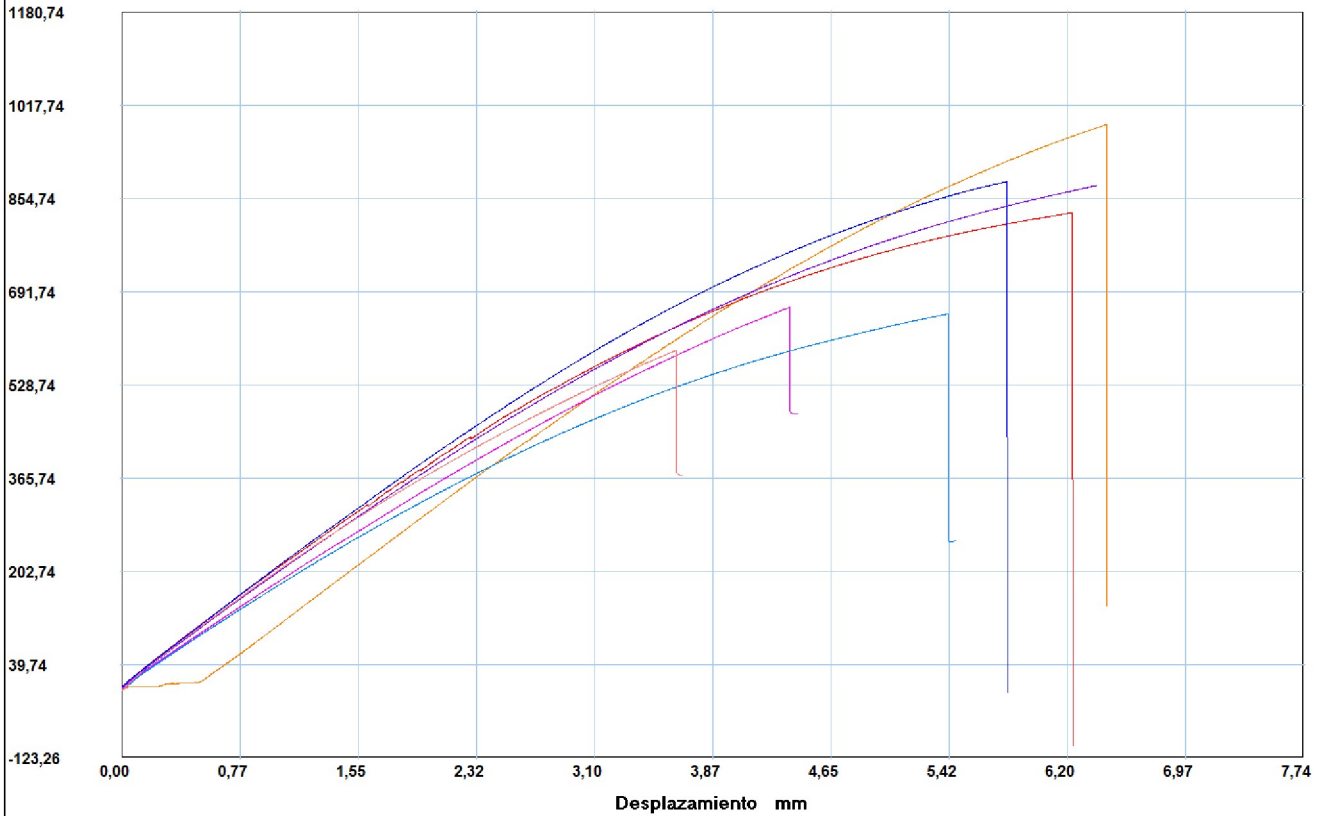
**INFORME** :  
**ENSAYO** :

**EFC-03**  
**FLEXION 3P**



Referencia : MADERA  
 Cliente :  
 Calidad :  
 Operario : A Tecnico 1  
 Norma : ASTM D143  
 Fecha : 19/07/2017  
 Hora : 14:31:31  
 Temperatura : 16  
 H.R.% : 77  
 Pedido : 180474669920170713

Fuerza N



Probeta	FMax N	FRot N	FYield N	CMax MPa	C.Yield MPa	ModEla MPa	ModFlex MPa
1	830,03	830,03	59,25	1,45	0,10	1236,21	1324,65
2	983,95	983,95	4,53	1,68	0,01	1247,93	262,18
3	878,03	878,03	57,07	1,57	0,10	1307,91	1394,42
4	664,19	664,19	40,12	1,12	0,07	1031,69	1083,34
5	652,94	652,94	43,98	1,12	0,08	1007,70	1083,42
6	589,16	588,82	39,61	1,01	0,07	1182,16	1254,84
7	884,58	884,58	55,39	1,59	0,10	1379,25	1437,80
Media	783,269	783,220	42,850	1,362	0,075	1198,977	1120,092
Desv. Std	147,505	147,580	18,780	0,272	0,034	137,237	403,095
Coef. V.	0,188	0,188	0,438	0,200	0,449	0,114	0,360
+3 Sigma	1225,784	1225,960	99,189	2,179	0,176	1610,687	2329,377



## Parametros

Precarga	=	0,00	N
Caida %	=	80,00	
Retorno Automatico	=	1,00	
Limite Fuerza	=	4500,00	N
Limite Desplazamiento	=	25,00	mm

## Velocidades

Precarga	=	2,50	mm/min
Ensayo	=	2,50	mm/min
Retorno	=	100,00	mm/min
Posicionamiento	=	200,00	mm/min

## Cálculos

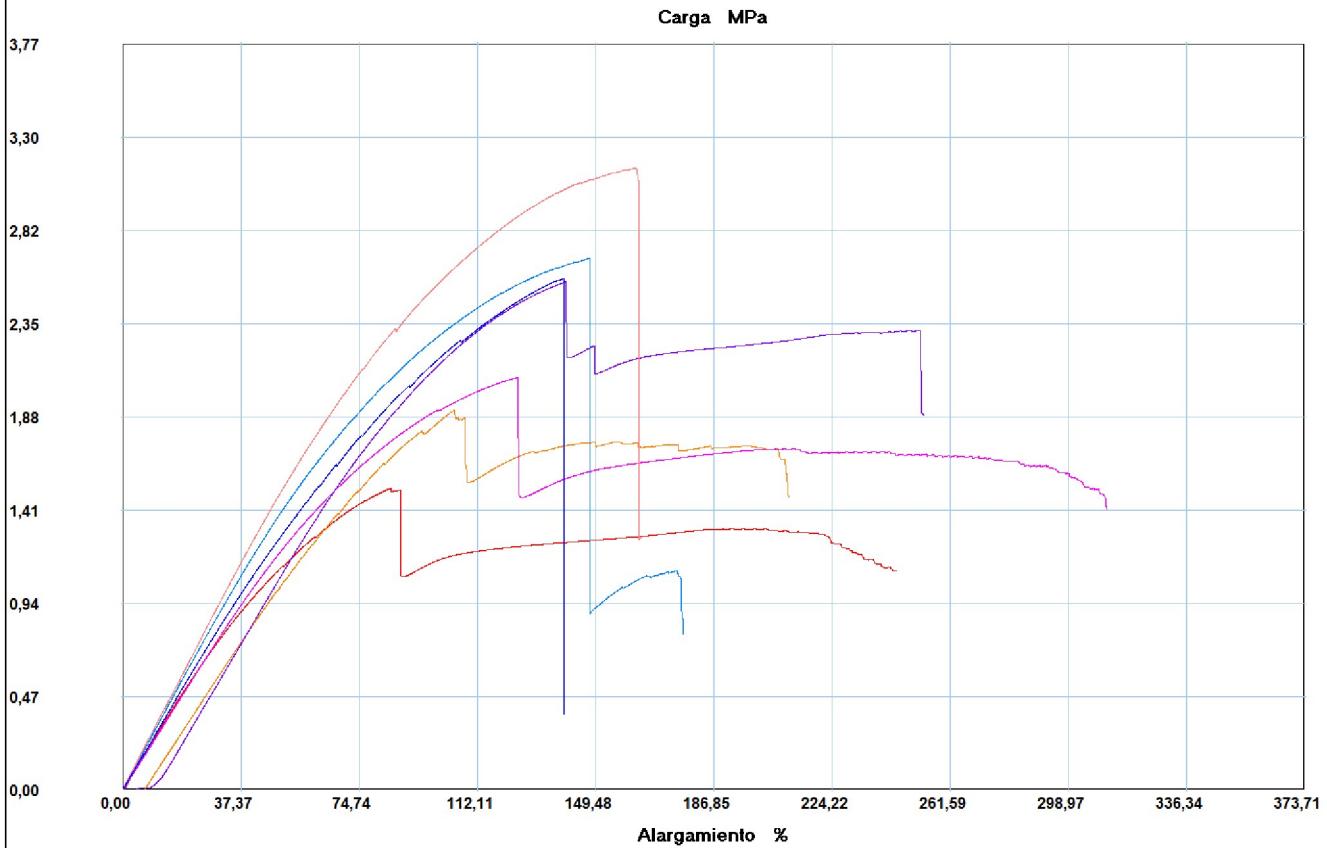
Distancia Apoyos	=	128,00	mm
------------------	---	--------	----

**INFORME** :  
**ENSAYO** :

**EFC-04**  
**FLEXION 3P**



Referencia : MADERA  
 Cliente :  
 Calidad :  
 Operario : A Tecnico 1  
 Norma : ASTM D143  
 Fecha : 19/07/2017  
 Hora : 15:06:19  
 Temperatura : 16  
 H.R.% : 75  
 Pedido : 180474669920170713



Probeta	FMax N	FRot N	FYield N	CMax MPa	C.Yield MPa	ModEla MPa	ModFlex MPa
1	1128,13	888,44	186,15	1,52	0,25	1329,11	1418,14
2	1398,71	1267,28	27,86	1,92	0,04	1266,35	1361,54
3	1883,63	1695,14	17,29	2,57	0,02	1415,78	183,44
4	1480,79	1152,47	212,50	2,08	0,30	1356,17	1368,30
5	1936,84	768,76	157,11	2,69	0,22	1615,71	1672,85
6	2315,85	2308,80	160,63	3,14	0,22	1591,36	1632,20
7	1909,15	1909,15	122,20	2,58	0,17	1358,68	1383,44
Media	1721,871	1427,149	126,249	2,357	0,173	1419,024	1288,560
Desv. Std	403,184	563,640	76,082	0,544	0,105	133,779	504,075
Coef. V.	0,234	0,395	0,603	0,231	0,608	0,094	0,391
+3 Sigma	2931,423	3118,070	354,494	3,989	0,489	1820,360	2800,784

## Parametros

Precarga	=	0,00	N
Caida %	=	80,00	
Retorno Automatico	=	1,00	
Limite Fuerza	=	4500,00	N
Limite Desplazamiento	=	25,00	mm

## Velocidades

Precarga	=	2,50	mm/min
Ensayo	=	2,50	mm/min
Retorno	=	100,00	mm/min
Posicionamiento	=	200,00	mm/min

## Cálculos

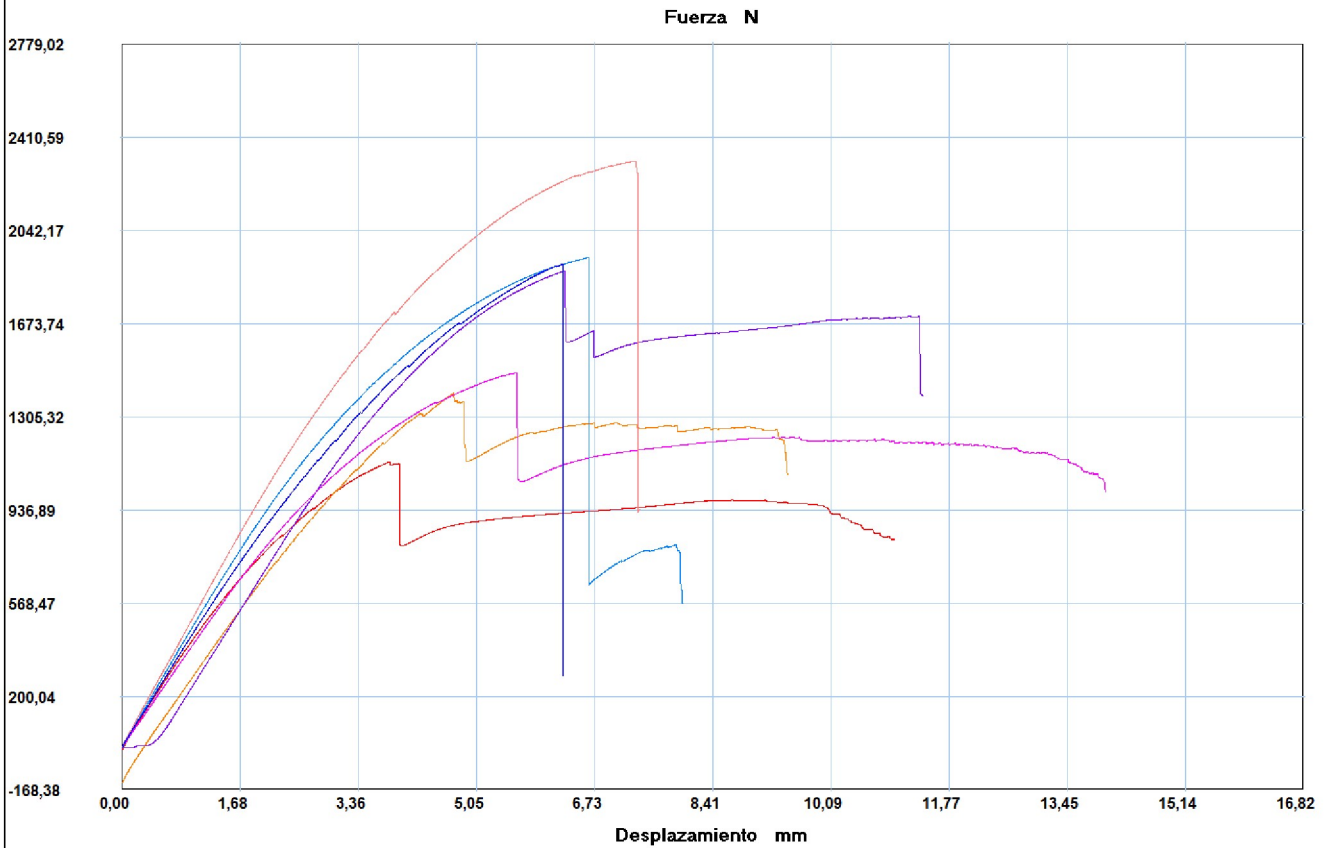
Distancia Apoyos	=	128,00	mm
------------------	---	--------	----

**INFORME** :  
**ENSAYO** :

**EFC-04**  
**FLEXION 3P**



Referencia : MADERA  
 Cliente :  
 Calidad :  
 Operario : A Tecnico 1  
 Norma : ASTM D143  
 Fecha : 19/07/2017  
 Hora : 15:06:19  
 Temperatura : 16  
 H.R.% : 75  
 Pedido : 180474669920170713



Probeta	FMax N	FRot N	FYield N	CMax MPa	C.Yield MPa	ModEla MPa	ModFlex MPa
1	1128,13	888,44	186,15	1,52	0,25	1329,11	1418,14
2	1398,71	1267,28	27,86	1,92	0,04	1266,35	1361,54
3	1883,63	1695,14	17,29	2,57	0,02	1415,78	183,44
4	1480,79	1152,47	212,50	2,08	0,30	1356,17	1368,30
5	1936,84	768,76	157,11	2,69	0,22	1615,71	1672,85
6	2315,85	2308,80	160,63	3,14	0,22	1591,36	1632,20
7	1909,15	1909,15	122,20	2,58	0,17	1358,68	1383,44
<b>Media</b>	<b>1721,871</b>	<b>1427,149</b>	<b>126,249</b>	<b>2,357</b>	<b>0,173</b>	<b>1419,024</b>	<b>1288,560</b>
<b>Desv. Std</b>	<b>403,184</b>	<b>563,640</b>	<b>76,082</b>	<b>0,544</b>	<b>0,105</b>	<b>133,779</b>	<b>504,075</b>
<b>Coef. V.</b>	<b>0,234</b>	<b>0,395</b>	<b>0,603</b>	<b>0,231</b>	<b>0,608</b>	<b>0,094</b>	<b>0,391</b>
<b>+3 Sigma</b>	<b>2931,423</b>	<b>3118,070</b>	<b>354,494</b>	<b>3,989</b>	<b>0,489</b>	<b>1820,360</b>	<b>2800,784</b>

## Parametros

Precarga	=	0,00	N
Caida %	=	80,00	
Retorno Automatico	=	1,00	
Limite Fuerza	=	4500,00	N
Limite Desplazamiento	=	25,00	mm

## Velocidades

Precarga	=	2,50	mm/min
Ensayo	=	2,50	mm/min
Retorno	=	100,00	mm/min
Posicionamiento	=	200,00	mm/min

## Cálculos

Distancia Apoyos	=	128,00	mm
------------------	---	--------	----

# ANEXO C



Centro de Fomento Productivo  
Metalmeccánico Camocero



Honorable Gobierno  
Provincial de Tungurahua

## RECEPCIÓN E IDENTIFICACIÓN DE MUESTRAS

Informe N°: 180416255820170516-ETC	
DATOS DEL CLIENTE	
Empresa / Cliente: Sr. German Suqui	
DIRECCIÓN: Santa Lucía - Tisaleo, Tungurahua	
NUM. DE CEDULA / RUC: 1804746699	TELÉFONO: 00987983395
E-MAIL: eduardo_izurieta@yahoo.es	

DATOS INFORMATIVOS	
Laboratorio: Resistencia de Materiales.	
Designación del material: Madera Plywood y Madera Plywood Marino.	
Método de ensayo: ASTM D143-2015	

Configuración del ensayo:

ENSAYO A TRACCIÓN						
N°	Tamaño de madera	Tipo de madera	Módulo de elasticidad	Densidad	Método de Fabricación	Probetas a Ensayar
1	12 mm	Playwood o Contrachapado	2,177 N/mm <sup>2</sup>	560 Kg/mm <sup>3</sup>	Manual	7
2	15 mm	Playwood o Contrachapado	2,177 N/mm <sup>2</sup>	560 Kg/mm <sup>3</sup>	Manual	7
3	12 mm	Playwood Marino	4,465 N/mm <sup>2</sup>	530 Kg/mm <sup>3</sup>	Manual	7
4	15 mm	Playwood Marino	4,465 N/mm <sup>2</sup>	530 Kg/mm <sup>3</sup>	Manual	7
<b>TOTAL</b>						<b>28</b>

**Nota:** Las probetas para tracción fueron realizadas mediante la norma, realizando la señalización en la madera, luego el corte para luego realizar los cortes transversales y por ultimo a lijar la misma para evitar cualquier corte o astillamiento del material de acuerdo a la especificación y declaración del cliente.





**LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES**  
**ENSAYO DE TRACCIÓN DE MATERIALES COMPUESTOS**  
**INFORME N°: 180416255820170516-ETC**

**Designación del material:** Madera Plywood y Madera Plywood Marino.

**Método de ensayo:** ASTM D143-2015.

**Empresa / Cliente:** Sr. German Suqui

**Fecha de Inicio de Ensayo:** 23 de julio de 2017.

**Fecha de Finalización de Ensayo:** 23 de julio de 2017.

Los resultados obtenidos en el presente informe corresponden a ensayos realizados en muestras de materiales compuestos. Las muestras fueron entregadas en el Laboratorio de Resistencia de Materiales del CFPMC del H.G.P. Tungurahua.

**Número de Probetas cuantificadas análisis tracción.**

N°	Tamaño de madera	Tipo de madera	Módulo de elasticidad	Densidad	Método de Fabricación	Probetas a Ensayar
1	12 mm	Playwood o Contrachapado	2,177 N/mm <sup>2</sup>	560 Kg/mm <sup>3</sup>	Manual	7
2	15 mm	Playwood o Contrachapado	2,177 N/mm <sup>2</sup>	560 Kg/mm <sup>3</sup>	Manual	7
3	12 mm	Playwood Marino	4,465 N/mm <sup>2</sup>	530 Kg/mm <sup>3</sup>	Manual	7
4	15 mm	Playwood Marino	4,465 N/mm <sup>2</sup>	530 Kg/mm <sup>3</sup>	Manual	7
<b>TOTAL</b>						<b>28</b>

**Nota:** Las probetas para tracción fueron realizadas mediante la norma, realizando la señalización en la madera, luego el corte para luego realizar los cortes transversales y por ultimo a lijar la misma para evitar cualquier corte o astillamiento del material de acuerdo a la especificación y declaración del cliente.

<b>Elaborado por:</b>		<b>Aprobado por:</b>
Ing. Fernando Galarza	Ing. Ángel Balseca	Ing. Esteban López Espinel
Analista Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC	Analista Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC	Director Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC





Centro de Fomento Productivo  
Metalmecánico Carrocero



Honorable Gobierno  
Provincial de Tungurahua

25	180416255820170516-ETC 04-4	Cumple criterios dimensionales	17/07/2017	22/07/2017
26	180461381620170529-ETC 04-5	Cumple criterios dimensionales	17/07/2017	22/07/2017
27	180416255820170516-ETC 04-6	Cumple criterios dimensionales	17/07/2017	22/07/2017
28	180416255820170516-ETC 04-7	Cumple criterios dimensionales	17/07/2017	22/07/2017

**DATOS INFORMATIVOS:** De acuerdo a los criterios de aceptación y rechazo las probetas cumplen con el número mínimo de muestras para el ensayo, mas no en las dimensiones. El cliente acepta que se ensaye con estas observaciones.

<b>Elaborado por:</b> Ing. Angel Balseca P. Analista Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC	<b>Aprobado por:</b> Ing. Esteban López Espinel Director Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC
Cliente	

**NOTA:** LA INFORMACIÓN CONSIGNADA EN ESTE FORMULARIO ES DE EXCLUSIVA RESPONSABILIDAD DEL CLIENTE POSTERIORMENTE A LA EJECUCIÓN DEL(LOS) ENSAYO(S) NO SE ADMITIRÁ ARREGLOS DE ESTA INFORMACIÓN NI DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS. FAVOR REVISAR ANTES DE SU FIRMA.



No.	No. DE MUESTRA	DESCRIPCIÓN	FECHAS	
			RECEPCIÓN	ENSAYO
1	180416255820170516-ETC 01-1	Cumple criterios dimensionales.	17/07/2017	22/07/2017
2	180416255820170516-ETC 01-2	Cumple criterios dimensionales	17/07/2017	22/07/2017
3	180416255820170516-ETC 01-3	Cumple criterios dimensionales	17/07/2017	22/07/2017
4	180416255820170516-ETC 01-4	Cumple criterios dimensionales	17/07/2017	22/07/2017
5	180416255820170516-ETC 01-5	Cumple criterios dimensionales	17/07/2017	22/07/2017
6	180416255820170516-ETC 01-6	Cumple criterios dimensionales	17/07/2017	22/07/2017
7	180416255820170516-ETC 01-7	Cumple criterios dimensionales	17/07/2017	22/07/2017
8	180416255820170516-ETC 02-1	Cumple criterios dimensionales	17/07/2017	22/07/2017
9	180416255820170516-ETC 02-2	Cumple criterios dimensionales	17/07/2017	22/07/2017
10	180416255820170516-ETC 02-3	Cumple criterios dimensionales	17/07/2017	22/07/2017
11	180416255820170516-ETC 02-4	Cumple criterios dimensionales	17/07/2017	22/07/2017
12	180416255820170516-ETC 02-5	Cumple criterios dimensionales	17/07/2017	22/07/2017
13	180416255820170516-ETC 02-6	Cumple criterios dimensionales	17/07/2017	22/07/2017
14	180416255820170516-ETC 02-7	Cumple criterios dimensionales	17/07/2017	22/07/2017
15	180416255820170516-ETC 03-1	Cumple criterios dimensionales	17/07/2017	22/07/2017
16	180416255820170516-ETC 03-2	Cumple criterios dimensionales	17/07/2017	22/07/2017
17	180416255820170516-ETC 03-3	Cumple criterios dimensionales	17/07/2017	22/07/2017
18	180416255820170516-ETC 03-4	Cumple criterios dimensionales	17/07/2017	22/07/2017
19	180416255820170516-ETC 03-5	Cumple criterios dimensionales	17/07/2017	22/07/2017
20	180416255820170516-ETC 03-6	Cumple criterios dimensionales	17/07/2017	22/07/2017
21	180416255820170516-ETC 03-7	Cumple criterios dimensionales	17/07/2017	22/07/2017
22	180416255820170516-ETC 04-1	Cumple criterios dimensionales	17/07/2017	22/07/2017
23	180416255820170516-ETC 04-2	Cumple criterios dimensionales	17/07/2017	22/07/2017
24	180416255820170516-ETC 04-3	Cumple criterios dimensionales	17/07/2017	22/07/2017





Resultados:

Pro beta	Identificación de probeta	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Dimensiones mm		Fuerza máxima (N)	Esfuerzo máximo de tracción (MPa)	Módulo de elasticidad (Calculado) (MPa)	% Elongación (Calculado)	Tipo de falla evaluado
				Ancho	Espesor					
1	180416255820170516-ETC 01-1	15	76	12,82	12,6	937,22	5,8	2316,29	0,25	b
2	180416255820170516-ETC 01-2	15	76	12,95	12,31	2142,66	13,44	1136,29	1,18	a
3	180416255820170516-ETC 01-3	15	76	12,75	12,31	4301,1	27,4	1411,79	1,94	a
4	180416255820170516-ETC 01-4	15	76	12,16	15,36	4337,39	23,22	1160,07	2,00	b
5	180416255820170516-ETC 01-5	15	76	12,33	12,35	4993	32,79	1677,41	1,95	a
6	180416255820170516-ETC 01-6	15	76	12,7	12,43	4955,89	31,39	1344,21	2,34	b
7	180416255820170516-ETC 01-7	15	76	12,25	12,4	4362,63	28,72	1174,74	2,44	a
				Promedio $\bar{x}$		3718,56	23,25	1460,11	1,73	
				Desviación estándar $S_{n-1}$		3246,80	20,53	1155,01	1,54	
				Coeficiente de variación CV		87,31	88,31	79,10	89,18	

Pro beta	Identificación de probeta	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Dimensiones mm		Fuerza máxima (N)	Esfuerzo máximo de tracción (MPa)	Módulo de elasticidad (Calculado) (MPa)	% Elongación (Calculado)	Tipo de falla evaluado
				Ancho	Espesor					
8	180416255820170516-ETC 02-1	16	77	10,81	14,92	3715,73	23,04	1392,99	1,65	b
9	180416255820170516-ETC 02-2	16	77	12,44	14,95	8464,93	45,52	1477,54	3,08	b
10	180416255820170516-ETC 02-3	16	77	12,66	14,9	5975,15	31,68	1479,27	2,14	b
11	180416255820170516-ETC 02-4	16	77	12,53	14,88	10279,41	55,13	1222,83	4,51	n/a
12	180416255820170516-ETC 02-5	16	77	12,41	14,91	10402,48	56,22	1227,08	4,58	b
13	180416255820170516-ETC 02-6	16	77	12,21	15	5424,5	29,62	1437,31	2,06	c

14	180416255820170516-ETC 02-7	16	77	12,08	15,07	5131,03	28,19	1376,46	2,05	c
				Promedio $\bar{x}$				1373,35	2,87	
				Desviación estándar $S_{n-1}$				980,15	2,52	
				Coeficiente de variación CV				71,37	87,95	

Probeta	Identificación de probeta	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Dimensiones mm		Fuerza máxima (N)	Esfuerzo máximo de tracción (MPa)	Módulo de elasticidad (Calculado) (MPa)	% Elongación (Calculado)	Tipo de falla evaluado
				Ancho	Espesor					
15	180416255820170516-ETC 03-1	17	72	11,94	11,46	5154,69	37,67	1179,99	3,19	a
16	180416255820170516-ETC 03-2	17	72	12,18	11,68	1680,36	11,81	1163,32	1,02	a
17	180416255820170516-ETC 03-3	17	72	12	11,53	4948	35,76	1198,07	2,98	b
18	180416255820170516-ETC 03-4	17	72	12,02	11,54	2699,63	19,46	1298,37	1,50	d
19	180416255820170516-ETC 03-5	17	72	12,53	11,59	2841,03	19,56	1205,92	1,62	b
20	180416255820170516-ETC 03-6	17	72	11,46	11,52	4698,71	35,59	1511,12	2,36	d
21	180416255820170516-ETC 03-7	17	72	12,33	11,44	4708,17	33,38	2294,47	1,45	d
				Promedio $\bar{x}$				1407,32	2,02	
				Desviación estándar $S_{n-1}$				1114,27	1,75	
				Coeficiente de variación CV				79,18	86,98	

Probeta	Identificación de probeta	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Dimensiones mm		Fuerza máxima (N)	Esfuerzo máximo de tracción (MPa)	Módulo de elasticidad (Calculado) (MPa)	% Elongación (Calculado)	Tipo de falla evaluado
				Ancho	Espesor					
22	180416255820170516-ETC 04-1	18	68	12,81	14,54	9875,5	53,02	890,08	5,96	a
23	180416255820170516ETC 04-2	18	68	12,77	14,43	11022,56	59,82	904,50	6,61	a





24	180416255820170516-ETC 04-3	18	68	12,08	14,45	8996,66	51,54	722,70	7,13	b
25	180416255820170516-ETC 04-4	18	68	12,73	14,42	10047,47	54,73	1099,00	4,98	b
26	180461381620170529-ETC 04-5	18	68	11,89	14,56	9487,35	54,8	1138,72	4,81	b
27	180416255820170516-ETC 04-6	18	68	12,18	14,53	9892,85	55,9	970,55	5,76	d
28	180416255820170516-ETC 04-7	18	68	12,01	14,49	7821,19	44,94	1070,82	4,20	d
				Promedio $\bar{x}$		9591,94	53,54	970,91	5,64	
				Desviación estándar $S_{n-1}$		6890,87	38,27	709,30	4,18	
				Coeficiente de variación CV		71,84	71,49	73,06	74,24	

**Nomenclatura:**

De tipo de falla evaluado: El tipo de falla evaluado se lo realiza mediante los criterios de la norma ASTM D143-2015.

Carácter	Descripción
a	Tensión cortes limpios
b	Combinados de tensión y corte
c	cortante
d	Tensión frágil



HOJA DE ALMACENAMIENTO DE MUESTRAS

Informe N°: 180416255820170516-ETC	
<b>DATOS DEL CLIENTE</b>	
Empresa / Cliente: Sr. German Suqui	
DIRECCIÓN: Santa Lucia.-Tisaleo, Tungurahua	
NUM. DE CEDULA / RUC: 1804746699	TELÉFONO: 00987983395
E-MAIL: germansuqui18@hotmail.com	

**DATOS INFORMATIVOS**

Laboratorio: Resistencia de Materiales.

Designación del material: Madera Plywood y Madera Plywood Marino.

Método de ensayo: ASTM D143-2015

N°	IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	FECHA INGRESO	FECHA ELIMINACIÓN	RESPONSABLE	OBSERVACIONES	Evaluación
1	180416255820170516-ETC 01-1	17/07/2017		Ing. A. Balseca	Se almacena	
2	180416255820170516-ETC 01-2	17/07/2017		Ing. A. Balseca	Se almacena	
3	180416255820170516-ETC 01-3	17/07/2017	25/07/2017	Ing. A. Balseca	Entrega al cliente	
4	180416255820170516-ETC 01-4	17/07/2017	25/07/2017	Ing. A. Balseca	Entrega al cliente	
5	180416255820170516-ETC 01-5	17/07/2017	25/07/2017	Ing. A. Balseca	Entrega al cliente	
6	180416255820170516-ETC 01-6	17/07/2017	25/07/2017	Ing. A. Balseca	Entrega al cliente	
7	180416255820170516-ETC 01-7	17/07/2017	25/07/2017	Ing. A. Balseca	Entrega al cliente	





Nº	IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	FECHA INGRESO	FECHA ELIMINACIÓN	RESPONSABLE	OBSERVACIONES	Evidencias
8	180416255820170516-ETC 02-1	17/07/2017		Ing. A. Balseca	Se almacena	
9	180416255820170516-ETC 02-2	17/07/2017		Ing. A. Balseca	Se almacena	
10	180416255820170516-ETC 02-3	17/07/2017	25/07/2017	Ing. A. Balseca	Entrega al cliente	
11	180416255820170516-ETC 02-4	17/07/2017	25/07/2017	Ing. A. Balseca	Entrega al cliente	
12	180416255820170516-ETC 02-5	17/07/2017	25/07/2017	Ing. A. Balseca	Entrega al cliente	
13	180416255820170516-ETC 02-6	17/07/2017	25/07/2017	Ing. A. Balseca	Entrega al cliente	
14	180416255820170516-ETC 02-7	17/07/2017	25/07/2017	Ing. A. Balseca	Entrega al cliente	
15	180416255820170516-ETC 03-1	17/07/2017		Ing. A. Balseca	Se almacena	
16	180416255820170516-ETC 03-2	17/07/2017		Ing. A. Balseca	Se almacena	
17	180416255820170516-ETC 03-3	17/07/2017	25/07/2017	Ing. A. Balseca	Entrega al cliente	
18	180416255820170516-ETC 03-4	17/07/2017	25/07/2017	Ing. A. Balseca	Entrega al cliente	
19	180416255820170516-ETC 03-5	17/07/2017	25/07/2017	Ing. A. Balseca	Entrega al cliente	
20	180416255820170516-ETC 03-6	17/07/2017	25/07/2017	Ing. A. Balseca	Entrega al cliente	
21	180416255820170516-ETC 03-7	17/07/2017	25/07/2017	Ing. A. Balseca	Entrega al cliente	
22	180416255820170516-ETC 04-1	17/07/2017		Ing. A. Balseca	Se almacena	
23	180416255820170516-ETC 04-2	17/07/2017		Ing. A. Balseca	Se almacena	
24	180416255820170516-ETC 04-3	17/07/2017	25/07/2017	Ing. A. Balseca	Entrega al cliente	
25	180416255820170516-ETC 04-4	17/07/2017	25/07/2017	Ing. A. Balseca	Entrega al cliente	
26	180461381620170529-ETC 04-5	17/07/2017	25/07/2017	Ing. A. Balseca	Entrega al cliente	
27	180416255820170516-ETC 04-6	17/07/2017	25/07/2017	Ing. A. Balseca	Entrega al cliente	
28	180416255820170516-ETC 04-7	17/07/2017	25/07/2017	Ing. A. Balseca	Entrega al cliente	




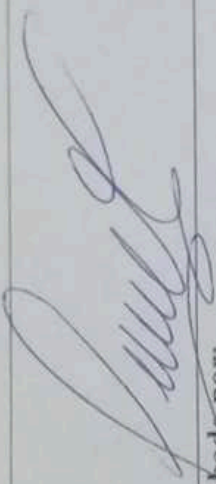



Centro de Fomento Productivo  
Metalmeccánico Carrocero



Honorable Gobierno  
Provincial de Tungurahua

Las dos primeras muestras de cada grupo por acuerdo con el cliente se almacenan en el CFPMC, el centro no se responsabiliza por el mantenimiento y almacenamiento de las otras, quedando a responsabilidad del cliente su resguardo.

 <b>Elaborado por:</b> Ing. Angel Balseca P. Analista Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC	 <b>Aprobado por:</b> Ing. Esteban López Espinel Director Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC
 Cliente	

**INFORME** :  
**ENSAYO** :

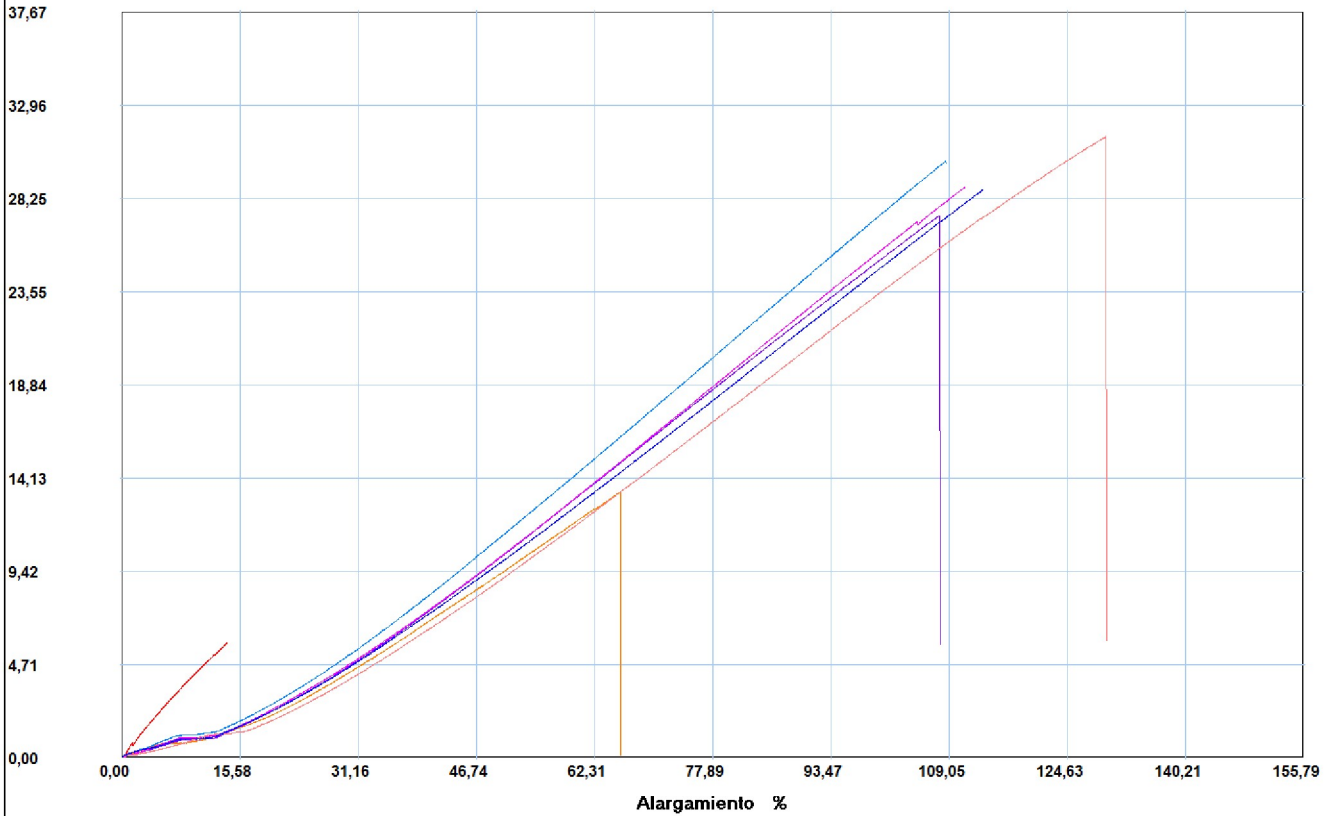
**ETC-01**  
**TRACCION**



Referencia : MADERA  
 Cliente :  
 Calidad :  
 Operario : A Tecnico 1  
 Norma : ASTM D143  
 Fecha : 20/07/2017  
 Hora : 10:06:06  
 Temperatura : 15  
 H.R.% : 76  
 Pedido : 180474669920170713

Ubarburu

Carga MPa



Probeta	FMax N	FRot N	FYield N	CMax MPa	C.Yield MPa	CRot MPa
1	937,22	935,64	124,65	5,80	0,77	5,79
2	2142,66	2142,66	77,31	13,44	0,48	13,44
3	4301,10	4301,10	86,78	27,40	0,55	27,40
4	4337,39	4337,39	94,67	28,86	0,63	28,86
5	4593,00	4593,00	113,60	30,16	0,75	30,16
6	4955,89	4955,89	75,73	31,39	0,48	31,39
7	4362,63	4362,63	93,09	28,72	0,61	28,72
Media	3661,413	3661,187	95,119	23,683	0,611	23,682
Desv. Std	1507,161	1507,637	18,169	9,934	0,116	9,937
Coef. V.	0,412	0,412	0,191	0,419	0,190	0,420
+3 Sigma	8182,897	8184,099	149,624	53,485	0,959	53,492

## Parametros

Precarga	=	0,00	N
Caida %	=	80,00	
Retorno Automatico	=	1,00	
Limite Fuerza	=	45000,00	N
Limite Desplazamiento	=	25,00	mm
Stop Ext	=	0,00	mm

## Velocidades

Precarga	=	1,00	mm/min
Ensayo	=	1,00	mm/min
Retorno	=	40,00	mm/min
Posicionamiento	=	400,00	mm/min

**INFORME** :  
**ENSAYO** :

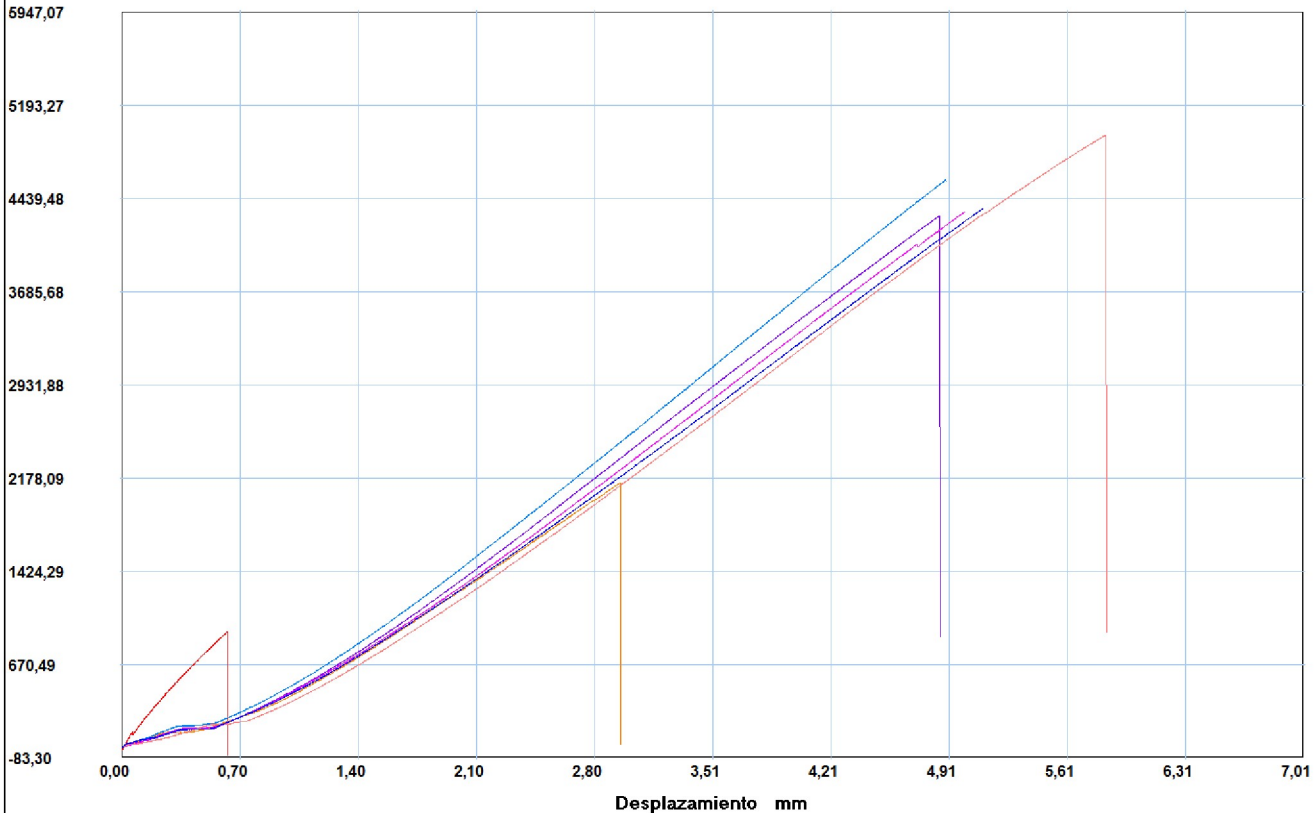
**ETC-01**  
**TRACCION**



Referencia : **MADERA**  
 Cliente :  
 Calidad :  
 Operario : **A Tecnico 1**  
 Norma : **ASTM D143**  
 Fecha : **20/07/2017**  
 Hora : **10:06:06**  
 Temperatura : **15**  
 H.R.% : **76**  
 Pedido : **180474669920170713**

Ubarburu

Fuerza N



Probeta	FMax N	FRot N	FYield N	CMax MPa	C.Yield MPa	CRot MPa
1	937,22	935,64	124,65	5,80	0,77	5,79
2	2142,66	2142,66	77,31	13,44	0,48	13,44
3	4301,10	4301,10	86,78	27,40	0,55	27,40
4	4337,39	4337,39	94,67	28,86	0,63	28,86
5	4593,00	4593,00	113,60	30,16	0,75	30,16
6	4955,89	4955,89	75,73	31,39	0,48	31,39
7	4362,63	4362,63	93,09	28,72	0,61	28,72
Media	3661,413	3661,187	95,119	23,683	0,611	23,682
Desv. Std	1507,161	1507,637	18,169	9,934	0,116	9,937
Coef. V.	0,412	0,412	0,191	0,419	0,190	0,420
+3 Sigma	8182,897	8184,099	149,624	53,485	0,959	53,492

## Parametros

Precarga	=	0,00	N
Caida %	=	80,00	
Retorno Automatico	=	1,00	
Limite Fuerza	=	45000,00	N
Limite Desplazamiento	=	25,00	mm
Stop Ext	=	0,00	mm

## Velocidades

Precarga	=	1,00	mm/min
Ensayo	=	1,00	mm/min
Retorno	=	40,00	mm/min
Posicionamiento	=	400,00	mm/min

**INFORME** :  
**ENSAYO** :

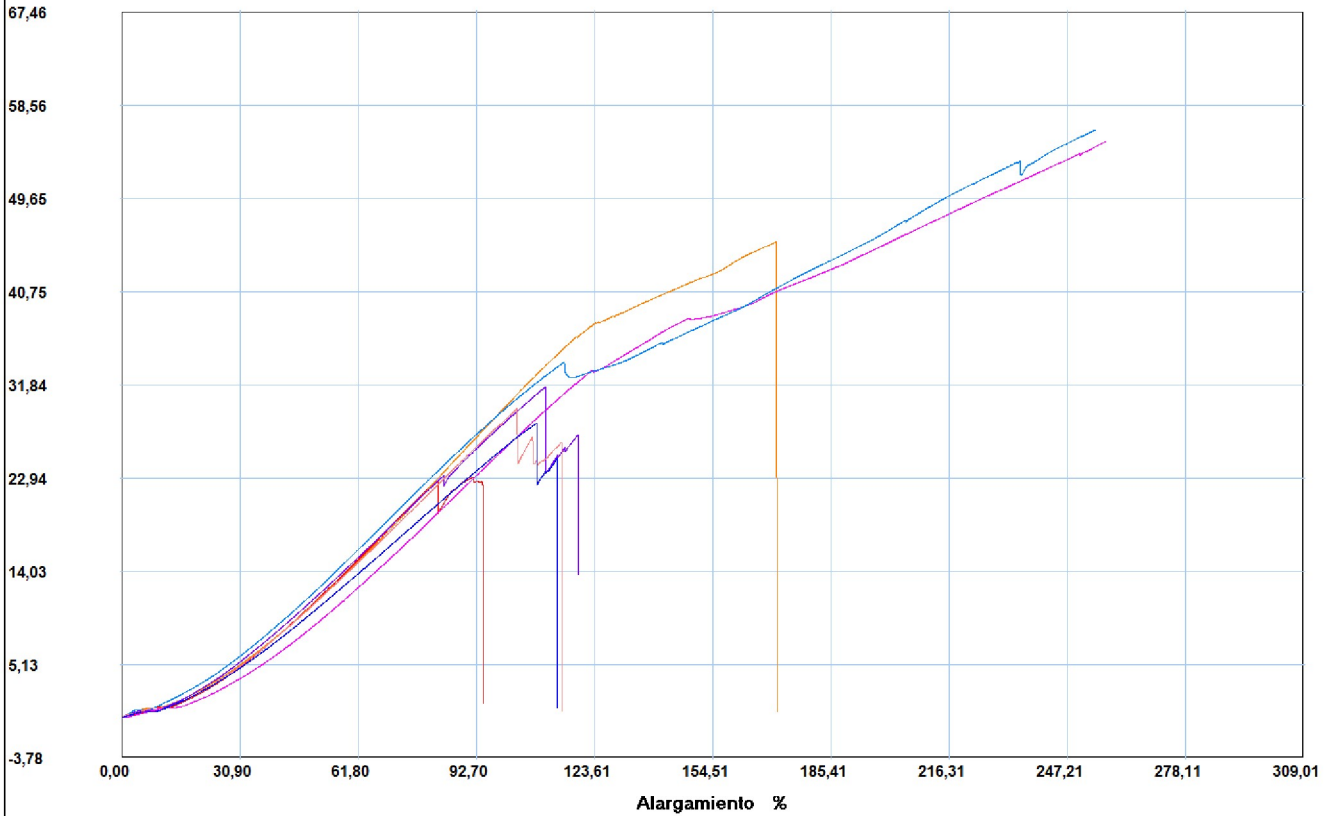
**ETC-02**  
**TRACCION**



Referencia : **MADERA**  
 Cliente :  
 Calidad :  
 Operario : **A Tecnico 1**  
 Norma : **astm d143**  
 Fecha : **20/07/2017**  
 Hora : **10:46:11**  
 Temperatura : **16**  
 H.R.% : **77**  
 Pedido : **180474669920170713**

Ubarburu

Carga MPa



Probeta	FMax N	FRot N	FYield N	CMax MPa	C.Yield MPa	CRot MPa
1	3720,47	3715,73	72,58	23,07	0,45	23,04
2	8464,93	8464,93	178,29	45,52	0,96	45,52
3	5975,15	5086,85	135,69	31,68	0,72	26,97
4	10279,41	10060,10	168,82	55,13	0,91	53,96
5	10402,48	10402,48	224,05	56,22	1,21	56,22
6	5424,50	4799,69	124,65	29,62	0,68	26,21
7	5131,03	4520,42	108,87	28,19	0,60	24,83
Media	7056,853	6721,457	144,707	38,488	0,789	36,676
Desv. Std	2653,164	2827,845	49,958	13,601	0,254	14,657
Coef. V.	0,376	0,421	0,345	0,353	0,322	0,400
+3 Sigma	15016,345	15204,993	294,581	79,290	1,552	80,646

## Parametros

Precarga	=	0,00	N
Caida %	=	80,00	
Retorno Automatico	=	1,00	
Limite Fuerza	=	45000,00	N
Limite Desplazamiento	=	25,00	mm
Stop Ext	=	0,00	mm

## Velocidades

Precarga	=	1,00	mm/min
Ensayo	=	1,00	mm/min
Retorno	=	40,00	mm/min
Posicionamiento	=	400,00	mm/min



**INFORME** :  
**ENSAYO** :

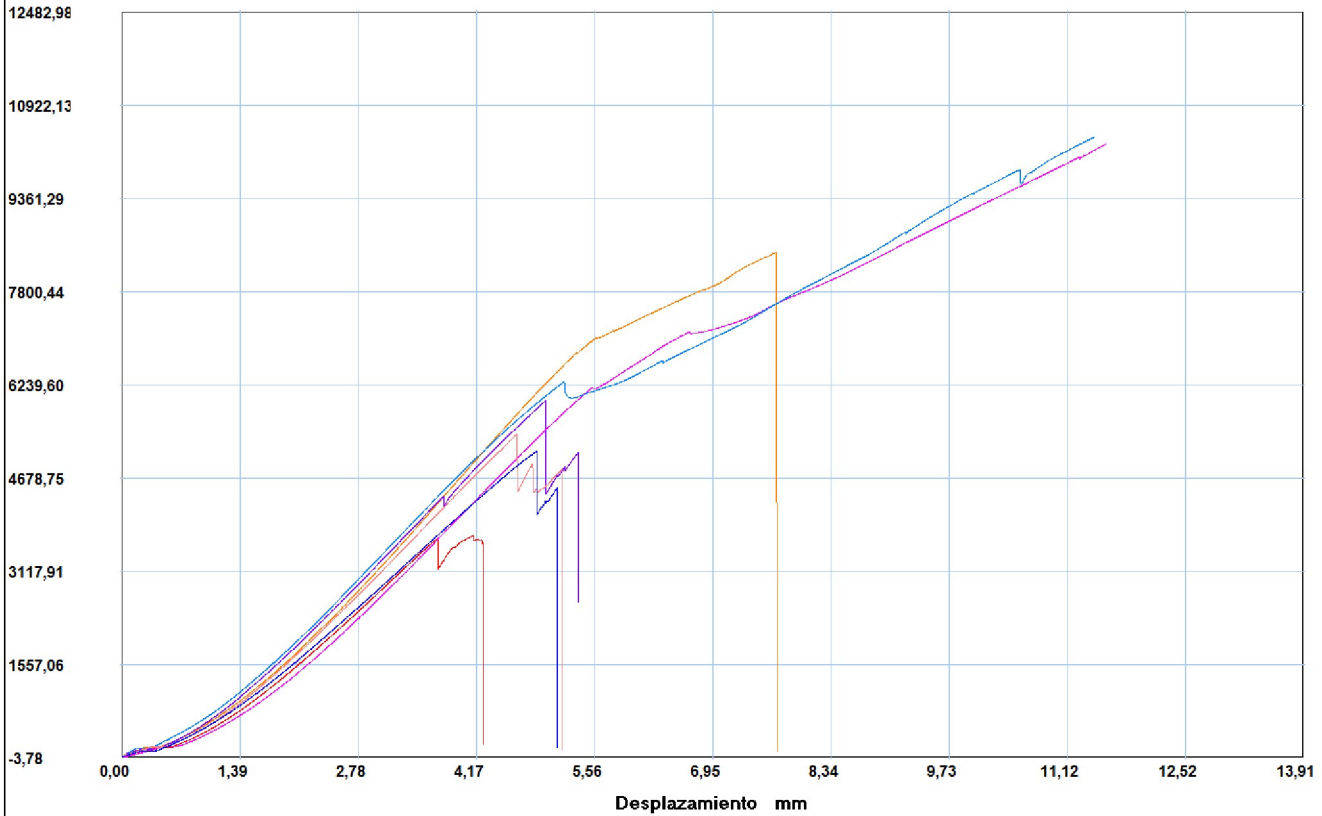
**ETC-02**  
**TRACCION**



Referencia : MADERA  
 Cliente :  
 Calidad :  
 Operario : A Tecnico 1  
 Norma : astm d143  
 Fecha : 20/07/2017  
 Hora : 10:46:11  
 Temperatura : 16  
 H.R.% : 77  
 Pedido : 180474669920170713

Ubarburu

Fuerza N



Probeta	FMax N	FRot N	FYield N	CMax MPa	C.Yield MPa	CRot MPa
1	3720,47	3715,73	72,58	23,07	0,45	23,04
2	8464,93	8464,93	178,29	45,52	0,96	45,52
3	5975,15	5086,85	135,69	31,68	0,72	26,97
4	10279,41	10060,10	168,82	55,13	0,91	53,96
5	10402,48	10402,48	224,05	56,22	1,21	56,22
6	5424,50	4799,69	124,65	29,62	0,68	26,21
7	5131,03	4520,42	108,87	28,19	0,60	24,83
Media	7056,853	6721,457	144,707	38,488	0,789	36,676
Desv. Std	2653,164	2827,845	49,958	13,601	0,254	14,657
Coef. V.	0,376	0,421	0,345	0,353	0,322	0,400
+3 Sigma	15016,345	15204,993	294,581	79,290	1,552	80,646

## Parametros

Precarga	=	0,00	N
Caida %	=	80,00	
Retorno Automatico	=	1,00	
Limite Fuerza	=	45000,00	N
Limite Desplazamiento	=	25,00	mm
Stop Ext	=	0,00	mm

## Velocidades

Precarga	=	1,00	mm/min
Ensayo	=	1,00	mm/min
Retorno	=	40,00	mm/min
Posicionamiento	=	400,00	mm/min

**INFORME** :  
**ENSAYO** :

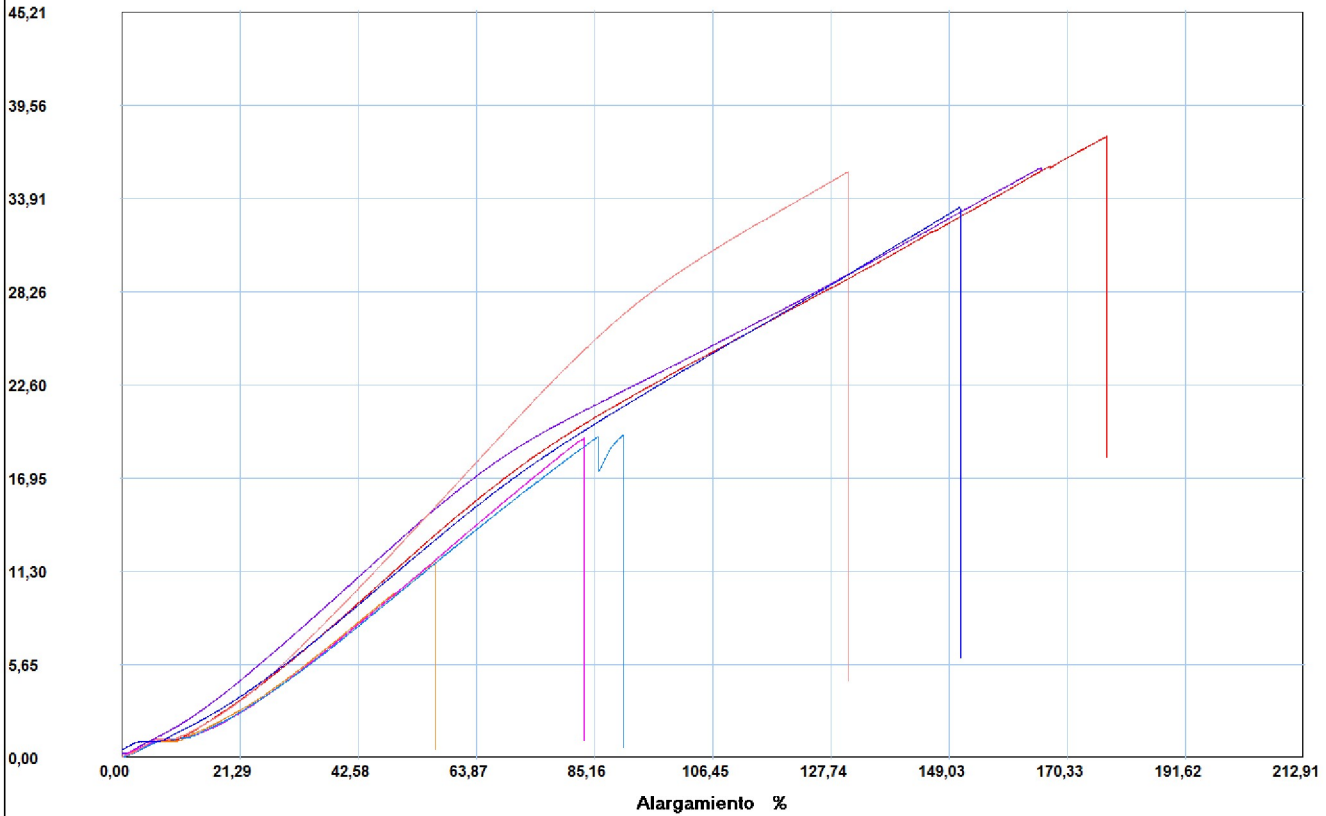
**ETC-03**  
**TRACCION**



Referencia : **MADERA**  
 Cliente :  
 Calidad :  
 Operario : **A Tecnico 1**  
 Norma : **ASTM D143**  
 Fecha : **20/07/2017**  
 Hora : **11:41:53**  
 Temperatura : **17**  
 H.R.% : **72**  
 Pedido : **180474669920170713**

Ubarburu

Carga MPa



Probeta	FMax N	FRot N	FYield N	CMax MPa	C.Yield MPa	CRot MPa
1	5154,69	5154,69	138,85	37,67	1,01	37,67
2	1680,36	1680,36	77,31	11,89	0,55	11,89
3	4948,00	4940,11	183,02	35,76	1,32	35,70
4	2699,63	2699,63	97,82	19,38	0,70	19,38
5	2841,63	2833,74	93,09	19,57	0,64	19,51
6	4698,71	4698,71	134,11	35,53	1,01	35,53
7	4708,17	4708,17	140,42	33,38	1,00	33,38
Media	3818,741	3816,487	123,517	27,597	0,891	27,582
Desv. Std	1378,722	1378,582	36,274	10,354	0,272	10,353
Coef. V.	0,361	0,361	0,294	0,375	0,305	0,375
+3 Sigma	7954,907	7952,233	232,339	58,658	1,707	58,641

## Parametros

Precarga	=	0,00	N
Caida %	=	80,00	
Retorno Automatico	=	1,00	
Limite Fuerza	=	45000,00	N
Limite Desplazamiento	=	25,00	mm
Stop Ext	=	0,00	mm

## Velocidades

Precarga	=	1,00	mm/min
Ensayo	=	1,00	mm/min
Retorno	=	40,00	mm/min
Posicionamiento	=	400,00	mm/min

**INFORME** :  
**ENSAYO** :

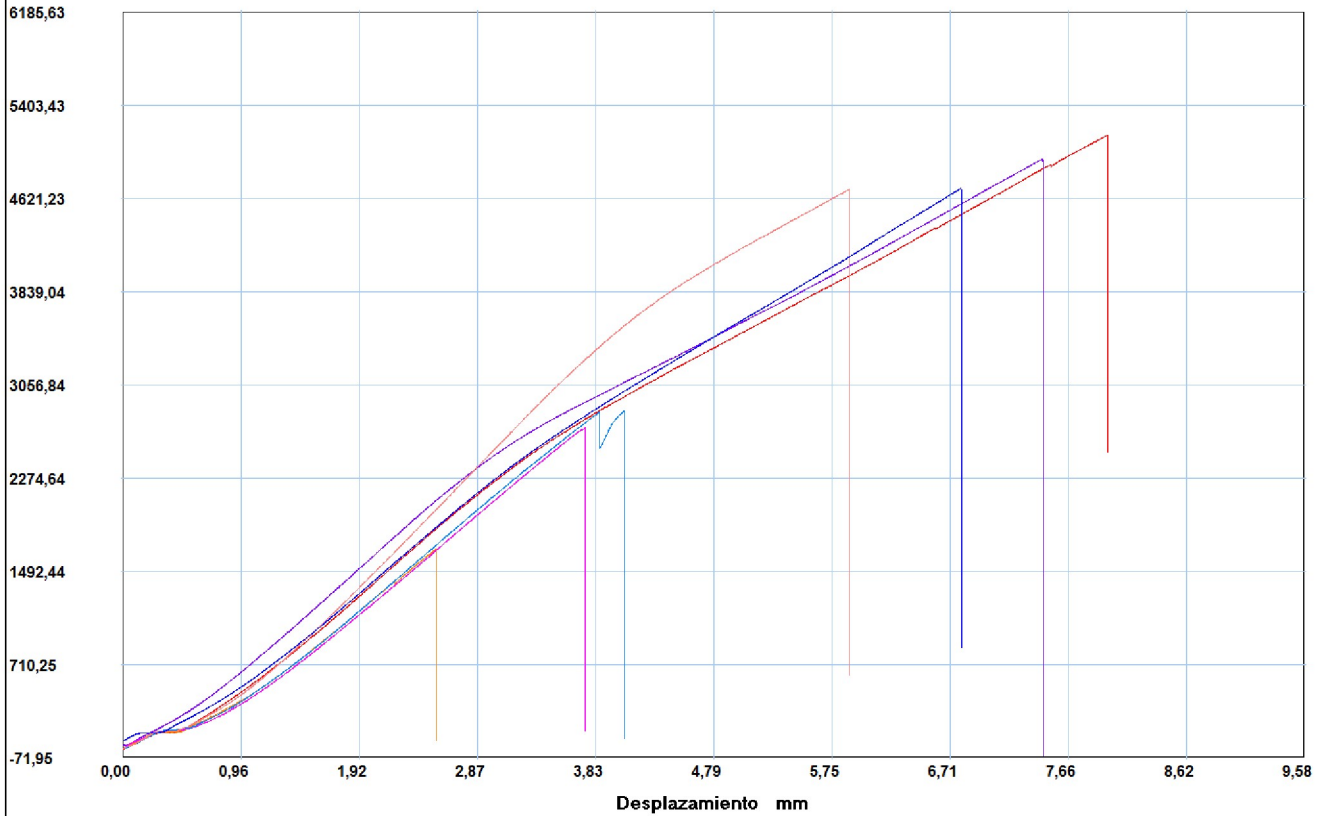
**ETC-03**  
**TRACCION**



Referencia : **MADERA**  
 Cliente :  
 Calidad :  
 Operario : **A Tecnico 1**  
 Norma : **ASTM D143**  
 Fecha : **20/07/2017**  
 Hora : **11:41:53**  
 Temperatura : **17**  
 H.R.% : **72**  
 Pedido : **180474669920170713**

Ubarburu

Fuerza N



Probeta	FMax N	FRot N	FYield N	CMax MPa	C.Yield MPa	CRot MPa
1	5154,69	5154,69	138,85	37,67	1,01	37,67
2	1680,36	1680,36	77,31	11,89	0,55	11,89
3	4948,00	4940,11	183,02	35,76	1,32	35,70
4	2699,63	2699,63	97,82	19,38	0,70	19,38
5	2841,63	2833,74	93,09	19,57	0,64	19,51
6	4698,71	4698,71	134,11	35,53	1,01	35,53
7	4708,17	4708,17	140,42	33,38	1,00	33,38
Media	3818,741	3816,487	123,517	27,597	0,891	27,582
Desv. Std	1378,722	1378,582	36,274	10,354	0,272	10,353
Coef. V.	0,361	0,361	0,294	0,375	0,305	0,375
+3 Sigma	7954,907	7952,233	232,339	58,658	1,707	58,641

## Parametros

Precarga	=	0,00	N
Caida %	=	80,00	
Retorno Automatico	=	1,00	
Limite Fuerza	=	45000,00	N
Limite Desplazamiento	=	25,00	mm
Stop Ext	=	0,00	mm

## Velocidades

Precarga	=	1,00	mm/min
Ensayo	=	1,00	mm/min
Retorno	=	40,00	mm/min
Posicionamiento	=	400,00	mm/min

**INFORME** :  
**ENSAYO** :

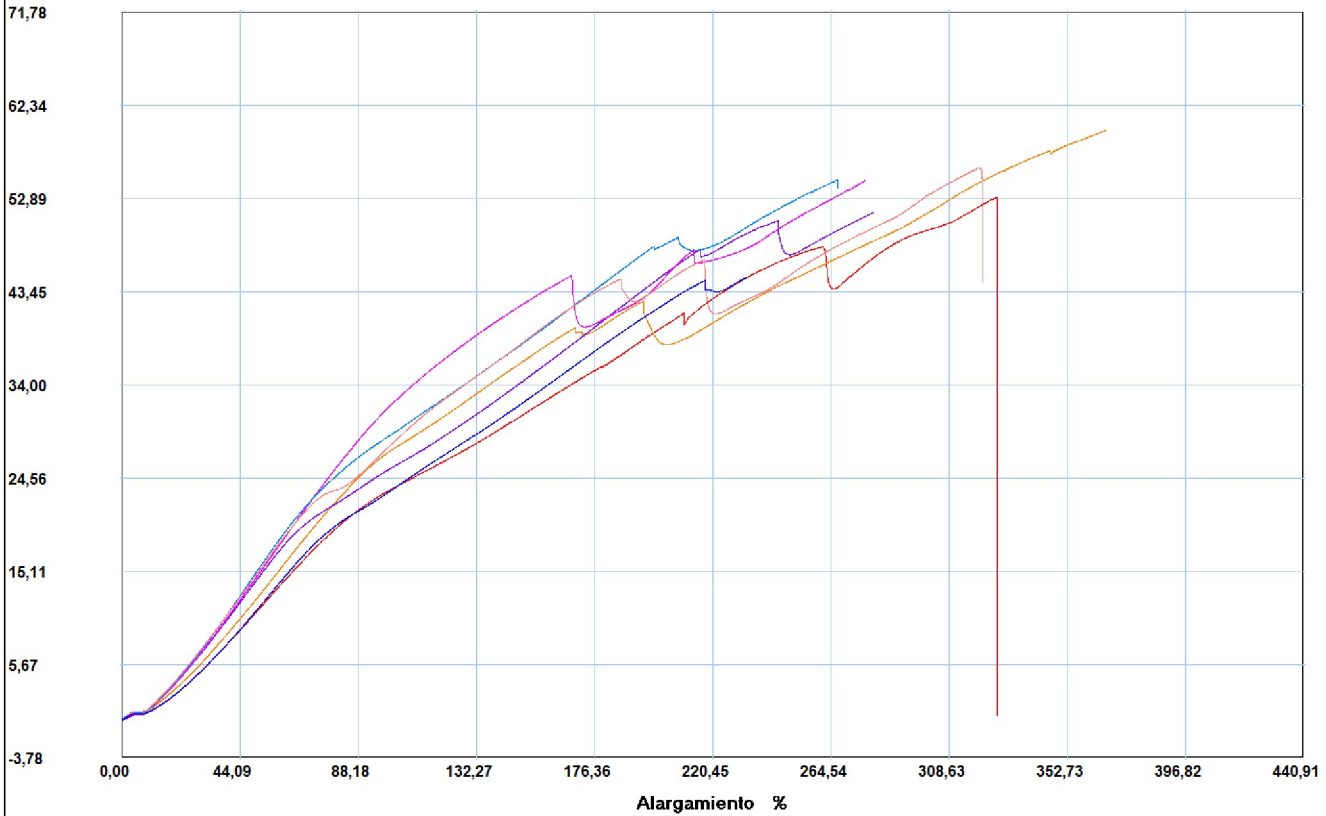
**ETC-04**  
**TRACCION**



Referencia : **MADERA**  
 Cliente :  
 Calidad :  
 Operario : **A Tecnico 1**  
 Norma : **ASTM D143**  
 Fecha : **20/07/2017**  
 Hora : **12:25:36**  
 Temperatura : **18**  
 H.R.% : **68**  
 Pedido : **180474669920170713**

Ubarburu

Carga MPa



Probeta	FMax N	FRot N	FYield N	CMax MPa	C.Yield MPa	CRot MPa
1	9875,50	9875,50	216,16	53,02	1,16	53,02
2	11022,56	11022,56	325,03	59,82	1,76	59,82
3	8996,66	8996,66	209,85	51,54	1,20	51,54
4	10047,47	10023,81	228,78	54,73	1,25	54,61
5	9487,35	9473,15	203,54	54,80	1,18	54,72
6	9892,85	9892,85	299,78	56,05	1,70	56,05
7	7821,19	7803,83	130,96	44,94	0,75	44,84
Media	9591,940	9584,051	230,586	53,559	1,286	53,515
Desv. Std	993,813	997,456	64,557	4,599	0,346	4,622
Coef. V.	0,104	0,104	0,280	0,086	0,269	0,086
+3 Sigma	12573,379	12576,419	424,257	67,357	2,325	67,379



## Parametros

Precarga	=	0,00	N
Caida %	=	80,00	
Retorno Automatico	=	1,00	
Limite Fuerza	=	45000,00	N
Limite Desplazamiento	=	25,00	mm
Stop Ext	=	0,00	mm

## Velocidades

Precarga	=	1,00	mm/min
Ensayo	=	1,00	mm/min
Retorno	=	40,00	mm/min
Posicionamiento	=	400,00	mm/min

**INFORME** :  
**ENSAYO** :

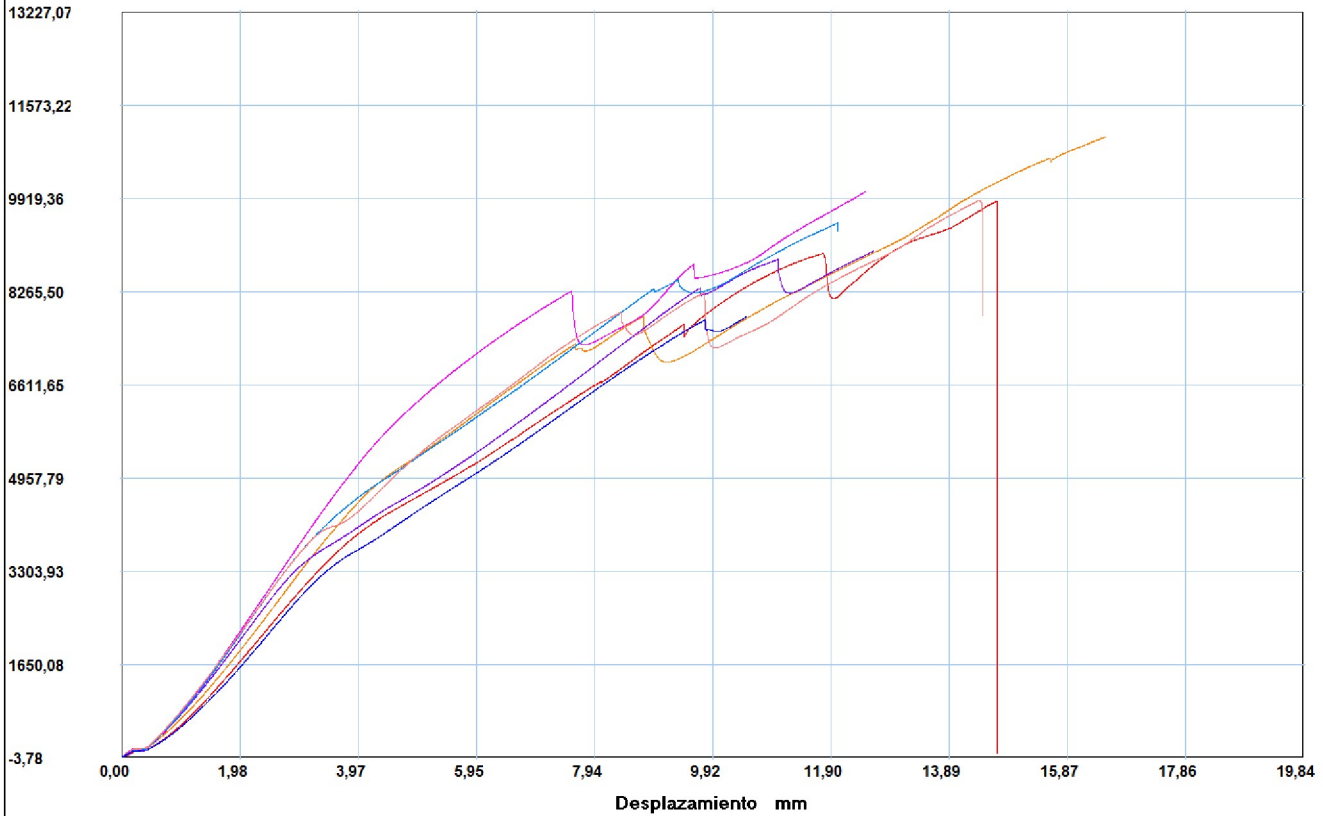
**ETC-04**  
**TRACCION**



Referencia : **MADERA**  
 Cliente :  
 Calidad :  
 Operario : **A Tecnico 1**  
 Norma : **ASTM D143**  
 Fecha : **20/07/2017**  
 Hora : **12:25:36**  
 Temperatura : **18**  
 H.R.% : **68**  
 Pedido : **180474669920170713**

Ubarburu

Fuerza N



Probeta	FMax N	FRot N	FYield N	CMax MPa	C.Yield MPa	CRot MPa
1	9875,50	9875,50	216,16	53,02	1,16	53,02
2	11022,56	11022,56	325,03	59,82	1,76	59,82
3	8996,66	8996,66	209,85	51,54	1,20	51,54
4	10047,47	10023,81	228,78	54,73	1,25	54,61
5	9487,35	9473,15	203,54	54,80	1,18	54,72
6	9892,85	9892,85	299,78	56,05	1,70	56,05
7	7821,19	7803,83	130,96	44,94	0,75	44,84
Media	9591,940	9584,051	230,586	53,559	1,286	53,515
Desv. Std	993,813	997,456	64,557	4,599	0,346	4,622
Coef. V.	0,104	0,104	0,280	0,086	0,269	0,086
+3 Sigma	12573,379	12576,419	424,257	67,357	2,325	67,379

## Parametros

Precarga	=	0,00	N
Caida %	=	80,00	
Retorno Automatico	=	1,00	
Limite Fuerza	=	45000,00	N
Limite Desplazamiento	=	25,00	mm
Stop Ext	=	0,00	mm

## Velocidades

Precarga	=	1,00	mm/min
Ensayo	=	1,00	mm/min
Retorno	=	40,00	mm/min
Posicionamiento	=	400,00	mm/min

# ANEXO D



Designation: D 143 – 94 (Reapproved 2000)<sup>e1</sup>

## Standard Test Methods for Small Clear Specimens of Timber<sup>1</sup>

This standard is issued under the fixed designation D 143; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last approval. A superscript epsilon ( $\epsilon$ ) indicates an editorial change since the last revision or reapproval.

*This standard has been approved for use by agencies of the Department of Defense.*

---

<sup>e1</sup> NOTE—Keywords were added in April 2000.

---

### INTRODUCTION

The need to classify wood species by evaluating the physical and mechanical properties of small clear specimens has always existed. Because of the great variety of species, variability of the material, continually changing conditions of supply, many factors affecting test results, and ease of comparing variables, the need will undoubtedly continue to exist.

In the preparation of these methods for testing small clear specimens, consideration was given both to the desirability of adopting methods that would yield results comparable to those already available and to the possibility of embodying such improvements as experience has shown desirable. In view of the many thousands of tests made under a single comprehensive plan by the U.S. Forest Service, the former Forest Products Laboratories of Canada (now Forintek Canada Corp.), and other similar organizations, the methods naturally conform closely to the methods used by these institutions. These methods are the outgrowth of a study of both American and European experience and methods. The general adoption of these methods will tend toward a world-wide unification of results, permitting an interchange and correlation of data, and establishing the basis for a cumulative body of fundamental information on the timber species of the world.

Descriptions of some of the strength tests refer to primary methods and secondary methods. Primary methods provide for specimens of 2 by 2-in. (50 by 50-mm) cross-section. This size of specimen has been extensively used for the evaluation of various mechanical and physical properties of different species of wood, and a large number of data based on this primary method have been obtained and published.

The 2 by 2-in. (50 by 50-mm) size has the advantage in that it embraces a number of growth rings, is less influenced by earlywood and latewood differences than smaller size specimens, and is large enough to represent a considerable portion of the sampled material. It is advisable to use primary method specimens wherever possible. There are circumstances, however, when it is difficult or impossible to obtain clear specimens of 2 by 2-in. cross section having the required 30 in. (760 mm) length for static bending tests. With the increasing incidence of smaller second growth trees, and the desirability in certain situations to evaluate a material which is too small to provide a 2 by 2-in. cross-section, a secondary method which utilizes a 1 by 1-in. (25 by 25-mm) cross section has been included. This cross section is established for compression parallel to grain and static bending tests, while the 2 by 2-in. cross-section is retained for impact bending, compression perpendicular to grain, hardness, shear parallel to grain, cleavage, and tension perpendicular to grain. Toughness and tension parallel to grain are special tests using specimens of smaller cross section.

The user is cautioned that test results between two different sizes of specimens are not necessarily directly comparable. Guidance on the effect of specimen size on a property being evaluated is beyond the scope of these methods, and should be sought elsewhere.

Where the application, measurement, or recording of load and deflection can be accomplished using electronic equipment and computerized apparatus, such devices are encouraged, providing they do not lower the standard of accuracy and reliability available with basic mechanical equipment.

**1. Scope**

1.1 These methods cover the determination of various strength and related properties of wood by testing small clear specimens.

1.1.1 These methods represent procedures for evaluating the different mechanical and physical properties, controlling factors such as specimen size, moisture content, temperature, and rate of loading.

1.1.2 Sampling and collection of material is discussed in Practice D 5536. Sample data, computation sheets, and cards have been incorporated, which were of assistance to the investigator in systematizing records.

1.1.3 The values stated in inch-pound units are to be regarded as the standard. The SI values are given in parentheses and are provided for information only. When a weight is prescribed, the basic inch-pound unit of weight (lbf) and the basic SI unit of mass (Kg) are cited.

1.2 The procedures for the various tests appear in the following order:

	Sections
Photographs of Specimens	5
Control of Moisture Content and Temperature	6
Record of Heartwood and Sapwood	7
Static Bending	8
Compression Parallel to Grain	9
Impact Bending	10
Toughness	11
Compression Perpendicular to Grain	12
Hardness	13
Shear Parallel to Grain	14
Cleavage	15
Tension Parallel to Grain	16
Tension Perpendicular to Grain	17
Nail Withdrawal	18
Specific Gravity and Shrinkage in Volume	19
Radial and Tangential Shrinkage	20
Moisture Determination	21
Permissible Variations	22
Calibration	23

1.3 *This standard does not purport to address all of the safety concerns, if any, associated with its use. It is the responsibility of the user of this standard to establish appropriate safety and health practices and determine the applicability of regulatory limitations prior to use.*

**2. Referenced Documents**

**2.1 ASTM Standards:**

- D 198 Methods for Static Tests of Timbers in Structural Sizes<sup>2</sup>
- D 2395 Test Methods for Specific Gravity of Wood and Wood-Base Materials<sup>2</sup>
- D 3043 Methods of Testing Structural Panels in Flexure<sup>2</sup>
- D 3500 Test Method for Structural Panels in Tension<sup>2</sup>
- D 4442 Test Methods for Direct Moisture Content Measurement of Wood and Wood-Base Materials<sup>2</sup>

- D 4761 Test Method for Mechanical Properties of Lumber and Wood-Base Structural Material<sup>2</sup>
- D 5536 Practice for Sampling the Forest Trees for Determination of Clear Wood Properties<sup>2</sup>
- E 4 Practices for Force Verification of Testing Machines<sup>3</sup>

**3. Summary of Methods**

3.1 The mechanical tests are static bending, compression parallel to grain, impact bending toughness, compression perpendicular to grain, hardness, shear parallel to grain (Note 1), cleavage, tension parallel to grain, tension-perpendicular-to-grain, and nail-withdrawal tests. These tests may be made on both green and air-dry material as specified in these methods. In addition, methods for evaluating such physical properties as specific gravity, shrinkage in volume, radial shrinkage, and tangential shrinkage are presented.

NOTE 1—The test for shearing strength perpendicular to the grain (sometimes termed “vertical shear”) is not included as one of the principal mechanical tests since in such a test the strength is limited by the shearing resistance parallel to the grain.

**4. Significance and Use**

4.1 These methods cover tests on small clear specimens of wood that are made to provide the following:

- 4.1.1 Data for comparing the mechanical properties of various species,
- 4.1.2 Data for the establishment of correct strength functions, which in conjunction with results of tests of timbers in structural sizes (see Methods D 198 and Test Method D 4761), afford a basis for establishing allowable stresses, and
- 4.1.3 Data to determine the influence on the mechanical properties of such factors as density, locality of growth, position in cross section, height of timber in the tree, change of properties with seasoning or treatment with chemicals, and change from sapwood to heartwood.

**5. Photographs of Specimens**

5.1 Four of the static bending specimens from each species shall be selected for photographing, as follows: two average growth, one fast growth, and one slow growth. These specimens shall be photographed in cross section and on the radial and tangential surfaces. Fig. 1 is a typical photograph of a cross section of 2 by 2-in. (50 by 50-mm) test specimens, and Fig. 2 is the tangential surface of such specimens.

**6. Control of Moisture Content and Temperature**

6.1 In recognition of the significant influence of temperature and moisture content on the strength of wood, it is highly desirable that these factors be controlled to ensure comparable test results.

6.2 *Control of Moisture Content*—Specimens for the test in the air-dry condition shall be dried to approximately constant weight before test. Should any changes in moisture content occur during final preparation of specimens, the specimens shall be reconditioned to constant weight before test. Tests shall be carried out in such manner that large changes in

<sup>1</sup> These methods are under the jurisdiction of ASTM Committee D7 on Wood and are the direct responsibility of Subcommittee D07.01 on Fundamental Test Methods and Properties.

Current edition approved May 15, 1994. Published July 1994. Originally published as D 143 – 22 T. Last previous edition D 143 – 83.

<sup>2</sup> *Annual Book of ASTM Standards*, Vol 04.10.

<sup>3</sup> *Annual Book of ASTM Standards*, Vol 03.01.

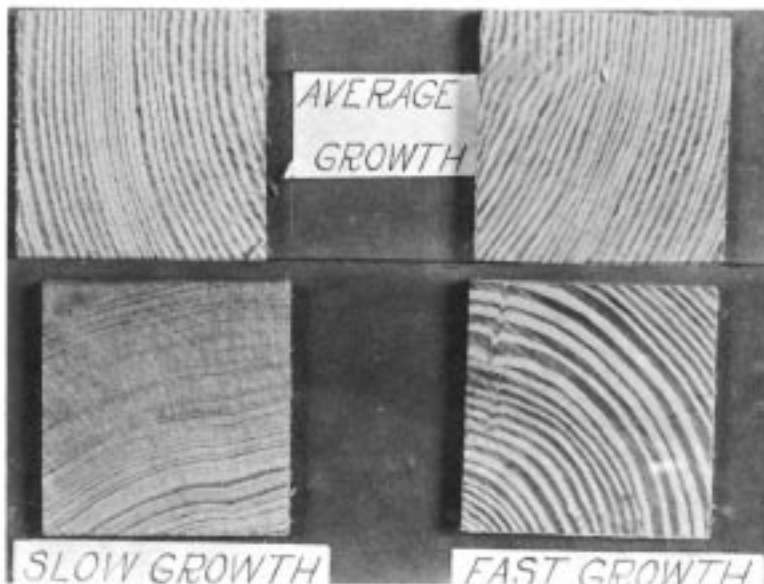


FIG. 1 Cross Sections of Bending Specimens Showing Different Rates of Growth of Longleaf Pine (2 by 2-in. (50 by 50-mm) Specimens)



FIG. 2 Tangential Surfaces of Bending Specimens of Different Rates of Growth of Jeffrey Pine 2 by 2-in. (50 by 50 by 760-mm) Specimens

moisture content will not occur. To prevent such changes, it is desirable that the testing room and rooms for preparation of test specimens have some means of humidity control.

6.3 *Control of Temperature*—Temperature and relative humidity together affect wood strength by fixing its equilibrium moisture content. The mechanical properties of wood are also affected by temperature alone. When tested, the specimens shall be at a temperature of 68 + 6°F (20 + 3°C). The temperature at the time of test shall in all instances be recorded as a specific part of the test record.

## 7. Record of Heartwood and Sapwood

7.1 *Proportion of Sapwood*—The estimated proportion of sapwood present should be recorded for each test specimen.

## 8. Static Bending

8.1 *Size of Specimens*—The static bending tests shall be made on 2 by 2 by 30 in. (50 by 50 by 760 mm) primary

method specimens or 1 by 1 by 16 in. (25 by 25 by 410 mm) secondary method specimens. The actual height and width at the center and the length shall be measured (see 22.2).

8.2 *Loading Span and Supports*—Use center loading and a span length of 28 in. (710 mm) for the primary method and 14 in. (360 mm) for the secondary method. These spans were established in order to maintain a minimum span-to-depth ratio of 14. Both supporting knife edges shall be provided with bearing plates and rollers of such thickness that the distance from the point of support to the central plane is not greater than the depth of the specimen (Fig. 3). The knife edges shall be adjustable laterally to permit adjustment for slight twist in the specimen (Note 2).

NOTE 2—Details of laterally adjustable supports may be found in Fig. 1 of Methods D 3043.

8.3 *Bearing Block*—A bearing block of the form and size of that shown in Fig. 4 shall be used for applying the load for

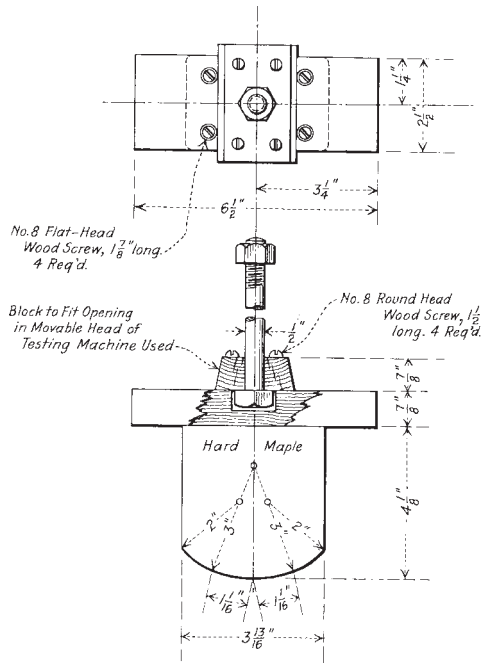


FIG. 4 Details of Bearing Block for Static Bending Tests

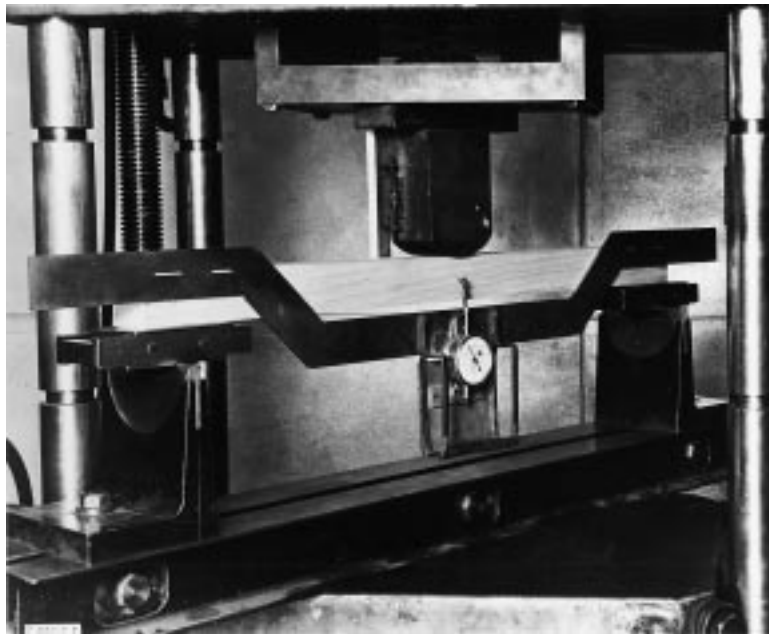


FIG. 3 Static Bending Test Assembly Showing Method of Load Application, Specimen Supported on Rollers and Laterally Adjustable Knife Edges, and Method of Measuring Deflection at Neutral Axis by Means of Yoke and Dial Attachment (Adjustable scale mounted on loading head is used to measure increments of deformation beyond the dial capacity.)

primary method specimens. A block having a radius of 1½ in. (38 mm) for a chord length of not less than 2 in. (50 mm) shall be used for secondary method specimens.

8.4 *Placement of Growth Rings*—The specimen shall be placed so that the load will be applied through the bearing block to the tangential surface nearest the pith.

8.5 *Speed of Testing*—The load shall be applied continuously throughout the test at a rate of motion of the movable

crosshead of 0.10 in. (2.5 mm)/min (see 22.3), for primary method specimens, and at a rate of 0.05 in. (1.3 mm)/min for secondary method specimens.

8.6 *Load-Deflection Curves:*

8.6.1 Load-deflection curves shall be recorded to or beyond the maximum load for all static bending tests. The curves shall be continued to a 6 in. (150 mm) deflection, or until the specimen fails to support a load of 200 lbf (890 N) for primary method specimens and to a 3 in. (76 mm) deflection or until the specimen fails to support a load of 50 lbf (220 N) for secondary method specimens.

8.6.2 Deflections of the neutral plane at the center of the length shall be taken with respect to points in the neutral plane above the supports. Alternatively, deflection may be taken relative to the tension surface at midspan. However, take care to ensure that vertical displacements which may occur at the reactions are accounted for.

8.6.3 Within the proportional limit, deflection readings shall be taken to 0.001 in. (0.02 mm). After the proportional limit is reached, less refinement is necessary in observing deflections, but it is convenient to read them by means of the dial gage (Fig. 3) until it reaches the limit of its capacity, normally approxi-

mately 1 in. (25 mm). Where deflections beyond 1 in. are encountered, the deflections may be measured by means of the scale mounted on the loading head (Fig. 3) and a wire mounted at the neutral axis of the specimen of the side opposite the yoke. Deflections are read to the nearest 0.01 in. (0.2 mm) at 0.10 in. (2.5 mm) intervals and also after abrupt changes in load.



8.6.4 The load and deflection of first failure, the maximum load, and points of sudden change shall be read and shown on the curve sheet (Note 3) although they may not occur at one of the regular load or deflection increments.

the failure develops (Fig. 6). The fractured surfaces may be roughly divided into "brash" and "fibrous", the term "brash" indicating abrupt failure and "fibrous" indicating a fracture showing splinters.

NOTE 3—See Fig. 5 for a sample static bending data sheet form.

8.8 Weight and Moisture Content—The specimen shall be

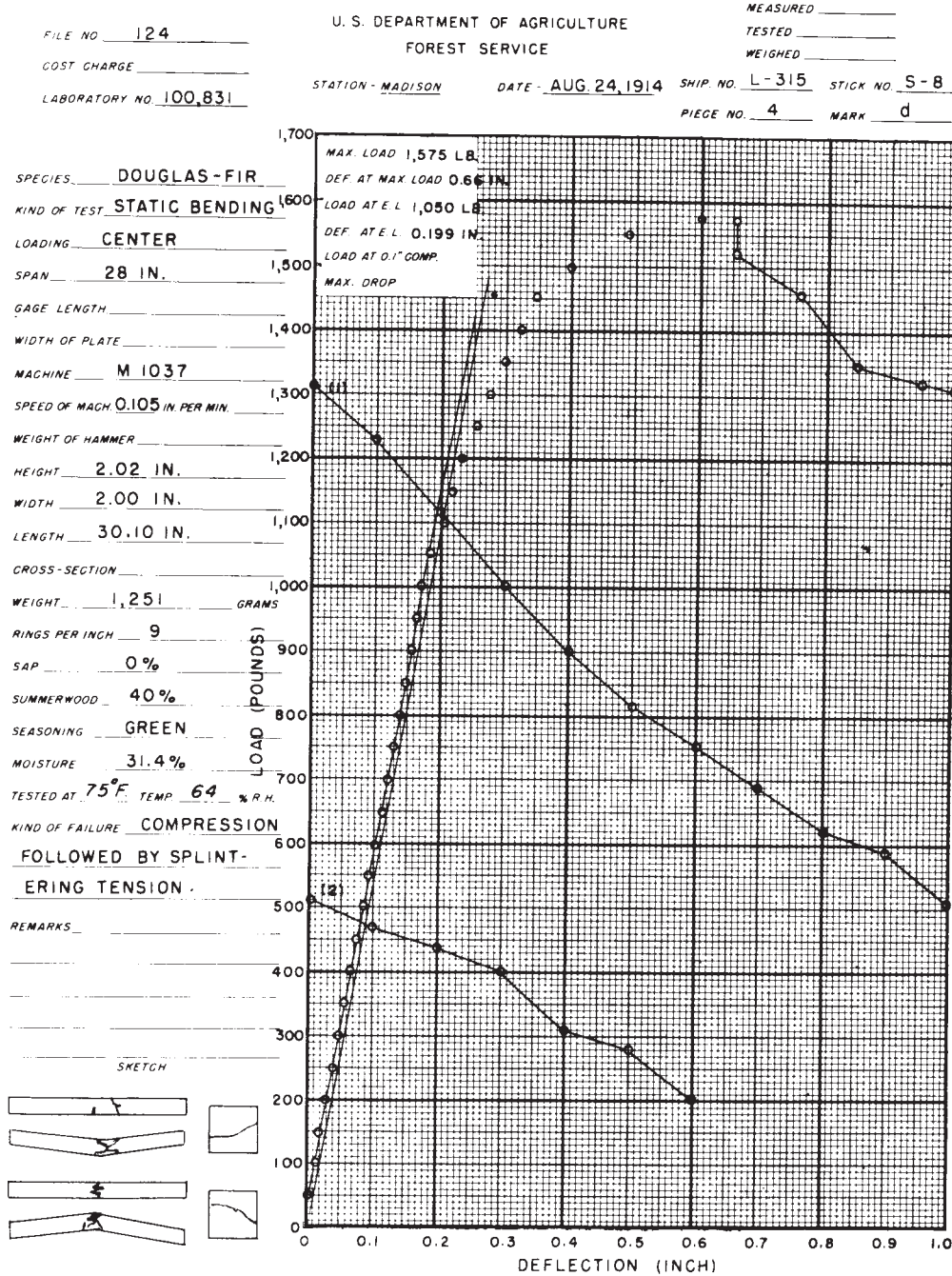
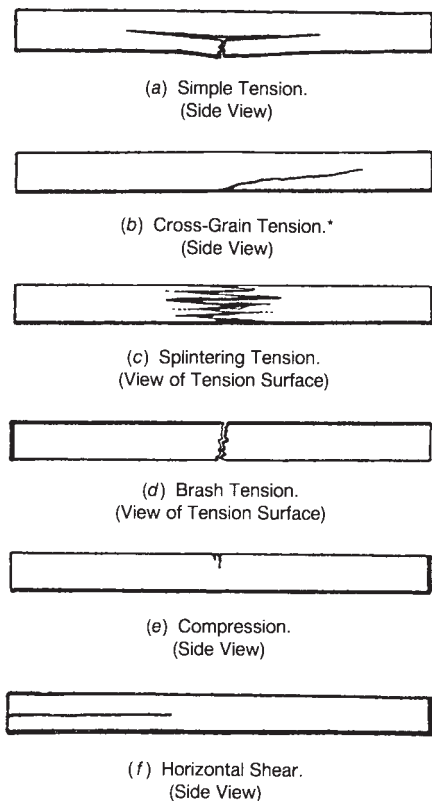


FIG. 5 Sample Data Sheet for Static Bending Test

8.7 Description of Static Bending Failures—Static bending (flexural) failures shall be classified in accordance with the appearance of the fractured surface and the manner in which

weighed immediately before test, and after the test a moisture section approximately 1 in. (25 mm) in length shall be cut from the specimen near the point of failure. (see 21.1 and 22.1).



NOTE 1—The term “cross grain” shall be considered to include all deviations of grain from the direction of the longitudinal axis or longitudinal edges of the specimen. It should be noted that spiral grain may be present even to a serious extent without being evident from a casual observation.

NOTE 2—The presence of cross grain have a slope that deviates more than 1 in 20 from the longitudinal edges of the specimen shall be cause for culling the test.

FIG. 6 Types of Failures in Static Bending

## 9. Compression Parallel to Grain

9.1 *Size of Specimens*—The compression-parallel-to-grain tests shall be made on 2 by 2 by 8 in. (50 by 50 by 200 mm) primary method specimens, or 1 by 1 by 4 in. (25 by 25 by 100 mm) secondary method specimens. The actual cross-sectional dimensions and the length shall be measured (see 22.2).

9.2 *End Surfaces Parallel*—Special care shall be used in preparing the compression-parallel-to-grain test specimens to ensure that the end grain surfaces will be parallel to each other and at right angles to the longitudinal axis. At least one platen of the testing machine shall be equipped with a spherical bearing to obtain uniform distribution of load over the ends of the specimen.

9.3 *Speed of Testing*—The load shall be applied continuously throughout the test at a rate of motion of the movable crosshead of 0.003 in./in. (mm/mm) of nominal specimen length/min (see 22.3).

### 9.4 Load-Compression Curves:

9.4.1 Load-compression curves shall be taken over a central gage length not exceeding 6 in. (150 mm) for primary method specimens, and 2 in. (50 mm) for secondary method speci-

mens. Load-compression readings shall be continued until the proportional limit is well passed, as indicated by the curve (Note 4).

NOTE 4—See Fig. 7 for a sample compression-parallel-to-grain data sheet form.

9.4.2 Deformations shall be read to 0.0001 in. (0.002 mm).

9.4.3 Figs. 8 and 9 illustrate two types of compressometers that have been found satisfactory for wood testing. Similar apparatus is available for measurements of compression over a 2 in. (50 mm) gage length.

9.5 *Position of Test Failures*—In order to obtain satisfactory and uniform results, it is necessary that the failures be made to develop in the body of the specimen. With specimens of uniform cross section, this result can best be obtained when the ends are at a very slightly lower moisture content than the body. With green material, it will usually suffice to close-pile the specimens, cover the body with a damp cloth, and expose the ends for a short time. For dry material, it may sometimes be advisable to pile the specimens in a similar manner and place them in a desiccator, should the failures in test indicate that a slight end-drying is necessary.

9.6 *Descriptions of Compression Failures*—Compression failures shall be classified in accordance with the appearance of the fractured surface (Fig. 10). In case two or more kinds of failures develop, all shall be described in the order of their occurrence; for example, shearing followed by brooming. The failure shall also be sketched in its proper position on the data sheet.

9.7 *Weight and Moisture Content*—See 8.8.

9.8 *Ring and Latewood Measurement*—When practicable, the number of rings per inch (average ring width in millimetres) and the proportion of summerwood shall be measured over a representative inch (centimetre) of cross section of the test specimen. In determining the proportion of summerwood, it is essential that the end surface be prepared so as to permit accurate latewood measurement. When the fibers are broomed over at the ends from sawing, a light sanding, planing, or similar treatment of the ends is recommended.

## 10. Impact Bending

10.1 *Size of Specimens*—The impact bending tests shall be made on 2 by 2 by 30 in. (50 by 50 by 760 mm) specimens. The actual height and width at the center and the length shall be measured (see 22.2).

10.2 *Loading and Span*—Use center loading and a span length of 28 in. (710 mm).

10.3 *Bearing Block*—A metal tup of curvature corresponding to the bearing block shown in Fig. 4 shall be used in applying the load.

10.4 *Placement of Growth Rings*—The specimen shall be placed so that the load will be applied through the bearing block to the tangential surface nearest the pith.

10.5 *Procedure*—Make the tests by increment drops in a Hatt-Turner or similar impact machine (see Fig. 11). The first drop shall be 1 in. (25 mm), after which increase the drops by 1 in. increments until a height of 10 in. (250 mm) is reached. Then use a 2 in. (50 mm) increment until complete failure occurs or a 6 in. (150 mm) deflection is reached.

FILE NO. 124  
 COST CHARGE \_\_\_\_\_  
 LABORATORY NO. 871,902

U. S. DEPARTMENT OF AGRICULTURE  
 FOREST SERVICE

MEASURED \_\_\_\_\_  
 TESTED \_\_\_\_\_  
 WEIGHED \_\_\_\_\_

STATION - MADISON DATE - NOV. 5, 1943 SHIP NO. 1590 STICK NO. S-5  
 PIECE NO. 5 MARK d

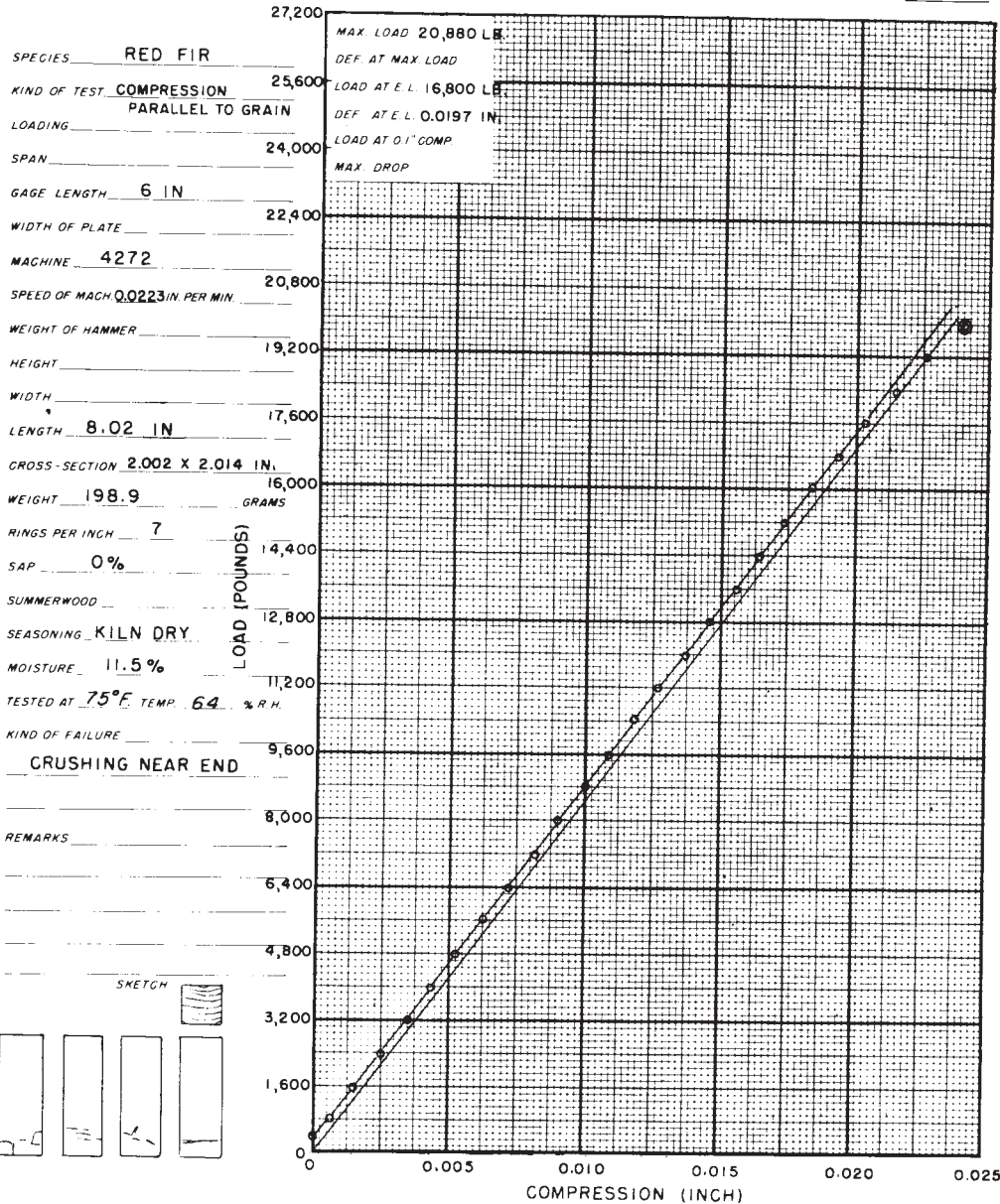


FIG. 7 Sample Data Sheet for Compression-Parallel-to-Grain Test

10.6 *Weight of Hammer*—A 50 lbf (22.5 kg) hammer shall be used when, with drops up to the capacity of the machine (about 68 in. (1.7 m) for the small Hatt-Turner impact machine), it is practically certain that complete failure or a 6 in. (150 mm) deflection will result for all specimens of a species. For all other cases, a 100 lbf (45 kg) hammer shall be used.

10.7 *Deflection Records*—When desired, graphical drum records (Note 5) giving the deflection for each drop and the set, if any, shall be made until the first failure occurs. This record will also afford data from which the exact height of drop can be scaled for at least the first four falls.

NOTE 5—See Fig. 12 for a sample drum record.

10.8 *Drop Causing Failure*—The height of drop causing either complete failure or a 6 in. (150 mm) deflection shall be observed for each specimen.

10.9 *Description of Failure*—The failure shall be sketched on the data sheet (Note 6) and described in accordance with the directions for static bending in 8.7.

NOTE 6—See Fig. 13 for a sample impact bending data sheet form. Fig. 14 shows a sample data and computation card.

10.10 *Weight and Moisture Content*—See 8.8.



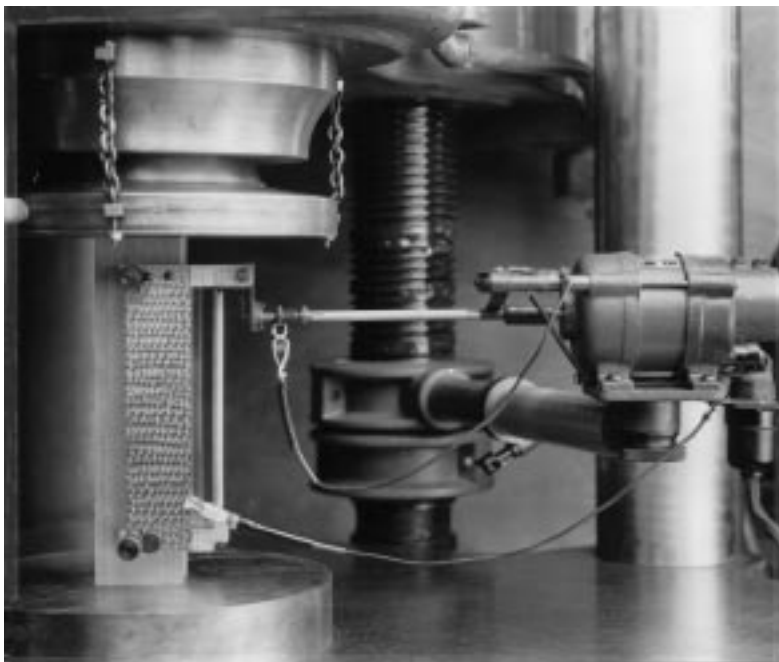


FIG. 8 Compression-Parallel-to-Grain Test Assembly Using an Automatic Type of Compressometer to Measure Deformations (The wire in the lower right-hand corner connects the compressometer with the recording unit.)



FIG. 9 Compression-Parallel-to-Grain Test Assembly Showing Method of Measuring Deformations by Means of Roller-Type Compressometer

## 11. Toughness

11.1 A single-blow impact test on a small specimen is recognized as a valuable and desirable test. Several types of machines such as the Toughness, Izod and Amsler have been used, but insufficient information is available to decide whether one procedure is superior to another, or whether the results by the different methods can be directly correlated. If the Toughness machine is used, the following procedure has been found

satisfactory. To aid in standardization and to facilitate comparisons, the size of the toughness specimen has been made equal to that accepted internationally.

11.2 *Size of Specimen*—The toughness tests shall be made on 0.79 by 0.79 by 11 in. (20 by 20 by 280 mm) specimens. The actual height and width at the center and the length shall be measured (see 22.2).

11.3 *Loading and Span*—Center loading and a span length of 9.47 in. (240 mm) shall be used. The load shall be applied to a radial or tangential surface on alternate specimens.

11.4 *Bearing Block*—An aluminum tup (Fig. 15) having a radius of  $\frac{3}{4}$  in. (19 mm) shall be used in applying the load.

11.5 *Apparatus and Procedure*—Make the tests in a pendulum type toughness machine (Note 7) (See Fig. 15). Adjust the machine before test so that the pendulum hangs vertically, and adjust it to compensate for friction. Adjust the cable so that the load is applied to the specimen when the pendulum swings to  $15^\circ$  from the vertical, so as to produce complete failure by the time the downward swing is completed. Choose the weight position and initial angle ( $30^\circ$ ,  $45^\circ$ , or  $60^\circ$ ) of the pendulum, so that complete failure of the specimen is obtained on one drop. Most satisfactory results are obtained when the difference between the initial and final angle is at least  $10^\circ$ .

NOTE 7—Many pendulum-type toughness machines are based on a design developed and used at the USDA Forest Products Laboratory in Madison, Wisconsin.

11.6 *Calculation*—The initial and final angle shall be read to the nearest  $0.1^\circ$  by means of the vernier (Fig. 15) attached to the machine (Note 8).

NOTE 8—See Fig. 16 for sample data and computation sheet for the toughness test.

The toughness shall then be calculated as follows:

$$T = wL(\cos A_2 - \cos A_1) \quad (1)$$

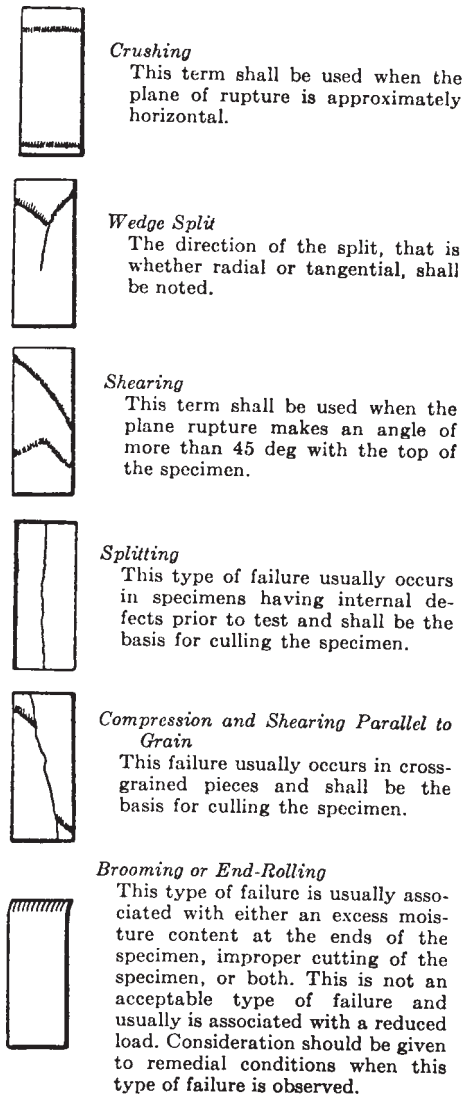


FIG. 10 Types of Failures in Compression

where:

- $T$  = toughness (work per specimen, in. · lbf (Nm),
- $w$  = weight of pendulum, lbf (N),
- $L$  = distance from center of the supporting axis to center of gravity of the pendulum, in. (m),
- $A_1$  = initial angle (Note 9), degrees, and
- $A_2$  = final angle the pendulum makes with the vertical after failure of the test specimen, degrees.

NOTE 9—Since friction is compensated for in the machine adjustment, the initial angle may be regarded as exactly 30, 45, or 60°, as the case may be.

11.7 *Weight and Moisture Content*—The specimen shall be weighed immediately before test, and after test a moisture section approximately 2 in. (50 mm) in length shall be cut from the specimen near the failure (see 21.1 and 22.1).

## 12. Compression Perpendicular to Grain

12.1 *Size of Specimens*—The compression-perpendicular-to-grain tests shall be made on 2 by 2 by 6 in. (50 by 50 by 150 mm) specimens. The actual height, width, and length shall be measured (see 22.2).

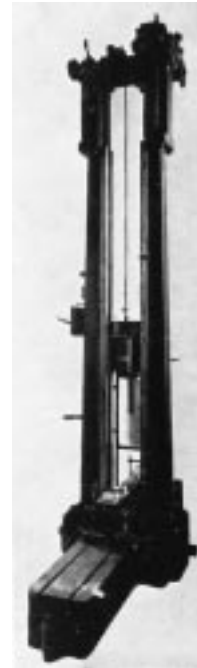


FIG. 11 Hatt-Turner Impact Machine, Illustrating Method of Conducting Impact Bending Test



FIG. 12 Sample Drum Record of Impact Bending Test

12.2 *Loading*—The load shall be applied through a metal bearing plate 2 in. (50 mm) in width, placed across the upper surface of the specimen at equal distances from the ends and at right angles to the length (Fig. 17). The actual width of the bearing plate shall be measured (see 22.2).

FILE NO. 124  
 COST CHARGE  
 LABORATORY NO. 101,151

U. S. DEPARTMENT OF AGRICULTURE  
 FOREST SERVICE

STATION - MADISON DATE - AUG 26, 1914 SHIP NO. L-315 STICK NO. E-12  
 PIECE NO. 1 MARK C

MEASURED  
 TESTED  
 WEIGHED

SPECIES DOUGLAS-FIR  
 KIND OF TEST IMPACT BENDING  
 LOADING CENTER  
 SPAN 28 IN.  
 GAGE LENGTH  
 WIDTH OF PLATE  
 MACHINE HATT-TURNER  
 SPEED OF MACH IN PER MIN  
 WEIGHT OF HAMMER 50 LB.  
 HEIGHT 2.00 IN.  
 WIDTH 2.00 IN.  
 LENGTH 29.94 IN.  
 CROSS-SECTION  
 WEIGHT 1,370 GRAMS  
 RINGS PER INCH 8  
 SAP 100 %  
 SUMMERWOOD 30 %  
 SEASONING GREEN  
 MOISTURE 61.4 %  
 TESTED AT 75°F TEMP. 64 % R.H.  
 KIND OF FAILURE COMPRESSION  
 FOLLOWED BY SPLINTERING  
 TENSION.  
 REMARKS

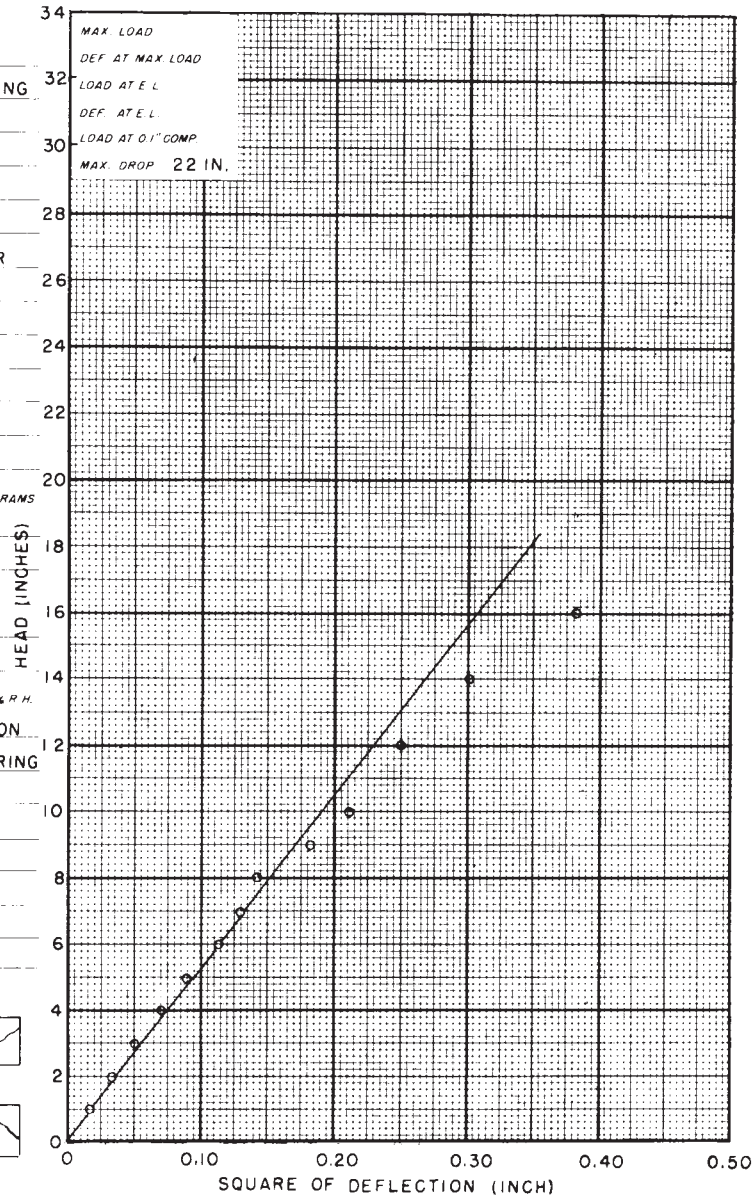
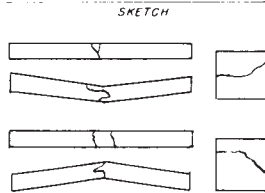


FIG. 13 Sample Data Sheet for Impact Bending Test

12.3 Placement of Growth Rings—The specimens shall be placed so that the load will be applied through the bearing plate to a radial surface.

12.4 Speed of Testing—The load shall be applied continuously throughout the test at a rate of motion of the movable crosshead of 0.012 in. (0.305 mm)/min (see 22.3).

12.5 Load-Compression Curves:

12.5.1 Load-compression curves (Note 10) shall be taken for all specimens up to 0.1 in. (2.5 mm) compression, after which the test shall be discontinued. Compression shall be measured between the loading surfaces.

NOTE 10—See Fig. 18 for a sample compression-perpendicular-to-grain data sheet form.

12.5.2 Deflection readings shall be taken to 0.0001 in. (0.002 mm).

12.6 Weight and Moisture Content—The specimen shall be weighed immediately before test, and after test a moisture section approximately 1 in. (25 mm) in length shall be cut adjacent to the part under load (see 21.1 and 22.1).

**IMPACT BENDING**

*L-315*      *E-12*      *101151*  
 (Ship No.)      (Stock No.)      (Lab. No.)  
*1*      *C*      Station *MADISON*      Date *Aug. 20, 1914*      *124*  
 (Piece No.)      (Mark)      (Project No.)  
 Species *Douglas Fir*      Grade *Clear*      Seasoning *Green*  
 Rings *8*      Sap *100*      % Summerwood *30*      % Moisture *61.4* %  
 Hammer *50*      lbs. Span *28 in.*      Length *29.94 in.*      Height *2.00 in.*      Width *2.00 in.*      Weight *1370 g.*

Drop No.	Head.	Def.	Dist <sup>2</sup>	Set.	Drop No.	Head.	Def.	Dist <sup>2</sup>	Set.	Sp. Gr. (at test)
1	1.0	0.13	0.017		11	12.0	0.50	0.250		0.698
2	2.0	0.18	0.032		12	14.0	0.55	0.302		0.432
3	3.0	0.22	0.048		13	16.0	0.62	0.384		F. S. at E. L., 10.610
4	4.0	0.26	0.068		14	18.0	0.67	0.593		M. of K., 1776
5	5.0	0.30	0.090		15					E. Resil., 3.51
6	6.0	0.34	0.116		16					Max. Drop, 22 in.
7	7.0	0.36	0.130		17					s, 0.010
8	8.0	0.38	0.144		18					H, 7.88
9	9.0	0.43	0.185		19					Δ, 0.39
10	10.0	0.46	0.212		20					

Failure: *Compression Followed by Splintering Tension.*

FIG. 14 Sample Data and Computation Card for Impact Bending Test

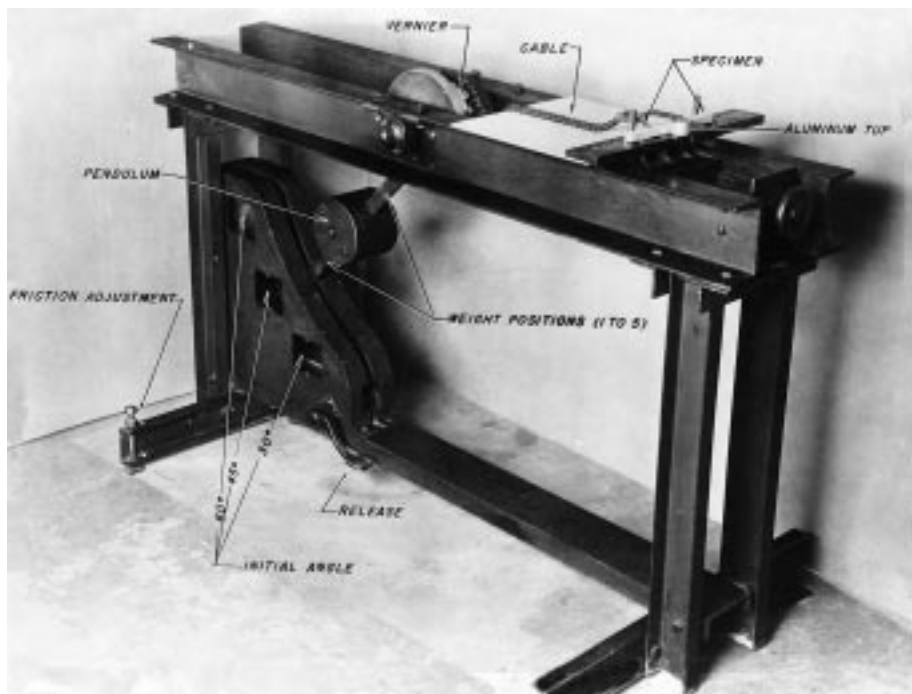


FIG. 15 Toughness Test Assembly

**13. Hardness**

13.1 *Size of Specimens*—The hardness tests shall be made on 2 by 2 by 6 in. (50 by 50 by 150 mm) specimens. The actual cross-sectional dimensions and length shall be measured (see 22.2).

13.2 *Procedure*—Use the modified ball test with a “ball” 0.444 in. (11.3 mm) in diameter for determining hardness (Fig. 19). The projected area of the ball on the test specimen is 1 cm<sup>2</sup>. Record the load at which the ball has penetrated to one half its diameter, as determined by an electric circuit indicator or by the tightening of the collar against the specimen.

13.3 *Number of Penetrations*—Two penetrations shall be made on a tangential surface, two on a radial surface, and one

on each end. The choice between the two radial and between the two tangential surfaces shall be such as to give a fair average of the piece. The penetrations shall be far enough from the edge to prevent splitting or chipping (Note 11).

NOTE 11—See Fig. 20 for a sample data and computation sheet for hardness test.

13.4 *Speed of Testing*—The load shall be applied continuously throughout the test at a rate of motion of the movable crosshead of 0.25 in. (6 mm/min) (see 22.3).



TOUGHNESS

STATION - Madison  
 SPECIES PACIFIC SILVER FIR SHIPMENT NO 1,651  
 PROJECT Str. 1L SEASONING GREEN MEASURED BY \_\_\_\_\_  
 COST CHARGE 01-3-005 SPAN 9.47 IN. WEIGHED BY \_\_\_\_\_  
 LABORATORY NOS. 268,779A-806A MACHINE NO. 4,715 TESTED BY \_\_\_\_\_  
 DATE FEB. 1, 1950 TEMP. 75 °F. REL. HUMIDITY 64 %

STICK NO.	LAB NO.	DIMENSIONS L" x H" x W"	WEIGHT GM	MOIST. %	SP. GR.	POSITION OF RINGS *		INITIAL ANGLE °	FINAL ANGLE		TOUGHNESS INCH-POUNDS	REMARKS
						RAD.	TANG.		°	'		
									3	45		
22E-3-d-1	785A	11.02 X .794 X .797	53.80	32.0	.357	✓			32	30	143.8	
	2 786A	11.02 X .789 X .790	52.54	31.8	.354	✓			31	56	149.7	
22E-5-C-1	787A	11.02 X .792 X .793	53.56	35.7	.347	✓			33	10	136.8	
	2 788A	11.02 X .794 X .795	53.00	39.6	.333	✓			34	4	127.6	

\* "RAD" LOAD APPLIED TO RADIAL FACE; "TANG" LOAD APPLIED TO TANGENTIAL FACE.

FIG. 16 Sample Data and Computation Sheet for Toughness Test

13.5 *Weight and Moisture Content*—The specimen shall be weighed immediately before the test, and after the test a moisture section approximately 1 in. (25 mm) in length shall be cut (see 21.1 and 22.1).

14. Shear Parallel to Grain

14.1 This section describes one method of making the shear-parallel-to-grain test that has been extensively used and found satisfactory.

14.2 *Size of Specimens*—The shear-parallel-to-grain tests shall be made on a 2 by 2 by 2-1/2 in. (50 by 50 by 63 mm) specimens notched in accordance with Fig. 21 to produce failure on a 2 by 2 in. (50 by 50 mm) surface. The actual dimensions of the shearing surface shall be measured (see 22.2).

14.3 *Procedure*—Use a shear tool similar to that illustrated in Fig. 22, providing a 1/8 in. (3 mm) offset between the inner edge of the supporting surface and the plane of the adjacent edge of the loading surface. Apply the load to and support the

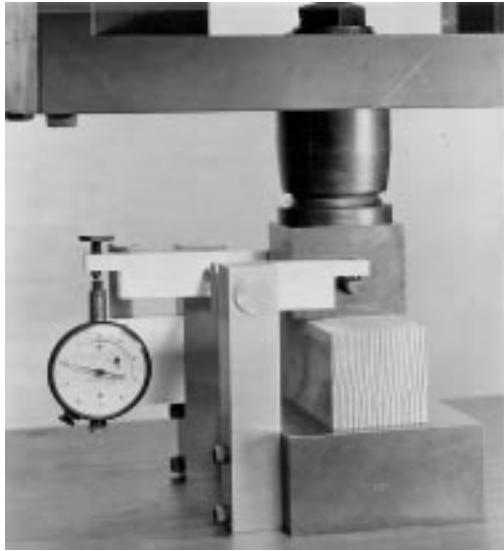
specimen on end-grain surfaces. Take care in placing the specimen in the shear tool to see that the crossbar is adjusted, so that the edges of the specimen are vertical and the end rests evenly on the support over the contact area. Observe the maximum load only.

14.4 *Speed of Testing*—The load shall be applied continuously throughout the test at a rate of motion of the movable crosshead of 0.024 in. (0.6 mm)/min (see 22.3).

14.5 *Test Failures*—The failure shall be sketched on the datasheet (Note 12). In all cases where the failure at the base of the specimen extends back onto the supporting surface, the test shall be culled.

NOTE 12—See Fig. 23 for a sample data and computation sheet for the tangential-shear-parallel-to-grain test.

14.6 *Moisture Content*—The portion of the test piece that is sheared off shall be used as a moisture specimen (see 21.1 and 22.1).



**FIG. 17 Compression-Perpendicular-to-Grain Test Assembly Showing Method of Load Application and Measurement of Deformation by Means of Averaging-Type Compressometer**

## 15. Cleavage

15.1 *Size of Specimens*—The cleavage tests shall be made on specimens of the form and size in accordance with Fig. 24. The actual width and length at minimum section shall be measured (see 22.2).

15.2 *Procedure*—The specimens shall be held during test in grips as shown in Figs. 25 and 26. Observe the maximum load only.

15.3 *Speed of Testing*—The load shall be applied continuously throughout the test at a rate of motion of the movable crosshead of 0.10 in. (2.5 mm)/min (see 22.3).

15.4 *Sketch of Failure*—The failure shall be sketched on the data sheet (Note 13).

NOTE 13—See Fig. 27 for a sample data and computation sheet for the cleavage test.

15.5 *Moisture Content*—One of the pieces remaining after failure, or a section split along the surface of failure, shall be used as a moisture specimen (see 21.1 and 22.1).

## 16. Tension Parallel to Grain

16.1 One method of determining the tension-parallel-to-grain strength of wood is given in the following procedure.

16.2 *Size of Specimens*—The tension-parallel-to-grain tests shall be made on specimens of the size and shape in accordance with Fig. 28. The specimen shall be so oriented that the direction of the annual rings at the critical section on the ends of the specimens, shall be perpendicular to the greater cross-sectional dimension. The actual cross-sectional dimensions at minimum section shall be measured (see 22.2).

16.3 *Procedure:*

16.3.1 Fasten the specimen in special grips (Fig. 29). Deformation shall be measured over a 2 in. (50 mm) central gage length on all specimens. Take load-extension readings until the proportional limit is passed.

16.3.2 Read deformations to 0.0001 in. (0.002 mm).

16.3.3 Fig. 29 illustrates gripping devices and a type of extensometer that have been found satisfactory.

16.4 *Speed of Testing*—The load shall be applied continuously throughout the test at a rate of motion of the movable crosshead of 0.05 in (1mm)/min (see 22.3).

16.5 *Sketch of Failure*—The failure shall be sketched on the data sheet (Note 14).

NOTE 14—See Fig. 30 for a sample tension-parallel-to-grain-data and computation sheet.

16.6 *Moisture Content*—A moisture section about 3 in. (76 mm) in length shall be cut from the reduced section near the failure (see 21.1 and 22.1).

## 17. Tension Perpendicular to Grain

17.1 *Size of Specimens*—The tension-perpendicular-to-grain tests shall be made on specimens of the size and shape in accordance with Fig. 31. The actual width and length at minimum sections shall be measured (see 22.2).

17.2 *Procedure*—Fasten the specimens during test in grips as shown in Figs. 32 and 33. Observe the maximum load only.

17.3 *Speed of Testing*—The load shall be applied continuously throughout the test at a rate of motion of the movable crosshead of 0.10 in. (2.5 mm)/min (see 22.3).

17.4 *Sketch of Failure*—The failure shall be sketched on the data sheet (Note 15).

NOTE 15—See Fig. 34 for a sample data and computation sheet for the tension-perpendicular-to-grain test.

17.5 *Moisture Content*—One of the pieces remaining after failure or a section split along the surface of failure, shall be used as a moisture specimen (see 21.1 and 22.1).

## 18. Nail Withdrawal

18.1 *Nails*—Nails used for withdrawal tests shall be 0.0985 in. (2.5 mm) in diameter (Note 16). Bright diamond-point nails shall be used. All nails shall be cleaned before use to remove any coating or surface film that may be present as a result of manufacturing operations. Each nail shall be used once.

NOTE 16—A fivepenny common nail meets this requirement. If difficulty is experienced with high-density woods in pulling the nails without breaking the heads, a sevenpenny cement-coated sinker nail with coating removed by use of a suitable solvent, may be used.

18.2 *Preparation of Specimens*—Nails shall be driven at right angles to the face of the specimen to a total penetration of 1¼ in. (32 mm). Two nails shall be driven on a tangential surface, two on a radial surface, and one on each end. The choice between the two radial and two tangential surfaces shall be such as to give a fair average of the piece. On radial and tangential faces, the nails shall be driven a sufficient distance from the edges and ends of the specimen to avoid splitting. In general, nails should not be driven closer than ¾ in. (19 mm) from the edge or 1½ in. (38 mm) from the end of a piece. The two nails on a radial or tangential face should not be driven in line with each other or less than 2 in. (50 mm) apart.

18.3 *Procedure*—Withdraw all six nails in a single specimen immediately after driving. Fasten the specimens during the test in grips as shown in Figs. 35 and 36. Observe the maximum load only (Note 16).

FILE NO. 124  
 COST CHARGE \_\_\_\_\_  
 LABORATORY NO. 871,620

U. S. DEPARTMENT OF AGRICULTURE  
 FOREST SERVICE

MEASURED \_\_\_\_\_  
 TESTED \_\_\_\_\_  
 WEIGHED \_\_\_\_\_

STATION - MADISON DATE - OCT. 25, 1943 SHIP NO. 1590 STICK NO. N-6  
 PIECE NO. 4 MARK C

SPECIES RED FIR  
 KIND OF TEST COMPRESSION  
 LOADING PERPENDICULAR TO GRAIN  
 SPAN \_\_\_\_\_  
 GAGE LENGTH \_\_\_\_\_  
 WIDTH OF PLATE 2 IN.  
 MACHINE 4270  
 SPEED OF MACH. 0.0121 IN. PER MIN.  
 WEIGHT OF HAMMER \_\_\_\_\_  
 HEIGHT 2.015 IN.  
 WIDTH 2.012 IN.  
 LENGTH 6.07 IN.  
 GROSS-SECTION \_\_\_\_\_  
 WEIGHT 175.3 GRAMS  
 RINGS PER INCH 25  
 SAP \_\_\_\_\_  
 SUMMERWOOD \_\_\_\_\_  
 SEASONING KILN DRY  
 MOISTURE 10.8 %  
 TESTED AT 75° F. TEMP. 64 % R.H.  
 KIND OF FAILURE \_\_\_\_\_  
 REMARKS \_\_\_\_\_  
 SKETCH \_\_\_\_\_

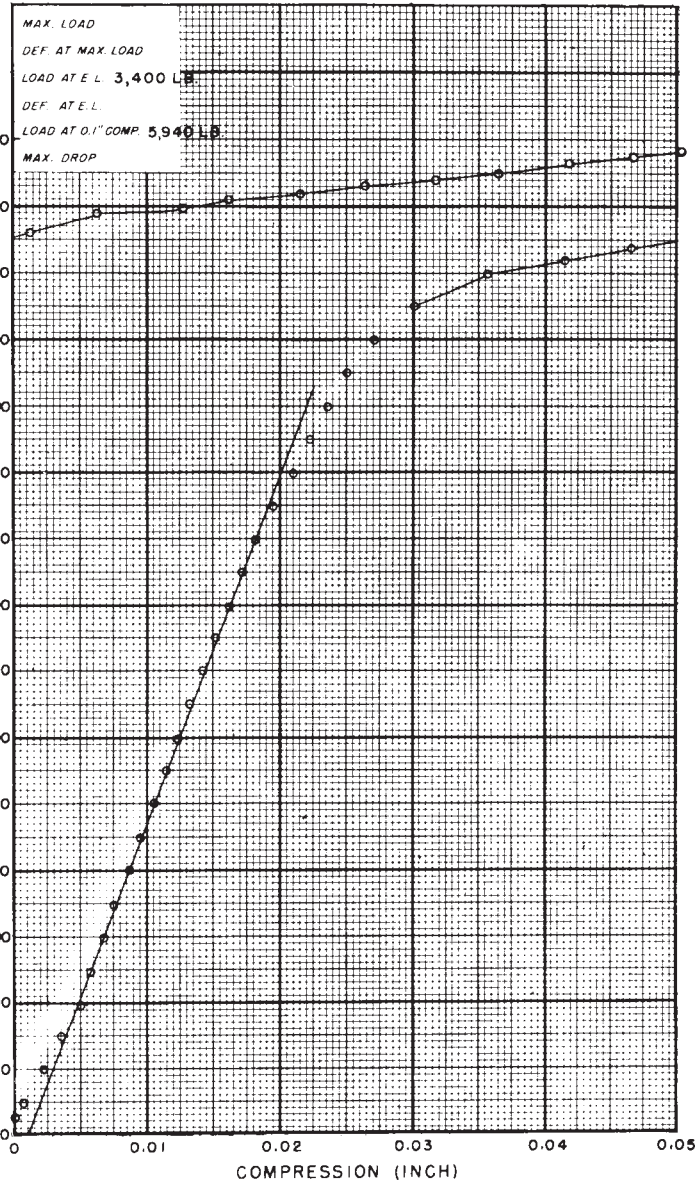


FIG. 18 Sample Data Sheet for Compression-Perpendicular-to-Grain Test

NOTE 17—See Fig. 37 for sample nail-withdrawal test data sheet form.

18.4 *Speed of Testing*—The load shall be applied continuously throughout the test at a rate of motion of the movable crosshead of 0.075 in. (2 mm)/min (see 22.3).

18.5 *Weight and Moisture Content*—The specimen shall be weighed immediately before driving the nails. After the test, a moisture section approximately 1 in. (25 mm) in length shall be cut from specimen (see 21.1 and 22.1).

**19. Specific Gravity and Shrinkage in Volume (Note 17)**

NOTE 18—Other methods of determining specific gravity using specimens of different shape, size, and moisture content are found in Test Methods D 2395.

19.1 *Size of Specimens*—The specific gravity and shrinkage in volume tests shall be made on green 2 by 2 by 6 in. (50 by 50 by 150 mm) specimens. The actual cross-sectional dimensions and length shall be measured (see 22.2).

19.2 *Procedure:*

19.2.1 Obtain both specific gravity and shrinkage-in-volume determinations on the same specimen. Make these determinations at approximately 12 % moisture content and at the oven-dry condition (Test Methods D 2395).

19.2.2 A carbon impression of the end of the green specimen may be made on the back of the data sheet (Note 18). In like manner, a carbon impression of the same end may be made after the specimen has been conditioned.

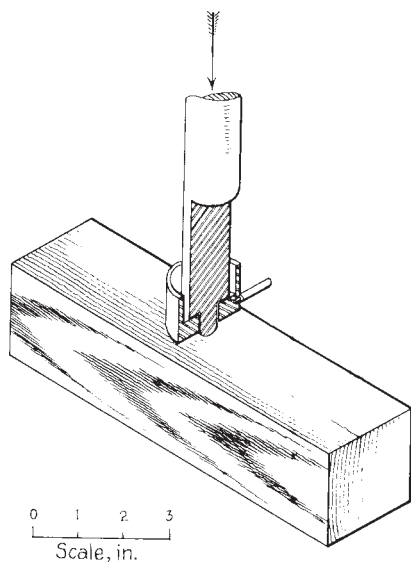


FIG. 19 Diagrammatic Sketch of Method of Conducting Hardness Test

NOTE 19—See Fig. 38 for a sample data and computation sheet for the specific gravity and shrinkage-in-volume test.

19.2.3 Weigh the specimen when green (see 22.1) and determine the volume by the immersion method in accordance with the procedures of Test Methods D 2395.

19.2.4 Open-pile the green specimens after immersion and allow them to air-season under room conditions to a uniform moisture content of approximately 12%. The specimens should then be weighed and the volume determined by the immersion method.

19.2.5 Then, open-pile the specimens used for specific gravity and shrinkage determinations at 12% moisture content, or duplicate specimens on which green weight and volume measurements have been made prior to conditioning to approximately 12% moisture content in an oven. Dry at  $103 \pm 2^\circ\text{C}$  until approximately constant mass is reached (Test Methods D 4442).

19.2.6 After oven-drying, weigh the specimens (see 22.1) and while still warm, immerse them in a hot paraffin bath, taking care to remove them quickly to ensure a thin coating.

19.2.7 Determine the volume of the paraffin-coated specimen by immersion as before.

19.2.8 Fig. 39 illustrates the apparatus used in determining the specific gravity and shrinkage in volume. The use of an automatic balance will facilitate increased rapidity and accuracy of measurements.

## 20. Radial and Tangential Shrinkage

20.1 *Size of Specimens*—The radial and tangential shrinkage determinations shall be made on green 1 by 4 by 1 in. (25 by 100 by 25 mm) specimens cut from 1 by 4-in. (25 by 100-mm) boards, edge grain and flat grain, respectively.

20.2 *Initial Measurement*—The length of all specimens shall be measured.

20.3 *Weight*—The specimen shall be weighed when green and after subsequent oven-drying (see 21.1).

20.4 *Drying*:

20.4.1 The green specimens shall be open-piled and allowed to air-season under room conditions to a uniform moisture content of approximately 12%.

20.4.2 After weighing and measuring, the specimens shall then be open-piled in an oven and dried at  $103 \pm 2^\circ\text{C}$  until approximately constant mass is attained (Test Methods D 4442).

20.5 *Final Measurement*—Measurements of mass and length shall be made on the oven-dry specimens (see Note 18).

NOTE 20—See Fig. 40 for a sample data and computation sheet for the radial and tangential-shrinkage test.

20.6 *Method of Measurement*—Fig. 41 illustrates the method of making the radial and tangential shrinkage measurements. An ordinary micrometer of required accuracy is suitable for this work (see 22.2).

## 21. Moisture Determination

21.1 *Selection*—The sample for moisture determinations of each test specimen shall be selected as described for each test.

21.2 *Weighing*—Immediately after obtaining the moisture sample, all loose splinters shall be removed and the sample shall be weighed (see 22.1).

21.3 *Drying*—The moisture samples shall be open-piled in an oven and dried at a temperature of  $103 \pm 2^\circ\text{C}$  until approximately constant mass is attained, after which the oven-dry mass shall be determined.

21.4 *Moisture Content*—The loss in mass, expressed in percent of the oven-dry mass as determined, shall be considered the moisture content of the specimen.

## 22. Mass and Permissible Variations

22.1 *Mass*—The mass of test specimens and of moisture samples shall be determined to an accuracy of not less than 0.2%.

22.2 *Measurements*—Measurements of test specimens shall be made to an accuracy of not less than 0.3%, except that in no case shall the measurements be made to less than 0.01 in. (0.25 mm). However, measurements of radial and tangential shrinkage specimens shall be made to the nearest 0.001 in. (0.02 mm).

22.3 *Testing Machine Speeds*—The testing machine speed used should not vary by more than 25% from that specified for a given test. If the specified speed cannot be obtained, the speed used shall be recorded on the data sheet. The crosshead speed shall mean the free-running or no-load speed of crosshead for testing machines of the mechanical drive type and the loaded crosshead speed for testing machines of the hydraulic loading type.

## 23. Calibration

23.1 All apparatus used in obtaining data shall be calibrated at sufficiently frequent intervals to ensure accuracy (Practices E 4).

## 24. Precision and Bias

24.1 Statements of precision and bias for the tests have not yet been developed.







FIG. 22 Shear-Parallel-to-Grain Test Assembly Showing Method of Load Application Through Adjustable Seat to Provide Uniform Lateral Distribution of Load





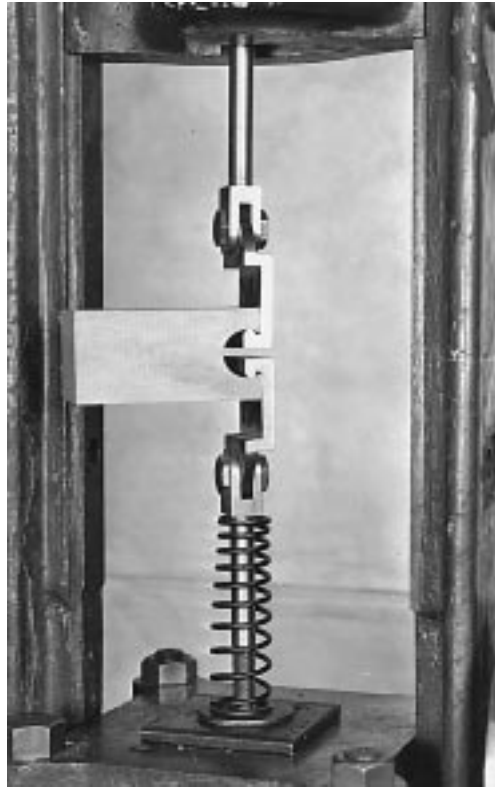
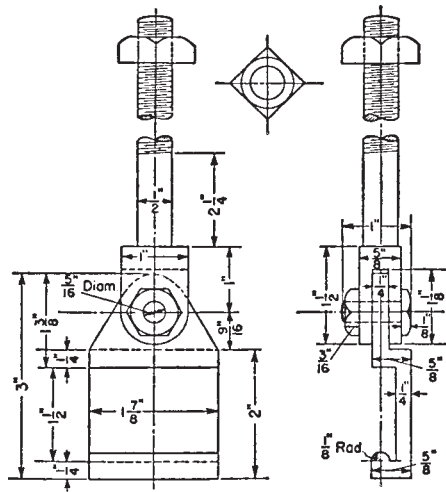


FIG. 25 Cleavage Test Assembly



NOTE 1—Two pieces included in one set:  
 One piece with shank 8 in. long.  
 One piece with shank 5½ in. long.

Metric Equivalents

in.	mm	in.	mm
1/8	3	1 3/8	35
3/16	4.8	1 1/2	38
1/4	6	1 7/8	48
5/16	8	2	50
1/2	13	2 1/4	57
9/16	14	3	76
5/8	16	5 1/2	140
1	25	8	200
1 1/8	28		

FIG. 26 Design Details of Grips for Cleavage Test

CLEAVAGE

STATION - *Madison*  
 SPECIES *PACIFIC SILVER FIR* SHIPMENT NO. *1,651*  
 PROJECT *Str. II* SEASONING *GREEN* MEASURED BY \_\_\_\_\_  
 COST CHARGE *01-3-005* MACHINE SPEED *0.1110* WEIGHED BY \_\_\_\_\_  
 LABORATORY NOS. *267,036A-041A* MACHINE NO. *4269* TESTED BY \_\_\_\_\_  
 DATE *JAN. 17, 1951* TEMP. *75* °F. REL. HUMIDITY *64*%


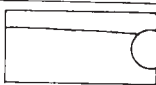

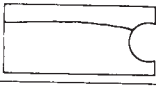
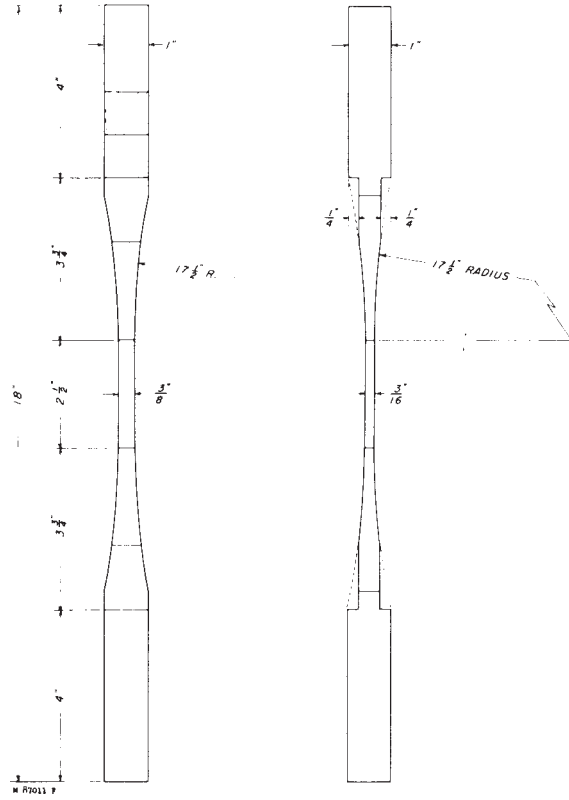
STICK NO.	CLEAVAGE SURFACE	CLEAVAGE AREA L" X W"	MAXIMUM LOAD LB.	LOAD PER INCH OF WIDTH LB.	MOISTURE CONTENT %	REMARKS	SKETCH	
<i>22-N-6-d</i>	<i>R.</i>	<i>3.03 X 2.005</i>	<i>315</i>	<i>157</i>	<i>36.9</i>			
<i>22-N-6-d</i>	<i>T.</i>	<i>3.03 X 2.007</i>	<i>330</i>	<i>165</i>	<i>38.5</i>			

FIG. 27 Sample Data and Computation Sheet for Cleavage Test



Metric Equivalents

in.	3/16	1/4	3/8	1	2 1/2	3/4	4	17 1/2	18
mm	4.8	6.3	9.5	25	63	95	100	444	460

FIG. 28 Tension-Parallel-to-Grain Test Specimen



**FIG. 29 Tension-Parallel-to-Grain Test Assembly Showing Grips and Use of 2 in. (50-mm) Gage Length Extensometer for Measuring Deformation**

FILE NO. Str. - 1L  
 COST CHARGE 01-3-005  
 LABORATORY NO. 266,895A

U. S. DEPARTMENT OF AGRICULTURE  
 FOREST SERVICE

STATION MADISON DATE DEC. 28, 1950 SHIP NO. 1651 STICK NO. N-1  
 MEASURED \_\_\_\_\_  
 TESTED \_\_\_\_\_  
 WEIGHED \_\_\_\_\_  
 PIECE NO. 22 MARK C

SPECIES PACIFIC SILVER FIR  
 KIND OF TEST TENSION PARALLEL TO GRAIN  
 LOADING \_\_\_\_\_  
 SPAN 2 IN.  
 GAGE LENGTH \_\_\_\_\_  
 WIDTH OF PLATE \_\_\_\_\_  
 MACHINE 4713  
 SPEED OF MACH 0.036 IN. PER MIN.  
 WEIGHT OF HAMMER \_\_\_\_\_  
 HEIGHT \_\_\_\_\_  
 WIDTH \_\_\_\_\_  
 LENGTH \_\_\_\_\_  
 CROSS-SECTION 0.187 X 0.379  
 WEIGHT \_\_\_\_\_ GRAMS  
 RINGS PER INCH \_\_\_\_\_  
 SAP \_\_\_\_\_  
 SUMMERWOOD \_\_\_\_\_  
 SEASONING GREEN  
 MOISTURE \_\_\_\_\_  
 TESTED AT 75°F. TEMP. 64 % R.H.  
 KIND OF FAILURE SPLINTERING TENSION

REMARKS \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

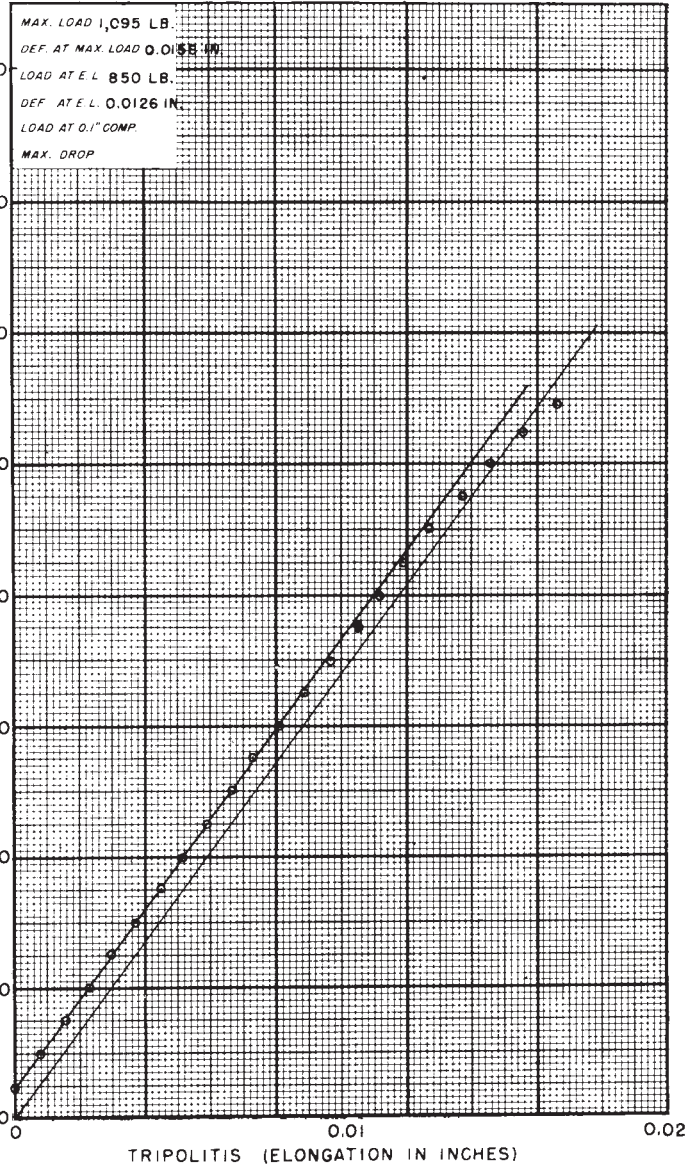
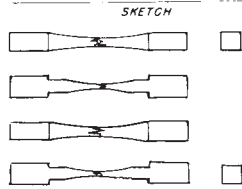
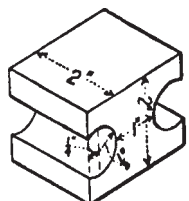


FIG. 30 Sample Data Sheet for Tension-Parallel-to-Grain Test



Metric Equivalents

in	1/4	1/2	1	2
mm	6	13	25	50

FIG. 31 Tension-Perpendicular-to-Grain Test Specimen

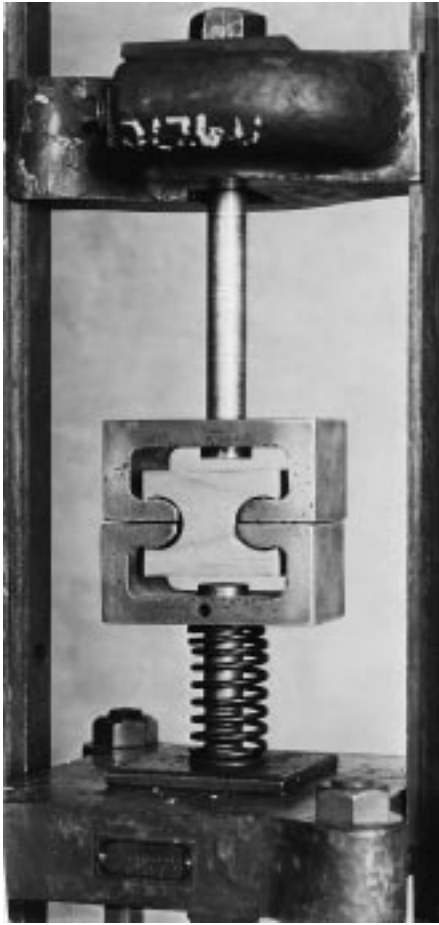
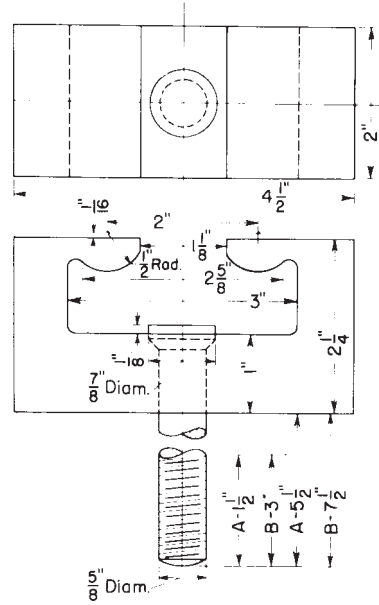


FIG. 32 Tension-Perpendicular-to-Grain Test Assembly



NOTE 1—Two pieces included in one set:  
 One marked A.  
 One marked B.  
 Scale—Full Size

Metric Equivalents			
in.	mm	in.	mm
1/16	1.6	2	50
1/8	3.2	2 1/4	57
1/2	13	2 5/8	67
5/8	16	3	76
7/8	22	4 1/2	114
1	25	5 1/2	140
1 1/8	29	7 1/2	190
1 1/2	38		

FIG. 33 Design Details of Grips for Tension-Perpendicular-to-Grain Test



# D 143 - 94 (2000) e1

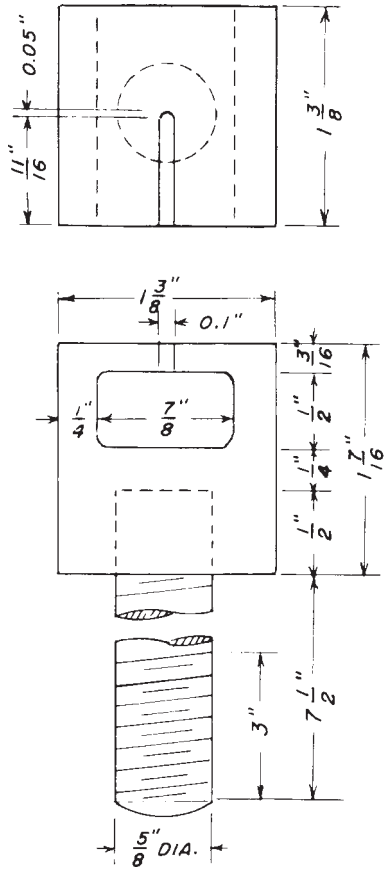
## TENSION PERPENDICULAR TO GRAIN

STATION - Madison SHIPMENT NO. 1,651  
 SPECIES PACIFIC SILVER FIR  
 PROJECT Str. 1L SEASONING GREEN MEASURED BY \_\_\_\_\_  
 COST CHARGE 01-3-005 MACHINE SPEED 0.1080 WEIGHED BY \_\_\_\_\_  
 LABORATORY NOS. 267048A-053A MACHINE NO. 4,713 TESTED BY \_\_\_\_\_  
 DATE JAN. 16, 1951 TEMP. 75 °F. REL. HUMIDITY 64 %

STICK NO.	TENSION SURFACE	TENSION AREA L" X W"	MAXIMUM LOAD LB	TENSILE STRENGTH P.S.I.	MOISTURE CONTENT %	REMARKS	SKETCH	
22-N-6-d	R.	0.98 x 2.011	575	292	33.0			
22-N-6-d	T.	1.00 x 2.001	635	317	32.4			

FIG. 34 Sample Data and Computation Sheet for Tension-Perpendicular-to-Grain Test





Metric Equivalents

in.	mm	in.	mm
0.05	1.3	1 <sup>1</sup> / <sub>16</sub>	7.5
0.1	2.5	7 <sup>1</sup> / <sub>8</sub>	22
3 <sup>1</sup> / <sub>16</sub>	4.8	13 <sup>3</sup> / <sub>8</sub>	35
1 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	6.3	17 <sup>1</sup> / <sub>16</sub>	36
1 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	13	3	76
5 <sup>1</sup> / <sub>8</sub>	16	7 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	190

FIG. 35 Design Details of Grip for Nail Withdrawal Test



FIG. 36 Nail Withdrawal Test Assembly Showing Specimen in Position for Withdrawal of Nail Driven in One End of the Specimen



**ASTM D 143 - 94 (2000) <sup>e1</sup>**

**SPECIFIC GRAVITY AND VOLUMETRIC SHRINKAGE**

STATION - Madison  
 SPECIES PACIFIC SILVER FIR SHIPMENT NO. 1,651  
 PROJECT Str. 1L MEASURED BY \_\_\_\_\_  
 COST CHARGE 01-3-005 WEIGHED BY \_\_\_\_\_  
 LABORATORY NOS. 267,060A-065A VOLUME BY \_\_\_\_\_  
 DATE \_\_\_\_\_

STICK NO.	DIMENSIONS L" X H" X W"	SEASONING	DATE	RINGS PER INCH	SAP %	SUMMER- WOOD %	WEIGHT GM.	MOISTURE %	VOLUME C.C.	I. SPECIFIC GRAVITY	WEIGHT POUNDS PER CUBIC FOOT	VOLUMETRIC SHRINKAGE %
22-N-4-C	6.05 X 2.00 X	GREEN	1-9-'51	18	0		201.3	34.3	393.8	.381		
	2.002	OVEN-DRY	6-19-'51				149.9	0	332.1	.451	28.1	15.7
REMARKS		AIR-DRY 6-13-'51				168.0		12.07	360.3	.416		
REMARKS												
22-S-5-C	6.03 X 2.004	GREEN	1-9-'51	17	0		223.1	55.5	392.0	.366		
	X2.001	OVEN-DRY	6-19-'51				143.5	0	334.2	.429	26.8	14.7
REMARKS		AIR-DRY 6-13-'51				160.9		12.13	360.9	.398		
REMARKS												
REMARKS												
REMARKS												
REMARKS												
REMARKS												
REMARKS												
REMARKS												
REMARKS												
REMARKS												
REMARKS												
REMARKS												
REMARKS												

\* BASED ON ORIGINAL VOLUME (GREEN, AIR-DRY OR KILN-DRY). NOTE: USE BACK OF SHEET FOR CARBON IMPRESSIONS.  
 I. BASED ON WEIGHT WHEN OVEN-DRY

**FIG. 38 Sample Data and Computation Sheet for Specific Gravity and Shrinkage-in-Volume Test**



FIG. 39 Specific Gravity and Shrinkage-in-Volume Test Set-Up



# D 143 - 94 (2000) e1

## SHRINKAGE - RADIAL AND TANGENTIAL

PROJECT Str. IL SPECIES PACIFIC SILVER FIR STATION - Madison SHIPMENT NO. 1,651  
 COST CHARGE 01-3-005 MEASURED BY \_\_\_\_\_  
 LABORATORY NOS 266,857A-864A WEIGHED BY \_\_\_\_\_  
 DATE \_\_\_\_\_

STICK NO.	NOMINAL SIZE L" x H" x W"	SHRINKAGE DIRECTION	SEASONING	DATE	RINGS PER INCH	SAP %	SUMMERWOOD %	WIDTH IN.	WEIGHT GM.	MOISTURE %	SHRINKAGE %*
22-2-cd	1 x 1 x 4	R.	GREEN	12/26/50	17	15		3.997	35.50	52.5	
			AIR-DRY								
			OVEN-DRY	4/6/51				3.784	23.28		5.3
REMARKS											
22-2-cd	1 x 1 x 4	T.	GREEN	12/26/50	12	10		3.995	40.00	77.8	
			AIR-DRY								
			OVEN-DRY	4/6/51				3.602	22.50		9.8
REMARKS											
			GREEN								
			AIR-DRY								
			OVEN-DRY								
REMARKS											
			GREEN								
			AIR-DRY								
			OVEN-DRY								
REMARKS											
			GREEN								
			AIR-DRY								
			OVEN-DRY								
REMARKS											
			GREEN								
			AIR-DRY								
			OVEN-DRY								
REMARKS											
			GREEN								
			AIR-DRY								
			OVEN-DRY								
REMARKS											

\* BASED ON GREEN WIDTH.

FIG. 40 Sample Data and Computation Sheet for Radial- and Tangential-Shrinkage Tests



**FIG. 41 Radial- and Tangential-Shrinkage Test Assembly**

*ASTM International takes no position respecting the validity of any patent rights asserted in connection with any item mentioned in this standard. Users of this standard are expressly advised that determination of the validity of any such patent rights, and the risk of infringement of such rights, are entirely their own responsibility.*

*This standard is subject to revision at any time by the responsible technical committee and must be reviewed every five years and if not revised, either reapproved or withdrawn. Your comments are invited either for revision of this standard or for additional standards and should be addressed to ASTM International Headquarters. Your comments will receive careful consideration at a meeting of the responsible technical committee, which you may attend. If you feel that your comments have not received a fair hearing you should make your views known to the ASTM Committee on Standards, at the address shown below.*

*This standard is copyrighted by ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA 19428-2959, United States. Individual reprints (single or multiple copies) of this standard may be obtained by contacting ASTM at the above address or at 610-832-9585 (phone), 610-832-9555 (fax), or [service@astm.org](mailto:service@astm.org) (e-mail); or through the ASTM website ([www.astm.org](http://www.astm.org)).*



# Standard Test Methods for Notched Bar Impact Testing of Metallic Materials<sup>1</sup>

This standard is issued under the fixed designation E23; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last reapproval. A superscript epsilon ( $\epsilon$ ) indicates an editorial change since the last revision or reapproval.

*This standard has been approved for use by agencies of the Department of Defense.*

<sup>ε1</sup> NOTE—Editorial changes made throughout in September 2007.

## 1. Scope

1.1 These test methods describe notched-bar impact testing of metallic materials by the Charpy (simple-beam) test and the Izod (cantilever-beam) test. They give the requirements for: test specimens, test procedures, test reports, test machines (see [Annex A1](#)) verifying Charpy impact machines (see [Annex A2](#)), optional test specimen configurations (see [Annex A3](#)), pre-cracking Charpy V-notch specimens (see [Annex A4](#)), designation of test specimen orientation (see [Annex A5](#)), and determining the percent of shear fracture on the surface of broken impact specimens (see [Annex A6](#)). In addition, information is provided on the significance of notched-bar impact testing (see [Appendix X1](#)), methods of measuring the center of strike (see [Appendix X2](#)).

1.2 These test methods do not address the problems associated with impact testing at temperatures below  $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$  ( $-320\text{ }^{\circ}\text{F}$ ,  $77\text{ K}$ ).

1.3 The values stated in SI units are to be regarded as the standard. Inch-pound units are provided for information only.

1.4 *This standard does not purport to address all of the safety concerns, if any, associated with its use. It is the responsibility of the user of this standard to establish appropriate safety and health practices and determine the applicability of regulatory limitations prior to use.* Specific precautionary statements are given in Section 5.

## 2. Referenced Documents

2.1 *ASTM Standards:*<sup>2</sup>

[B925 Practices for Production and Preparation of Powder Metallurgy \(PM\) Test Specimens](#)

[E177 Practice for Use of the Terms Precision and Bias in ASTM Test Methods](#)

<sup>1</sup> These test methods are under the jurisdiction of ASTM Committee E28 on Mechanical Testing and are the direct responsibility of Subcommittee E28.07 on Impact Testing.

Current edition approved June 1, 2007. Published July 2007. Originally approved in 1933. Last previous edition approved 2007 as E23 – 07. DOI: 10.1520/E0023-07AE01.

<sup>2</sup> For referenced ASTM standards, visit the ASTM website, [www.astm.org](http://www.astm.org), or contact ASTM Customer Service at [service@astm.org](mailto:service@astm.org). For *Annual Book of ASTM Standards* volume information, refer to the standard's Document Summary page on the ASTM website.

[E399 Test Method for Linear-Elastic Plane-Strain Fracture Toughness  \$K\_{Ic}\$  of Metallic Materials](#)

[E604 Test Method for Dynamic Tear Testing of Metallic Materials](#)

[E691 Practice for Conducting an Interlaboratory Study to Determine the Precision of a Test Method](#)

[E1313 Guide for Recommended Formats for Data Records Used in Computerization of Mechanical Test Data for Metals \(Discontinued 2000\)](#)<sup>3</sup>

## 3. Summary of Test Method

3.1 The essential features of an impact test are: a suitable specimen (specimens of several different types are recognized), a set of anvils, and specimen supports on which the test specimen is placed to receive the blow of the moving mass, a moving mass that has sufficient energy to break the specimen placed in its path, and a device for measuring the energy absorbed by the broken specimen.

## 4. Significance and Use

4.1 These test methods of impact testing relate specifically to the behavior of metal when subjected to a single application of a force resulting in multi-axial stresses associated with a notch, coupled with high rates of loading and in some cases with high or low temperatures. For some materials and temperatures the results of impact tests on notched specimens, when correlated with service experience, have been found to predict the likelihood of brittle fracture accurately. Further information on significance appears in [Appendix X1](#).

## 5. Precautions in Operation of Machine

5.1 Safety precautions should be taken to protect personnel from the swinging pendulum, flying broken specimens, and hazards associated with specimen warming and cooling media.

## 6. Apparatus

6.1 *General Requirements:*

6.1.1 The testing machine shall be a pendulum type of rigid construction.

<sup>3</sup> Withdrawn. The last approved version of this historical standard is referenced on [www.astm.org](http://www.astm.org).



6.1.2 The testing machine shall be designed and built to conform with the requirements given in Annex A1.

6.2 Inspection and Verification

6.2.1 Inspection procedures to verify impact machines directly are provided in A2.2 and A2.3. The items listed in A2.2 must be inspected annually.

6.2.2 The procedures to verify Charpy V-notch machines indirectly, using verification specimens, are given in A2.4. Charpy impact machines must be verified directly and indirectly annually.

7. Test Specimens

7.1 Configuration and Orientation:

7.1.1 Specimens shall be taken from the material as specified by the applicable specification. Specimen orientation should be designated according to the terminology given in Annex A5.

7.1.2 The type of specimen chosen depends largely upon the characteristics of the material to be tested. A given specimen

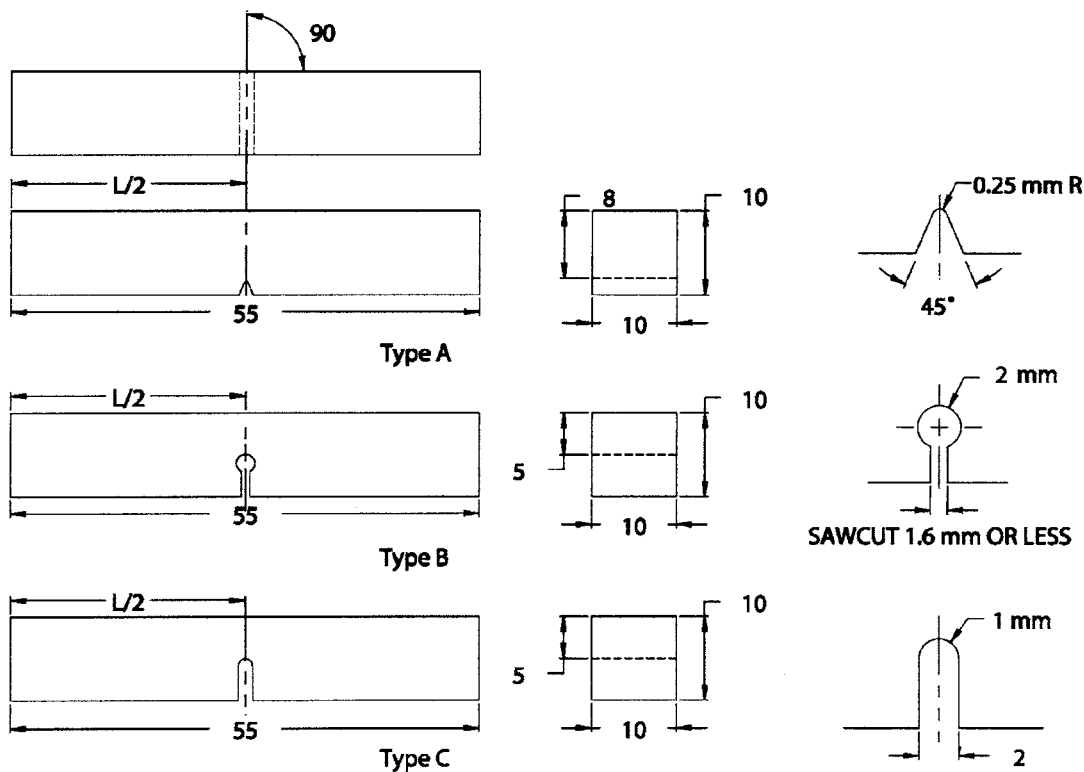
may not be equally satisfactory for soft nonferrous metals and hardened steels; therefore, many types of specimens are recognized. In general, sharper and deeper notches are required to distinguish differences in very ductile materials or when using low testing velocities.

7.1.3 The specimens shown in Figs. 1 and 2 are those most widely used and most generally satisfactory. They are particularly suitable for ferrous metals, excepting cast iron.<sup>4</sup>

7.1.4 The specimen commonly found suitable for die-cast alloys is shown in Fig. 3.

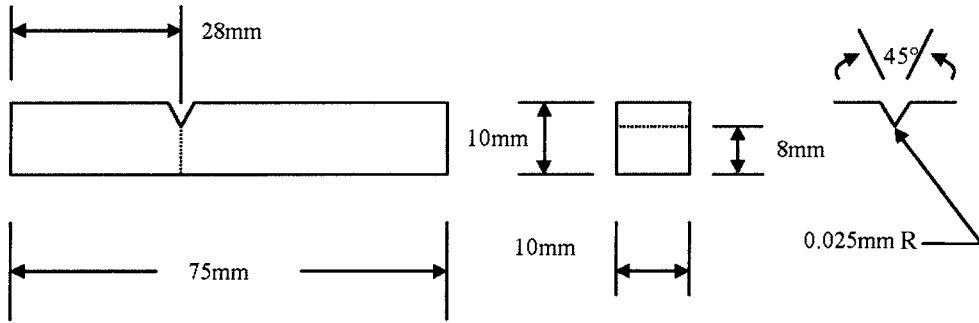
7.1.5 The specimens commonly found suitable for Powder Metallurgy (P/M) materials are shown in Figs. 4 and 5. P/M impact test specimens shall be produced following the procedure in Practice B925. The impact test results of these materials are affected by specimen orientation. Therefore,

<sup>4</sup> Report of Subcommittee XV on Impact Testing of Committee A-3 on Cast Iron, Proceedings, ASTM, Vol 33 Part 1, 1933.



Notch length to edge	90 ± 2°
Adjacent sides shall be at	90° ± 10 min
Cross-section dimensions	± 0.075 mm
Length of specimen (L)	+0, -2.5 mm
Centering of notch (L/2)	± 1 mm
Angel of notch	± 1°
Radius of notch	± 0.025 mm
Ligament Length:	± 0.025 mm
Type A specimen	± 0.025 mm
Type B and C specimen	± 0.075 mm
Finish requirements	2 μm on notched surface and opposite face; 4 μm on other two surfaces

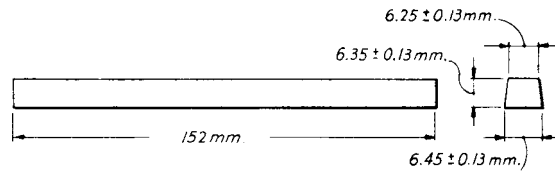
FIG. 1 Charpy (Simple-Beam) Impact Test Specimens, Types A, B, and C



NOTE 1—Permissible variations shall be as follows:

Notch length to edge	90 ± 2°
Cross-section dimensions	± 0.025 mm
Length of specimen	+0, -2.5 mm
Angle of notch	± 1°
Radius of notch	± 0.025 mm
Ligament Length	± 0.025 mm
Adjacent sides shall be at	90° ± 10 min
Finish requirements	2 μm on notched surface and opposite face; 4 μm on other two surfaces

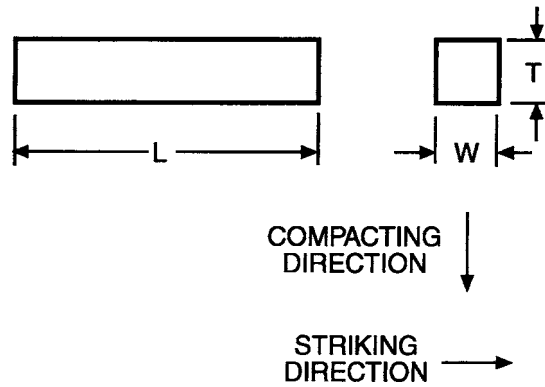
FIG. 2 Izod (Cantilever-Beam) Impact Test Specimen, Type D



NOTE 1—Two Izod specimens may be cut from this bar.

NOTE 2—Blow shall be struck on narrowest face.

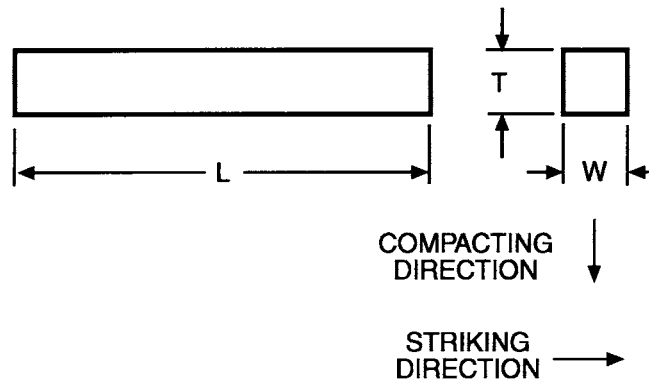
FIG. 3 Izod Impact Test Bar for Die Castings Alloys



	Dimensions	
	mm	in.
L- Overall Length	55.0 ± 1.0	2.16 ± 0.04
W-Width	10.00 ± 0.13	0.394 ± 0.005
T-Thickness	10.00 ± 0.13	0.394 ± 0.005

NOTE 1—Adjacent sides shall be 90° ± 10 min.

FIG. 4 Unnotched Charpy (Simple Beam) Impact Test Specimen for P/M Structural Materials



	Dimensions	
	mm	in.
L- Overall Length	75.0 ± 1.5†	2.95 ± 0.06
W-Width	10.00 ± 0.13	0.394 ± 0.005
T-Thickness	10.00 ± 0.13	0.394 ± 0.005

NOTE 1—Adjacent sides shall be 90° ± 10 min.

† Editorially corrected in August 2007.

FIG. 5 Izod (Cantilever-Beam) Impact Test Specimen for P/M Structural Materials

unless otherwise specified, the position of the specimen in the machine shall be such that the pendulum will strike a surface that is parallel to the compacting direction. For P/M materials the impact test results are reported as unnotched absorbed impact energy.

7.1.6 Sub-size and supplementary specimen recommendations are given in Annex A3.

7.2 Specimen Machining:

7.2.1 When heat-treated materials are being evaluated, the specimen shall be finish machined, including notching, after the final heat treatment, unless it can be demonstrated that the impact properties of specimens machined before heat treatment are identical to those machined after heat treatment.

7.2.2 Notches shall be smoothly machined but polishing has proven generally unnecessary. However, since variations in notch dimensions will seriously affect the results of the tests, adhering to the tolerances given in Fig. 1 is necessary (Appendix X1.2 illustrates the effects from varying notch dimensions on Type A specimens). In keyhole specimens, the round hole shall be carefully drilled with a slow feed rate. The slot may be cut by any feasible method, but care must be exercised in cutting the slot to ensure that the surface of the drilled hole opposite the slot is not damaged.

7.2.3 Identification marks shall only be placed in the following locations on specimens: either of the 10-mm square ends; the side of the specimen that faces up when the specimen

is positioned in the anvils (see **Note 1**); or the side of the specimen opposite the notch. No markings, on any side of the specimen, shall be within 15 mm of the center line of the notch. An electrostatic pencil may be used for identification purposes, but caution must be taken to avoid excessive heat.

**NOTE 1**—Careful consideration should be given before placing identification marks on the side of the specimen to be placed up when positioned in the anvils. If the test operator is not careful, the specimen may be placed in the machine with the identification marking resting on the specimen supports. Under these circumstances, the absorbed energy value obtained may be unreliable.

## 8. Procedure

### 8.1 *Preparation of the Apparatus:*

8.1.1 Perform a routine procedure for checking impact machines at the beginning of each day, each shift, or just prior to testing on a machine used intermittently. It is recommended that the results of these routine checks be kept in a log book for the machine. After the testing machine has been ascertained to comply with **Annex A1** and **Annex A2**, carry out the routine check as follows:

8.1.1.1 Visually examine the striker and anvils for obvious damage and wear.

8.1.1.2 Check the zero position of the machine by using the following procedure: raise the pendulum to the latched position, move the pointer to near the maximum capacity of the range being used, release the pendulum, and read the indicated value. The pointer should indicate zero on machines reading directly in energy. On machines reading in degrees, the reading should correspond to zero on the conversion chart furnished by the machine manufacturer.

**NOTE 2**—On machines that do not compensate for windage and friction losses, the pointer will not indicate zero. In this case, the indicated values, when converted to energy, shall be corrected for frictional losses that are assumed to be proportional to the arc of swing.

8.1.1.3 To ensure that friction and windage losses are within allowable tolerances, the following procedure is recommended: raise the pendulum to the latched position, move the pointer to the negative side of zero, release the pendulum and allow it to cycle five times (a forward and a backward swing together count as one swing), prior to the sixth forward swing, set the pointer to between 5 and 10 % of the scale capacity of the dial, after the sixth forward swing (eleven half swings), record the value indicated by the pointer, convert the reading to energy (if necessary), divide it by 11 (half swings), then divide by the maximum scale value being used and multiply it by 100 to get the percent friction. The result, friction and windage loss, shall not exceed 0.4 % of scale range capacity being tested and should not change by more than 10 % of friction measurements previously made on the machine. If the friction and windage loss value does exceed 0.4 % or is significantly different from previous measurements, check the indicating mechanism, the latch height, and the bearings for wear and damage. However, if the machine has not been used recently, let the pendulum swing for 50 to 100 cycles, and repeat the friction test before undertaking repairs to the machine.

### 8.2 *Test Temperature Considerations:*

8.2.1 The temperature of testing affects the impact properties of most materials. For materials with a body centered cubic

structure, a transition in fracture mode occurs over a temperature range that depends on the chemical composition and microstructure of the material. Test temperatures may be chosen to characterize material behavior at fixed values, or over a range of temperatures to characterize the transition region, lower shelf, or upper shelf behavior, or all of these. The choice of test temperature is the responsibility of the user of this test method and will depend on the specific application. For tests performed at room temperature, a temperature of  $20 \pm 5^\circ\text{C}$  ( $68 \pm 9^\circ\text{F}$ ) is recommended.

8.2.2 The temperature of a specimen can change significantly during the interval it is removed from the temperature conditioning environment, transferred to the impact machine, and the fracture event is completed (see **Note 5**). When using a heating or cooling medium near its boiling point, use data from the references in **Note 5** or calibration data with thermocouples to confirm that the specimen is within the stated temperature tolerances when the striker contacts the specimen. If excessive adiabatic heating is expected, monitor the specimen temperature near the notch during fracture.

8.2.3 Verify temperature-measuring equipment at least every six months. If liquid-in-glass thermometers are used, an initial verification shall be sufficient, however, the device shall be inspected for problems, such as the separation of liquid, at least twice annually.

8.2.4 Hold the specimen at the desired temperature within  $\pm 1^\circ\text{C}$  ( $\pm 2^\circ\text{F}$ ) in the temperature conditioning environment (see **8.2.4.1** and **8.2.4.2**). Any method of heating or cooling or transferring the specimen to the anvils may be used provided the temperature of the specimen immediately prior to fracture is essentially the same as the holding temperature (see **Note 5**). The maximum change in the temperature of the specimen allowed for the interval between the temperature conditioning treatment and impact is not specified here, because it is dependent on the material being tested and the application. The user of nontraditional or lesser used temperature conditioning and transfer methods (or sample sizes) shall show that the temperature change for the specimen prior to impact is comparable to or less than the temperature change for a standard size specimen of the same material that has been thermally conditioned in a commonly used medium (oil, air, nitrogen, acetone, methanol), and transferred for impact within 5 seconds (see **Note 5**). Three temperature conditioning and transfer methods used in the past are: liquid bath thermal conditioning and transfer to the specimen supports with centering tongs; furnace thermal conditioning and robotic transfer to the specimen supports; placement of the specimen on the supports followed by in situ heating and cooling.

8.2.4.1 For liquid bath cooling or heating use a suitable container, which has a grid or another type of specimen positioning fixture. Cover the specimens, when immersed, with at least 25 mm (1 in.) of the liquid, and position so that the notch area is not closer than 25 mm (1 in.) to the sides or bottom of the container, and no part of the specimen is in contact with the container. Place the device used to measure the temperature of the bath in the center of a group of the specimens. Agitate the bath and hold at the desired temperature within  $\pm 1^\circ\text{C}$  ( $\pm 2^\circ\text{F}$ ). Thermally condition the specimens for

at least 5 min before testing, unless a shorter thermal conditioning time can be shown to be valid by measurements with thermocouples. Leave the mechanism (tongs, for example) used to handle the specimens in the bath for at least 5 min before testing, and return the mechanism to the bath between tests.

8.2.4.2 When using a gas medium, position the specimens so that the gas circulates around them and hold the gas at the desired temperature within  $\pm 1^\circ\text{C}$  ( $\pm 2^\circ\text{F}$ ) for at least 30 min. Leave the mechanism used to remove the specimen from the medium in the medium except when handling the specimens.

NOTE 3—Temperatures up to  $+260^\circ\text{C}$  ( $+500^\circ\text{F}$ ) may be obtained with certain oils, but “flash-point” temperatures must be carefully observed.

NOTE 4—For testing at temperatures down to  $-196^\circ\text{C}$  ( $-320^\circ\text{F}$ ,  $77^\circ\text{K}$ ), standard testing procedures have been found to be adequate for most metals.

NOTE 5—A study has shown that a specimen heated to 100 C in water can cool 10 C in the 5 s allowed for transfer to the specimen supports (1)<sup>5</sup>. Other studies, using cooling media that are above their boiling points at room temperature have also shown large changes in specimen temperature during the transfer of specimens to the machine anvils. In addition, some materials change temperature dramatically during impact testing at cryogenic temperatures due to adiabatic heating (2).

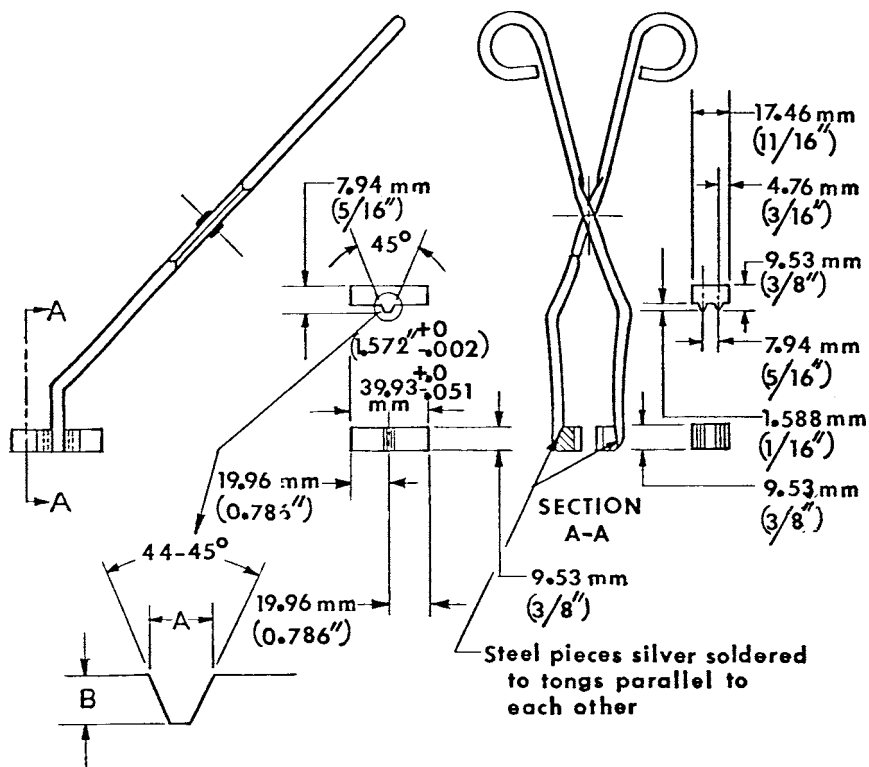
<sup>5</sup> The boldface numbers given in parentheses refer to a list of references at the end of the text.

8.3 Charpy Test Procedure:

8.3.1 The Charpy test procedure may be summarized as follows: the test specimen is thermally conditioned and positioned on the specimen supports against the anvils; the pendulum is released without vibration, and the specimen is impacted by the striker. Information is obtained from the machine and from the broken specimen.

8.3.2 To position a test specimen in the machine, it is recommended that self-centering tongs similar to those shown in Fig. 6 be used (see A1.10.1). The tongs illustrated in Fig. 6 are for centering V-notch specimens. If keyhole specimens are used, modification of the tong design may be necessary. If an end-centering device is used, caution must be taken to ensure that low-energy high-strength specimens will not rebound off this device into the pendulum and cause erroneously high recorded values. Many such devices are permanent fixtures of machines, and if the clearance between the end of a specimen in the test position and the centering device is not approximately 13 mm (0.5 in.), the broken specimens may rebound into the pendulum.

8.3.3 To conduct the test, prepare the machine by raising the pendulum to the latched position, set the energy indicator at the maximum scale reading, or initialize the digital display, or both, position the specimen on the anvils, and release the pendulum. If a liquid bath or gas medium is being used for



NOTE 1—Unless otherwise shown, permissible variation shall be  $\pm 1$  mm (0.04 in.).

Specimen Depth, mm (in.)	Base Width (A), mm (in.)	Height (B), mm (in.)
10 (0.394)	1.60 to 1.70 (0.063 to 0.067)	1.52 to 1.65 (0.060 to 0.065)
5 (0.197)	0.74 to 0.80 (0.029 to 0.033)	0.69 to 0.81 (0.027 to 0.032)
3 (0.118)	0.45 to 0.51 (0.016 to 0.020)	0.36 to 0.48 (0.014 to 0.019)

FIG. 6 Centering Tongs for V-Notch Charpy Specimens



thermal conditioning, perform the following sequence in less than 5 s (for standard 10 × 10 × 55 mm (0.394 × 0.394 × 2.165 in.) specimens, see 8.2.4). Remove the test specimen from its cooling (or heating) medium with centering tongs that have been temperature conditioned with the test specimen, place the specimen in the test position, and, release the pendulum smoothly. If a test specimen has been removed from the temperature conditioning bath and it is questionable that the test can be conducted within the 5 s time frame, return the specimen to the bath for the time required in 8.2 before testing.

8.3.3.1 If a fractured impact specimen does not separate into two pieces, report it as unbroken (see 9.2.2 for separation instructions). Unbroken specimens with absorbed energies of less than 80 % of the machine capacity may be averaged with values from broken specimens. If the individual values are not listed, report the percent of unbroken specimens with the average. If the absorbed energy exceeds 80 % of the machine capacity and the specimen passes completely between the anvils, report the value as approximate (see 10.1) do not average it with other values. If an unbroken specimen does not pass between the machine anvils, (for example, it stops the pendulum), the result shall be reported as exceeding the machine capacity. A specimen shall never be struck more than once.

8.3.3.2 If a specimen jams in the machine, disregard the results and check the machine thoroughly for damage or misalignment, which would affect its calibration.

8.3.3.3 To prevent recording an erroneous value, caused by jarring the indicator when locking the pendulum in its upright (ready) position, read the value for each test from the indicator prior to locking the pendulum for the next test.

8.4 Izod Test Procedure:

8.4.1 The Izod test procedure may be summarized as follows: the test specimen is positioned in the specimen-holding fixture and the pendulum is released without vibration. Information is obtained from the machine and from the broken specimen. The details are described as follows:

8.4.2 Testing at temperatures other than room temperature is difficult because the specimen-holding fixture for Izod specimens is often part of the base of the machine and cannot be readily cooled (or heated). Consequently, Izod testing is not recommended at other than room temperature.

8.4.3 Clamp the specimen firmly in the support vise so that the centerline of the notch is in the plane of the top of the vise within 0.125 mm (0.005 in.). Set the energy indicator at the maximum scale reading, and release the pendulum smoothly. Sections 8.3.3.1-8.3.3.3 inclusively, also apply when testing Izod specimens.

9. Information Obtainable from Impact Tests

9.1 The absorbed energy shall be taken as the difference between the energy in the striking member at the instant of impact with the specimen and the energy remaining after breaking the specimen. This value is determined by the machine's scale reading which has been corrected for windage and friction losses.

NOTE 6—Alternative means for energy measurement are acceptable provided the accuracy of such methods can be demonstrated. Methods

used in the past include optical encoders and strain gaged strikers.

9.2 Lateral expansion measurement methods must take into account the fact that the fracture path seldom bisects the point of maximum expansion on both sides of a specimen. One half of a broken specimen may include the maximum expansion for both sides, one side only, or neither. Therefore, the expansion on each side of each specimen half must be measured relative to the plane defined by the undeformed portion on the side of the specimen, as shown in Fig. 7. For example, if A<sub>1</sub> is greater than A<sub>2</sub>, and A<sub>3</sub> is less than A<sub>4</sub>, then the lateral expansion is the sum of A<sub>1</sub> + A<sub>4</sub>.

9.2.1 Before making any expansion measurements, it is essential that the two specimen halves are visually examined for burrs that may have formed during impact testing; if the burrs will influence the lateral expansion measurements, they must be removed (by rubbing on emery cloth or any other suitable method), making sure that the protrusions to be measured are not rubbed during the removal of the burr. Then, examine each fracture surface to ascertain that the protrusions have not been damaged by contacting an anvil, a machine mounting surface, etc. Lateral expansion shall not be measured on a specimen with this type of damage.

9.2.2 Lateral expansion measurements shall be reported as follows. The lateral expansion of an unbroken specimen can be reported as broken if the specimen can be separated by pushing the hinged halves together once and then pulling them apart without further fatiguing the specimen, and the lateral expansion measured for the unbroken specimen (prior to bending) is equal to or greater than that measured for the separated halves. In the case where a specimen cannot be separated into two halves, the lateral expansion can be measured as long as the shear lips can be accessed without interference from the hinged ligament that has been deformed during testing. The specimen should be reported as unbroken.

9.2.3 Lateral expansion may be measured easily by using a gage like the one shown in Fig. 8 (assembly and details shown in Fig. 9). Using this type of gage the measurement is made with the following procedure: orient the specimen halves so that the compression sides are facing each another, take one half of the fractured specimen and press it against the anvil and

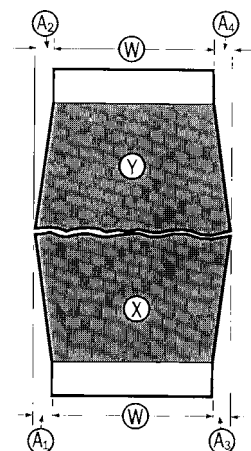


FIG. 7 Halves of Broken Charpy V-Notch Impact Specimen Illustrating the Measurement of Lateral Expansion, Dimensions A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub>, A<sub>3</sub>, A<sub>4</sub> and Original Width, Dimension W

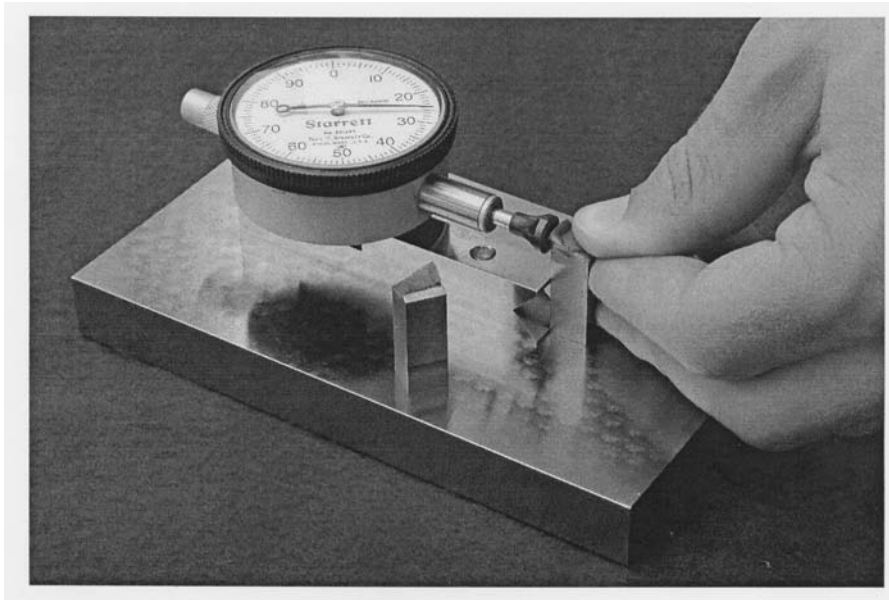


FIG. 8 Lateral Expansion Gage for Charpy Impact Specimens

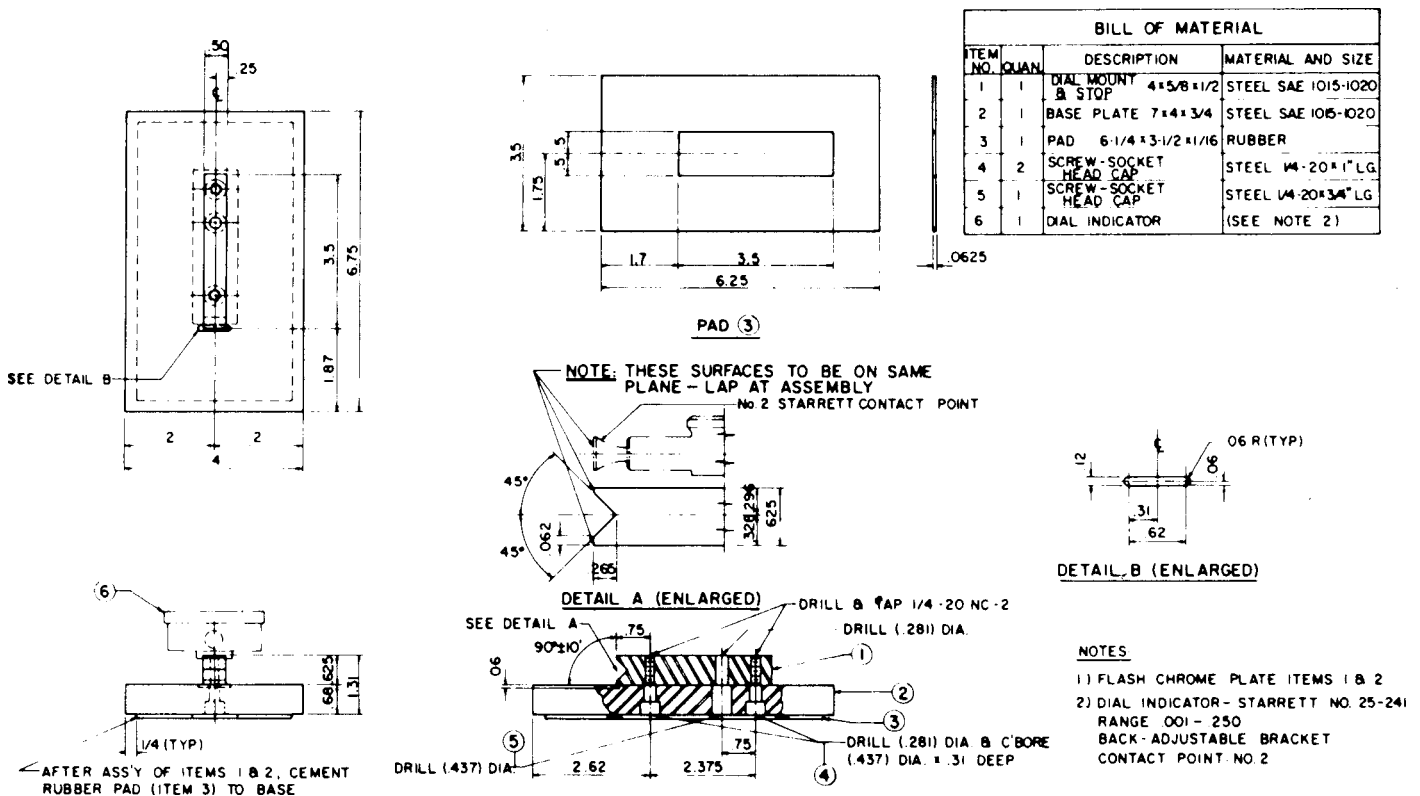


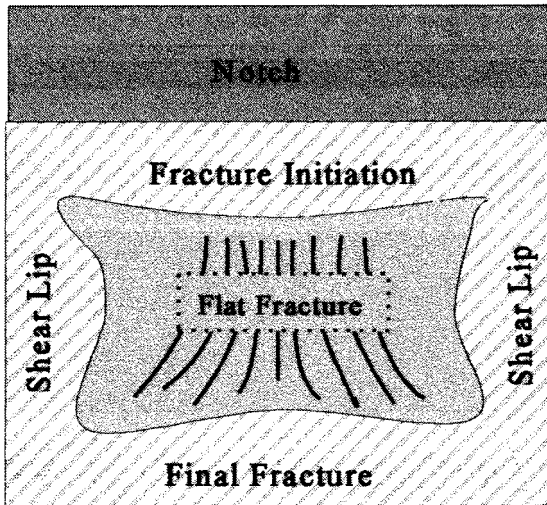
FIG. 9 Assembly and Details for Lateral Expansion Gage

dial gage plunger and record the reading, make a similar measurement on the other half (same side) of the fractured specimen and disregard the lower of the two values, do the same for the other side of the fractured specimen, report the sum of the maximum expansions for the 2 sides as the lateral expansion for the specimen.

9.3 The percentage of shear fracture on the fracture surfaces of impact specimens may be determined using a variety

of methods. The acceptable methods are defined in Annex A6. For each method, the user must distinguish between regions formed by ductile stable crack growth mechanisms, and regions formed by brittle fast crack propagation (unstable crack growth mechanisms). The typical zones of fracture appearance are shown in Fig. 10, where the "flat fracture" region is the region in which unstable crack growth occurs on a microsecond time scale.





NOTE 1—The shear of ductile fracture regions on the fracture surface include the fracture initiation region, the two shear lips, and the region of final fracture. The flat or radial fracture region is a region of less ductile unstable crack growth.

FIG. 10 Determination of Percent Shear Fracture

The percent shear area on the fracture surface of a Charpy impact specimen is typically calculated as the difference between the total fractured area and the area of flat fracture. The measurement methods described here provide estimates for the area of the macroscopically flat fracture region (directly or indirectly), but do not consider details of the fracture mode for this “flat” region of unstable fracture. The flat fracture region could be 100 percent cleavage, a mixture of cleavage and ductile-dimple fracture morphologies, or other combinations of ductile-brittle fracture morphologies. Estimates of ductility within the unstable crack growth region are beyond the scope of these methods.

## 10. Report

10.1 *Absorbed energy values above 80 %* of the scale range are inaccurate and shall be reported as approximate. Ideally an impact test would be conducted at a constant impact velocity. In a pendulum-type test, the velocity decreases as the fracture progresses. For specimens that have impact energies approaching 80 % of the capacity of the pendulum, the velocity of the pendulum decreases (to about 45 % of the initial velocity) during fracture to the point that accurate impact energies are no longer obtained.

10.2 *For commercial acceptance testing*, report the following information (for each specimen tested):

10.2.1 Specimen type (and size if not the full-size specimen),

10.2.2 Test temperature,

10.2.3 Absorbed energy, and

10.2.4 Any other contractual requirements.

10.3 *For other than commercial acceptance testing* the following information is often reported in addition to the information in 10.2:

10.3.1 Lateral expansion,

10.3.2 Unbroken specimens,

10.3.3 Fracture appearance (% shear, See Note A6.1),

10.3.4 Specimen orientation, and

10.3.5 Specimen location.

NOTE 7—A recommended format for computerization of notched bar impact test data is available in Practice E1313.

NOTE 8—When the test temperature is specified as room temperature, report the actual temperature.

## 11. Precision and Bias

11.1 *An Interlaboratory study* used CVN specimens of low energy and of high energy to find sources of variation in the CVN absorbed energy. Data from 29 laboratories were included with each laboratory testing one set of five specimens of each energy level. Except being limited to only two energy levels (by availability of reference specimens), Practice E691 was followed for the design and analysis of the data, the details are given in ASTM Research Report NO. RR:E28-1014.<sup>6</sup>

11.2 *Precision*—The *Precision* information given below (in units of J and ft-lbf) is for the average CVN absorbed energy of five test determinations at each laboratory for each material.

Material	Low Energy		High Energy	
	J	ft-lbf	J	ft-lbf
Absorbed Energy	15.9	11.7	96.2	71.0
95 % Repeatability Limit	2.4	1.7	8.3	6.1
95 % Reproducibility Limits	2.7	2.0	9.2	6.8

The terms repeatability and reproducibility limit are used as defined in Practice E177. The respective standard deviations among test results may be obtained by dividing the above limits by 2.8.

11.3 *Bias*—*Bias cannot be defined* for CVN absorbed energy. The physical simplicity of the pendulum design is complicated by complex energy loss mechanisms within the machine and the specimen. Therefore, there is no absolute standard to which the measured values can be compared.

## 12. Keywords

12.1 Charpy test; fracture appearance; Izod test; impact test; notched specimens; pendulum machine

<sup>6</sup> Supporting data have been filed at ASTM International Headquarters and may be obtained by requesting Research Report RR: E28-1014.

## ANNEXES

## (Mandatory Information)

## A1. GENERAL REQUIREMENTS FOR IMPACT MACHINES

A1.1 *The machine frame* shall be equipped with a bubble level or a machined surface suitable for establishing levelness of the axis of pendulum bearings or, alternatively, the levelness of the axis of rotation of the pendulum may be measured directly. The machine shall be level to within 3:1000 and securely bolted to a concrete floor not less than 150 mm (6 in.) thick or, when this is not practical, the machine shall be bolted to a foundation having a mass not less than 40 times that of the pendulum. The bolts shall be tightened as specified by the machine manufacturer.

A1.2 *A scale or digital display*, graduated in degrees or energy, on which readings can be estimated in increments of 0.25 % of the energy range or less shall be furnished for the machine.

A1.2.1 The scales and digital displays may be compensated for windage and pendulum friction. The error in the scale reading at any point shall not exceed 0.2 % of the range or 0.4 % of the reading, whichever is larger. (See A2.3.8.)

A1.3 *The total friction and windage losses* of the machine during the swing in the striking direction shall not exceed 0.75 % of the scale range capacity, and pendulum energy loss from friction in the indicating mechanism shall not exceed 0.25 % of scale range capacity. See A2.3.8 for friction and windage loss calculations.

A1.4 *The position of the pendulum*, when hanging freely, shall be such that the striker is within 2.5 mm (0.10 in.) from the test specimen. When the indicator has been positioned to read zero energy in a free swing, it shall read within 0.2 % of scale range when the striker of the pendulum is held against the test specimen. The plane of swing of the pendulum shall be perpendicular to the transverse axis of the Charpy specimen anvils or Izod vise within 3:1000.

A1.5 *Transverse play of the pendulum* at the striker shall not exceed 0.75 mm (0.030 in.) under a transverse force of 4 % of the effective weight of the pendulum applied at the center of strike. Radial play of the pendulum bearings shall not exceed 0.075 mm (0.003 in.).

A1.6 *The impact velocity* (tangential velocity) of the pendulum at the center of the strike shall not be less than 3 nor more than 6 m/s (not less than 10 nor more than 20 ft/s).

A1.7 *The height of the center of strike* in the latched position, above its free hanging position, shall be within 0.4 % of the range capacity divided by the supporting force, measured as described in A2.3.5.1 If windage and friction are compensated for by increasing the height of drop, the height of drop may be increased by not more than 1 %.

A1.8 *The mechanism for releasing the pendulum* from its

initial position shall operate freely and permit release of the pendulum without initial impulse, retardation, or side vibration. If the same lever used to release the pendulum is also used to engage the brake, means shall be provided for preventing the brake from being accidentally engaged.

A1.9 *Specimen clearance* is needed to ensure satisfactory results when testing materials of different strengths and compositions. The test specimen shall exit the machine with a minimum of interference. Pendulums used on Charpy machines are of three basic designs, as shown in Fig. A1.1.

A1.9.1 When using a C-type pendulum or a compound pendulum, the broken specimen will not rebound into the pendulum and slow it down if the clearance at the end of the specimen is at least 13 mm (0.5 in.) or if the specimen is deflected out of the machine by some arrangement such as that shown in Fig. A1.1.

A1.9.2 When using the U-type pendulum, means shall be provided to prevent the broken specimen from rebounding against the pendulum (see Fig. A1.1). In most U-type pendulum machines, steel shrouds should be designed and installed to the following requirements: (a) have a thickness of approximately 1.5 mm (0.06 in.), (b) have a minimum hardness of 45 HRC, (c) have a radius of less than 1.5 mm (0.06 in.) at the underside corners, and (d) be so positioned that the clearance between them and the pendulum overhang (both top and sides) does not exceed 1.5 mm (0.06 in.).

NOTE A1.1—In machines where the opening within the pendulum permits clearance between the ends of a specimen (resting on the specimen supports) and the shrouds, and this clearance is at least 13 mm (0.5 in.), the requirements (a) and (d) need not apply.

A1.10 *Charpy Apparatus:*

A1.10.1 Means shall be provided (see Fig. A1.2) to locate and support the test specimen against two anvil blocks in such a position that the center of the notch can be located within 0.25 mm (0.010 in.) of the midpoint between the anvils (see 8.3.2).

A1.10.2 The supports and striker shall be of the forms and dimensions shown in Fig. A1.2. Other dimensions of the pendulum and supports should be such as to minimize interference between the pendulum and broken specimens.

A1.10.3 The center line of the striker shall advance in the plane that is within 0.40 mm (0.016 in.) of the midpoint between the supporting edges of the anvils. The striker shall be perpendicular to the longitudinal axis of the specimen within 5:1000. The striker shall be parallel within 1:1000 to the face of a perfectly square test specimen held against the anvils.

A1.11 *Izod Apparatus:*

A1.11.1 Means shall be provided (see Fig. A1.3) for clamping the specimen in such a position that the face of the specimen is parallel to the striker within 1:1000. The edges of

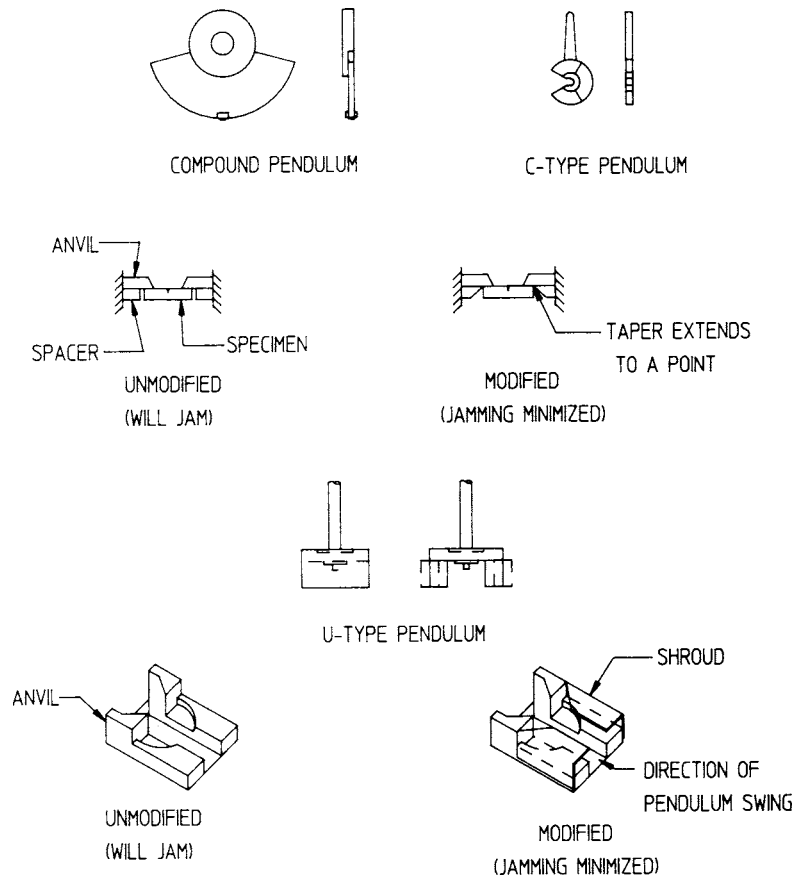
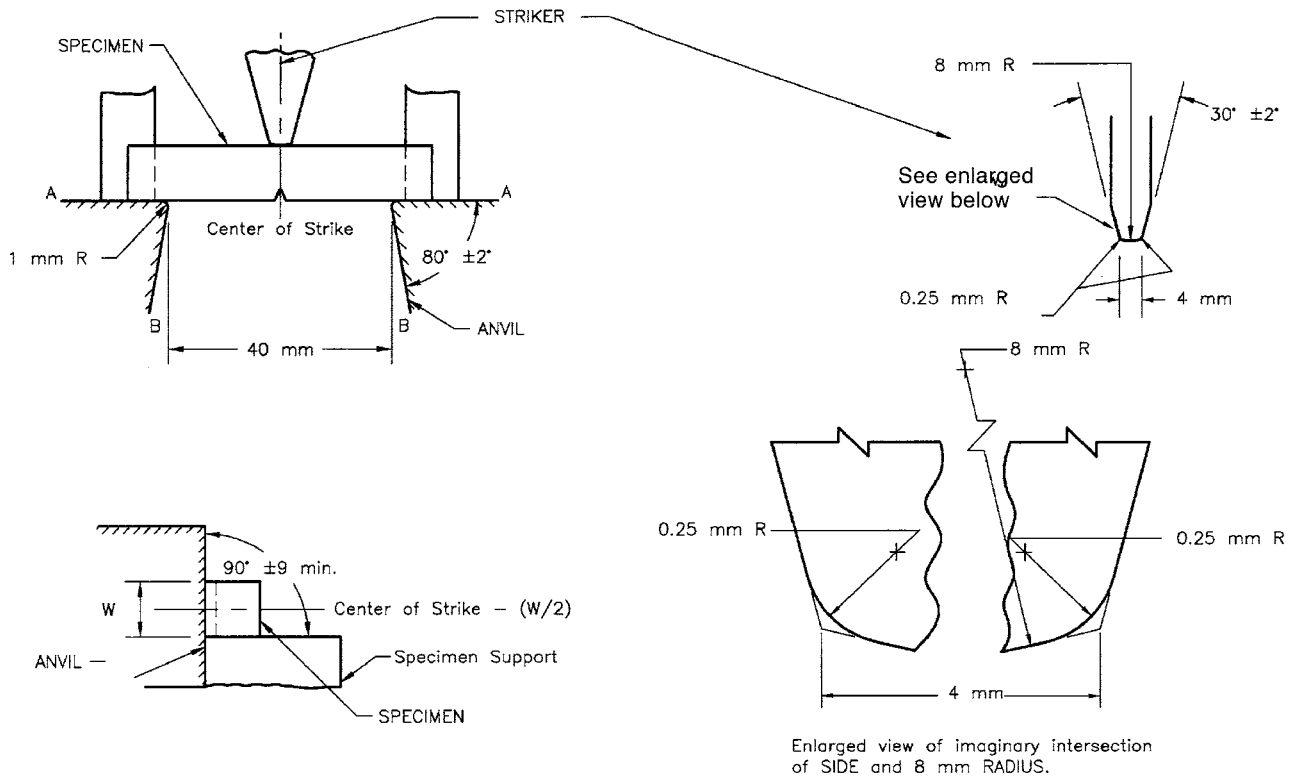


FIG. A1.1 Typical Pendulums and Anvils for Charpy Machines, Shown with Modifications to Minimize Jamming

the clamping surfaces shall be sharp angles of  $90 \pm 1^\circ$  with radii less than 0.40 mm (0.016 in.). The clamping surfaces shall be smooth with a  $2 \mu\text{m}$  (63  $\mu\text{in.}$ ) finish or better, and shall clamp the specimen firmly at the notch with the clamping force applied in the direction of impact. For rectangular specimens, the clamping surfaces shall be flat and parallel within 0.025

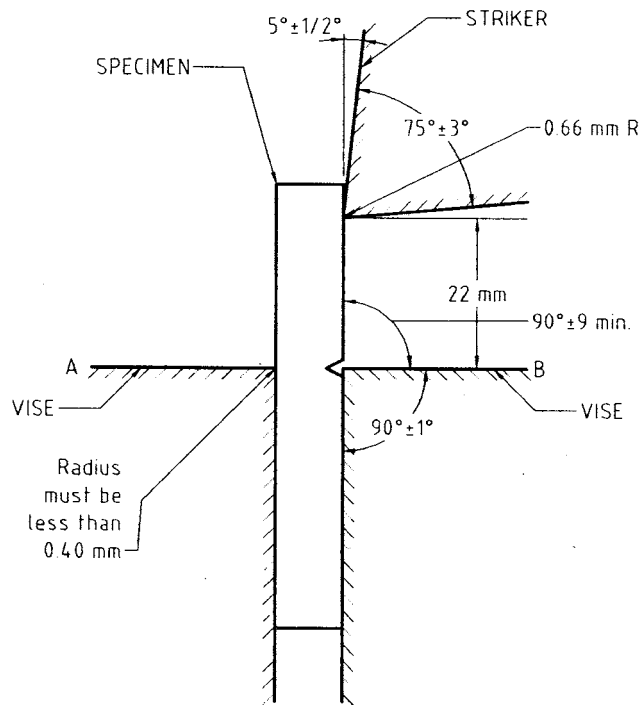
mm (0.001in.). For cylindrical specimens, the clamping surfaces shall be contoured to match the specimen and each surface shall contact a minimum of  $\pi/2$  rad ( $90^\circ$ ) of the specimen circumference.

A1.11.2 The dimensions of the striker and its position relative to the specimen clamps shall be as shown in Fig. A1.3.



Note 1—Anvils shall be manufactured with a surface finish of 0.1  $\mu\text{m}$  or better on surfaces A and B above the anvil supports when mounted on the machine.  
 Note 2—Striker shall be manufactured with a surface finish of 0.1  $\mu\text{m}$  or better along the front radius and along both sides.  
 Note 3—All dimensional tolerances shall be  $\pm 0.05$  mm unless otherwise specified.

**FIG. A1.2 Charpy Striker**



NOTE 1—All dimensional tolerances shall be  $\pm 0.05$  mm unless otherwise specified.

NOTE 2—The clamping surfaces of A and B shall be flat and parallel within 0.025 mm.

NOTE 3—Surface finish on striker and vise shall be  $2 \mu\text{m}$ .

NOTE 4—Striker width must be greater than that of the specimen being tested.

FIG. A1.3 Izod (Cantilever-Beam) Impact Test

## A2. VERIFICATION OF PENDULUM IMPACT MACHINES

A2.1 *The verification of impact machines has two parts:* direct verification, which consists of inspecting the machine to ensure that the requirements of this annex and [Annex A1](#) are met, and indirect verification, which entails the testing of verification specimens.

A2.1.1 Izod machines are verified by direct verification annually.

A2.1.2 Charpy machines shall be verified directly and indirectly annually. Data is valid only when produced within 365 days following the date of the most recent successful verification test. Charpy machines shall also be verified immediately after replacing parts that may affect the measured energy, after making repairs or adjustments, after they have been moved, or whenever there is reason to doubt the accuracy of the results, without regard to the time interval. These restrictions include cases where parts, which may affect the measured energy, are removed from the machine and then reinstalled without modification (with the exception of when the striker or anvils are removed to permit use of a different striker or set of anvils and then are reinstalled, see [A2.1.3](#)). It

is not intended that parts not subjected to wear (such as pendulum and scale linearity) are to be directly verified each year unless a problem is evident. Only the items cited in [A2.2](#) are required to be inspected annually. Other parts of the machine shall be directly verified at least once, when the machine is new, or when parts are replaced.

A2.1.3 Charpy machines do not require immediate indirect verification after removal and replacement of the striker or anvils, or both, that were on the machine when it was verified provided the following safeguards are implemented: (1) an organizational procedure for the change is developed and followed, (2) high-strength low-energy quality control specimens, (See [A2.4.1.1](#) for guidance in breaking energy range for these specimens), are tested prior to removal and immediately after installation of the previously verified striker or anvils, or both within the 365 day verification period, (3) the results of the before and after tests of the quality control specimens are within 1.4 Joules (1.0 ft-lbf) of each other, (4) the results of the comparisons are kept in a log book, and (5) before reattachment, the striker and anvils are visually inspected for wear and



dimensionally verified to assure that they meet the required tolerances of [Fig. A1.2](#). The use of certified impact verification specimens is not required and internal quality control specimens are permitted.

### A2.2 *Direct Verification of Parts Requiring Annual Inspection:*

A2.2.1 Inspect the specimen supports, anvils, and striker and replace any of these parts that show signs of wear. A straight edge or radius gage can be used to discern differences between the used and unused portions of these parts to help identify a worn condition (see [Note A2.1](#)).

NOTE A2.1—To measure the anvil or striker radii, the recommended procedure is to make a replica (casting) of the region of interest and measure cross sections of the replica. This can be done with the anvils and striker in place on the machine or removed from the machine. Make a dam with cardboard and tape surrounding the region of interest, then pour a low-shrinkage casting compound into the dam (silicon rubber casting compounds work well). Allow the casting to cure, remove the dam, and slice cross sections through the region of interest with a razor. Use these cross sections to make radii measurements on optical comparators or other instruments.

A2.2.2 Ensure the bolts that attach the anvils and striker to the machine are tightened to the manufacturer's specifications.

A2.2.3 Verify that the shrouds, if applicable, are properly installed (see [A1.9.2](#)).

A2.2.4 The pendulum release mechanism, which releases the pendulum from its initial position, shall comply with [A1.8](#).

A2.2.5 Check the level of the machine in both directions (see [A1.1](#)).

A2.2.6 Check that the foundation bolts are tightened to the manufacturer's specifications.

NOTE A2.2—Expansion bolts or fasteners with driven in inserts shall not be used for foundations. These fasteners will work loose and/or tighten up against the bottom of the machine indicating a false high torque value when the bolts are tightened.

A2.2.7 Check the indicator zero and the friction loss of the machine as described in [8.1](#).

### A2.3 *Direct Verification of Parts to be Verified at Least Once:*

A2.3.1 Charpy anvils and supports or Izod vises shall conform to the dimensions shown in [Fig. A1.2](#) or [Fig. A1.3](#).

NOTE A2.3—The impact machine will be inaccurate to the extent that some energy is used in deformation or movement of its component parts or of the machine as a whole; this energy will be registered as used in fracturing the specimen.

A2.3.2 The striker shall conform to the dimensions shown in [Fig. A1.2](#) or [Fig. A1.3](#). The mounting surfaces must be clean and free of defects that would prevent a good fit. Check that the striker complies with [A1.10.3](#) (for Charpy tests) or [A1.11.1](#) (for Izod tests).

A2.3.3 The pendulum alignment shall comply with [A1.4](#) and [A1.5](#). If the side play in the pendulum or the radial play in the bearings exceeds the specified limits, adjust or replace the bearings.

A2.3.4 *Determine the Center of Strike*—For Charpy machines the center of strike of the pendulum is determined using a half-width specimen (10 × 5 × 55 mm) in the test position. With the striker in contact with the specimen, a line marked along the top edge of the specimen on the striker will indicate the center of strike. For Izod machines, the center of strike may be considered to be the contact line when the pendulum is brought into contact with a specimen in the normal testing position.

A2.3.5 *Determine the Potential Energy*—The following procedure shall be used when the center of strike of the pendulum is coincident with the radial line from the centerline of the pendulum bearings (herein called the axis of rotation) to the center of gravity (see [Appendix X2](#)). If the center of strike is more than 1.0 mm (0.04 in.) from this line, suitable corrections in elevation of the center of strike must be made in [A2.3.8.1](#) and [A2.3.9](#), so that elevations set or measured correspond to what they would be if the center of strike were on this line. The potential energy of the system is equal to the height from which the pendulum falls, as determined in [A2.3.5.2](#), times the supporting force, as determined in [A2.3.5.1](#).

A2.3.5.1 To measure the supporting force, support the pendulum horizontally to within 15:1000 with two supports, one at the bearings (or center of rotation) and the other at the center of strike on the striker (see [Fig. A2.1](#)). Then arrange the support at the striker to react upon some suitable weighing device such as a platform scale or balance, and determine the weight to within 0.4 %. Take care to minimize friction at either point of support. Make contact with the striker through a round rod crossing the center of strike. The supporting force is the scale reading minus the weights of the supporting rod and any shims that may be used to maintain the pendulum in a horizontal position.

A2.3.5.2 Determine the height of pendulum drop for compliance with the requirement of [A1.7](#). On Charpy machines determine the height from the top edge of a half-width (or center of a full-width) specimen to the elevated position of the center of strike to 0.1 %. On Izod machines determine the height from a distance 22.66 mm (0.892 in.) above the vise to the release position of the center of strike to 0.1 %. The height may be determined by direct measurement of the elevation of the center of strike or by calculation from the change in angle of the pendulum using the following formulas (see [Fig. A2.1](#)):

$$h = S(1 - \cos(\beta)) \quad (\text{A2.1})$$

$$h_1 = S(1 - \cos(\alpha)) \quad (\text{A2.2})$$

where

- $h$  = initial elevation of the striker, m (ft),
- $S$  = length of the pendulum distance to the center of strike, m (ft),
- $\beta$  = angle of fall,
- $h_1$  = height of rise, m (ft), and
- $\alpha$  = angle of rise.

A2.3.6 Determine the impact velocity,  $[v]$ , of the machine, neglecting friction, by means of the following equation:

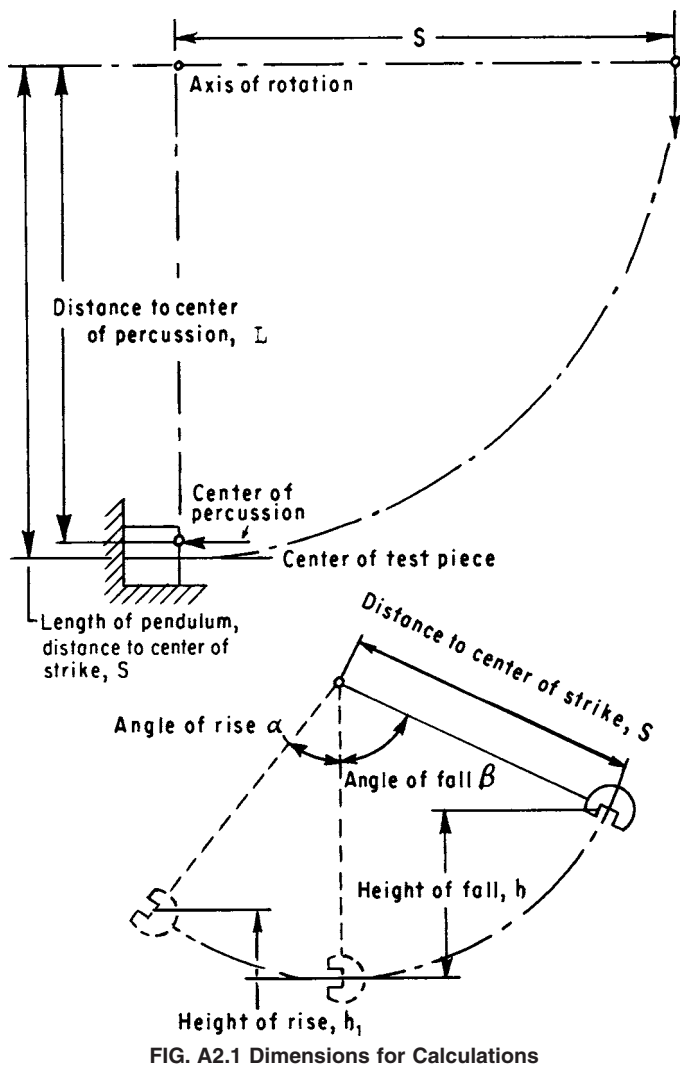


FIG. A2.1 Dimensions for Calculations

$$v = \sqrt{2gh} \quad (A2.3)$$

where:

$v$  = velocity, m/s (ft/s),

$g$  = acceleration of gravity, 9.81 m/s<sup>2</sup> (32.2 ft/s<sup>2</sup>), and

$h$  = initial elevation of the striker, m (ft).

A2.3.7 The center of percussion shall be at a point within 1 % of the distance from the axis of rotation to the center of strike in the specimen, to ensure that minimum force is transmitted to the point of rotation. Determine the location of the center of percussion as follows:

A2.3.7.1 Using a stop watch or some other suitable time-measuring device, capable of measuring time to within 0.2 s, swing the pendulum through a total angle not greater than 15° and record the time for 100 complete cycles (to and fro). The period of the pendulum then, is the time for 100 cycles divided by 100.

A2.3.7.2 Determine the center of percussion by means of the following equation:

$$L = \frac{gP^2}{4\pi^2} \quad (A2.4)$$

where:

$L$  = distance from the axis to the center of percussion, m (ft),

$g$  = local gravitational acceleration (accuracy of one part in one thousand), m/s<sup>2</sup> (ft/s<sup>2</sup>),

$\pi$  = 3.1416, and

$P$  = period of a complete swing (to and fro), s.

A2.3.8 *Determination of the Friction Losses*—The energy loss from friction and windage of the pendulum and friction in the recording mechanism, if not corrected, will be included in the energy loss attributed to breaking the specimen and can result in erroneously high measurements of absorbed energy. For machines recording in degrees, frictional losses are usually not compensated for by the machine manufacturer, whereas in machines recording directly in energy, they are usually compensated for by increasing the starting height of the pendulum. Determine energy losses from friction as follows:

A2.3.8.1 Without a specimen in the machine, and with the indicator at the maximum energy reading, release the pendulum from its starting position and record the energy value indicated. This value should indicate zero energy if frictional losses have been corrected by the manufacturer. Now raise the pendulum slowly until it just contacts the indicator at the value obtained in the free swing. Secure the pendulum at this height and determine the vertical distance from the center of strike to the top of a half-width specimen positioned on the specimen rest supports within 0.1 % (see A2.3.5). Determine the supporting force as in A2.3.5.1 and multiply by this vertical distance. The difference in this value and the initial potential energy is the total energy loss in the pendulum and indicator combined. Without resetting the pointer, repeatedly release the pendulum from its initial position until the pointer shows no further movement. The energy loss determined by the final position of the pointer is that due to the pendulum alone. The frictional loss in the indicator alone is then the difference between the combined indicator and pendulum losses and those due to the pendulum alone.

A2.3.9 The indicating mechanism accuracy shall be checked to ensure that it is recording accurately over the entire range (see A1.2.1). Check it at graduation marks corresponding to approximately 0, 10, 20, 30, 50, and 70 % of each range. With the striker marked to indicate the center of strike, lift the pendulum and set it in a position where the indicator reads, for example, 13 J (10 ft-lbf). Secure the pendulum at this height and determine the vertical distance from the center of strike to the top of a half-width specimen positioned on the specimen supports within 0.1 % (see A2.3.5). Determine the residual energy by multiplying the height of the center of strike by the supporting force, as described in A2.3.5.1. Increase this value by the total frictional and windage losses for a free swing (see A2.3.8.1) multiplied by the ratio of the angle of swing of the pendulum from the latch to the energy value being evaluated to the angle of swing of the pendulum from the latch to the zero energy reading. Subtract the sum of the residual energy and proportional frictional and windage loss from the potential energy at the latched position (see A2.3.5). The indicator shall agree with the energy calculated within the limits of A1.2.1. Make similar calculations at other points of the scale. The



indicating mechanism shall not overshoot or drop back with the pendulum. Make test swings from various heights to check visually the operation of the pointer over several portions of the scale.

**NOTE A2.4**—Indicators that indicate in degrees shall be checked using the above procedure. Degree readings from the scale shall be converted to energy readings using the conversion formula or table normally used in testing. In this way the formula or table can also be checked for windage and friction corrections.

#### A2.4 Indirect Verification:

A2.4.1 Indirect verification requires the testing of specimens with certified values to verify the accuracy of Charpy impact machines.

A2.4.1.1 Verification specimens with certified values are produced at low (13 to 20 J), high (88 to 136 J), and super-high (176 to 244 J) energy levels. To meet the verification requirements, the average value determined for a set of verification specimens at each energy level tested shall correspond to the certified values of the verification specimens within 1.4 J (1.0 ft-lbf) or 5.0 %, whichever is greater.

A2.4.1.2 Other sources of verification specimens<sup>7</sup> may be used provided their reference value has been established on the three reference machines owned, maintained, and operated by NIST in Boulder, CO.

A2.4.2 The verified range of a Charpy impact machine is described with reference to the lowest and highest energy specimens tested on the machine. These values are determined from tests on sets of verification specimens at two or more levels of absorbed energy, except in the case where a Charpy machine has a maximum capacity that is too low for two energy levels to be tested. In this case, one level of absorbed energy can be used for indirect verification.

A2.4.3 Determine the usable range of the impact testing machine prior to testing verification specimens. The usable range of an impact machine is dependent upon the resolution of the scale or readout device at the low end and the capacity of the machine at the high end.

A2.4.3.1 The resolution of the scale or readout device establishes the lower limit of the usable range for the machine. The lower limit is equal to 25 times the resolution of the scale or readout device at 15 J (11 ft-lbf).

**NOTE A2.5**—On analog scales, the resolution is the smallest change in energy that can be discerned on the scale. This is usually ¼ to ½ of the difference between 2 adjacent marks on the scale at the 15 J (11 ft-lbf) energy level.

**NOTE A2.6**—Digital readouts usually incorporate devices, such as digital encoders, with a fixed discrete angular resolution. The resolution of these types of readout devices is the smallest change in energy that can be consistently measured at 15 J. The resolution of these types of devices is

<sup>7</sup> Some sources for verification specimens maybe listed in the ASTM International Equipment Directory, [www.astm.org](http://www.astm.org).

usually not a change in the last digit shown on the display because resolution is a function of the angular position of the pendulum and changes throughout the swing. For devices which incorporate a verification mode in which a live readout of absorbed energy is available, the pendulum may be moved slowly in the area of 15 J to observe the smallest change in the readout device (the resolution).

A2.4.3.2 The upper limit of the usable range of the machine is equal to 80 % of the capacity of the machine.

A2.4.4 Only verification specimens that are within the usable range of the impact machine shall be tested. To verify the machine over its full usable range, test the lowest and highest energy levels of verification specimens commercially available that are within the machines' usable range. If the ratio of the highest and lowest certified values tested is greater than four, testing of a third set of intermediate energy specimens is required (if the specimens are commercially available).

**NOTE A2.7**—Use the upper bound of the energy range given for the low, high, and super-high verification specimens (20, 136, and 245 J respectively) to determine the highest energy level verification specimens that can be tested. Alternately, use the lower bound of the energy range given for the verification specimens to determine the minimum energy level for testing.

A2.4.4.1 If the low energy verification specimens were not tested (tested only high and super-high), the lower limit of the verified range shall be one half the energy of the lowest energy verification set tested.

**NOTE A2.8**—For example, if the certified value of the high energy specimens tested was 100 J, the lower limit would be 50 J.

A2.4.4.2 If the highest energy verification specimens available for a given Charpy machine capacity have not been tested, the upper value of the verified range shall be 1.5 times the certified value of the highest energy specimens tested.

**NOTE A2.9**—For example, if the machine being tested has a maximum capacity of 325 J (240 ft-lbf) and only low and high energy verification specimens were tested, the upper bound of the verified range would be 150 J (100 J \* 1.5 = 150 J), assuming that the high energy samples tested had a certified value of 100 J. To verify this machine over its full range, low, high, and super-high verification specimens would have to be tested, because super-high verification specimens can be tested on a machine with a 325 J capacity (80 % of 325 J is 260 J, and the certified value of super-high specimens never exceed 260 J). See [Table A2.1](#).

**TABLE A2.1 Verified Ranges for Various Machine Capacities and Verification Specimens Tested<sup>A</sup>**

Machine Capacity J	Resolution J	Usable Range J	Verification Specimens Tested			Verified Range J
			Low	High	Super-high	
80	0.10	2.5 to 64	X	...	...	2.5 to 64
160	0.20	5.0 to 128	X	X	...	5.0 to 128
325	0.25	6.25 to 260	X	X	X	6.25 to 260
400	0.30	7.5 to 320	...	X	X	50 to 320
400	0.15	3.75 to 320	X	X	...	3.75 to 150
400	0.15	3.75 to 320	X	X	X	3.75 to 320

<sup>A</sup>In these examples, the high energy verification specimens are assumed to have a certified value of 100 J.

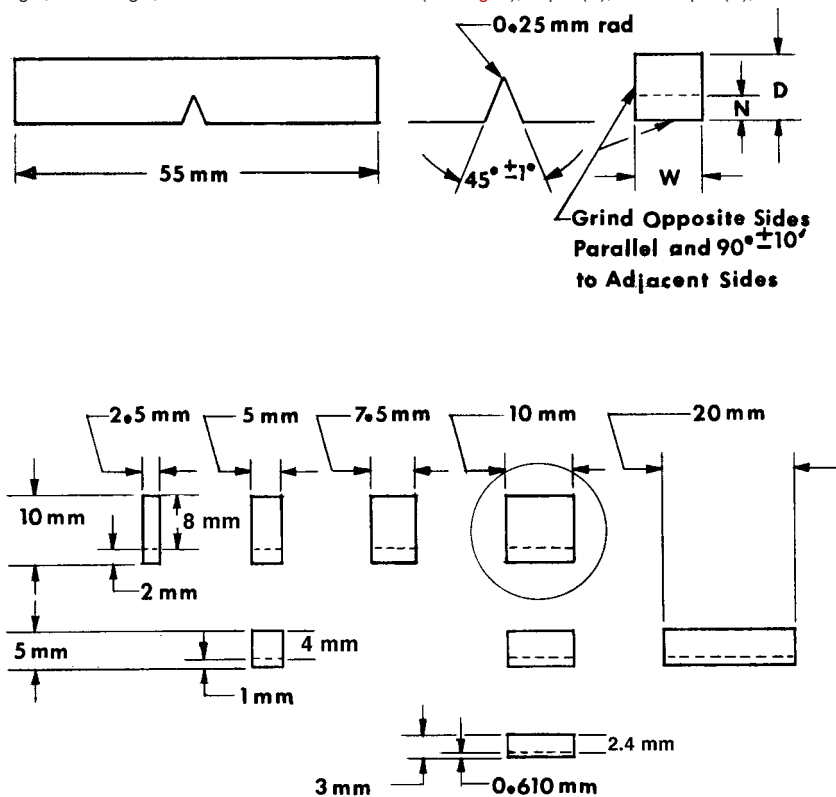
**A3. ADDITIONAL IMPACT TEST SPECIMEN CONFIGURATIONS**

**A3.1 Sub-Size Specimen**—When the amount of material available does not permit making the standard impact test specimens shown in Figs. 1 and 2, smaller specimens may be used, but the results obtained on different sizes of specimens cannot be compared directly (X1.3). When Charpy specimens other than the standard are necessary or specified, it is recommended that they be selected from Fig. A3.1.

**A3.2 Supplementary Specimens**—For economy in preparation of test specimens, special specimens of round or rectangular cross section are sometimes used for cantilever beam test.

These are shown as Specimens X, Y, and Z in Figs. A3.2 and A3.3. Specimen Z is sometimes called the Philpot specimen, after the name of the original designer. For hard materials, the machining of the flat surface struck by the pendulum is sometimes omitted. Types Y and Z require a different vise from that shown in Fig. A1.3, each half of the vise having a semi-cylindrical recess that closely fits the clamped portion of the specimen. As previously stated, the results cannot be reliably compared with those obtained using specimens of other sizes or shapes.

On sub-size specimens the length, notch angle, and notch radius are constant (see Fig. 1); depth (*D*), notch depth (*N*), and width (*W*) vary as indicated below.

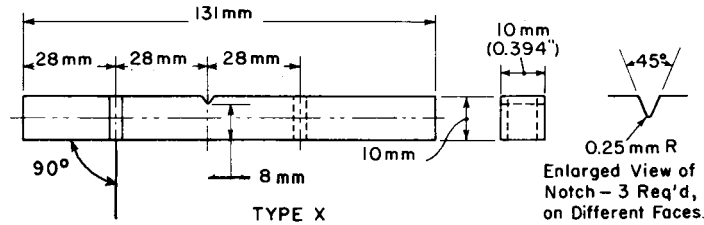


NOTE 1—Circled specimen is the standard specimen (see Fig. 1).

NOTE 2—Permissible variations shall be as follows:

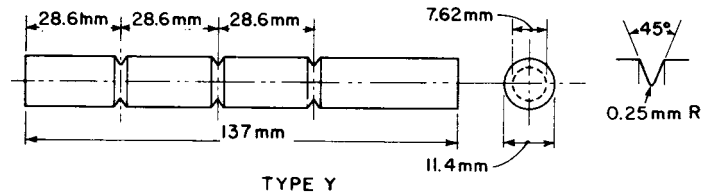
Cross-section dimensions	±1 % or ±0.075 mm, whichever is smaller
Radius of notch	±0.025 mm
Ligament length	±0.025 mm
Finish requirements	2 μm on notched surface and opposite face; 4 μm on other two surfaces

**FIG. A3.1 Non-Standard Charpy (Simple-Beam) (Type A) Impact Test Specimens**



NOTE 1—Permissible variations for type X specimens shall be as follows:

Notch length to edge	$90 \pm 2^\circ$
Adjacent sides shall be at	$90^\circ \pm 10 \text{ min}$
Ligament length of Type X specimen	$\pm 0.025 \text{ mm}$

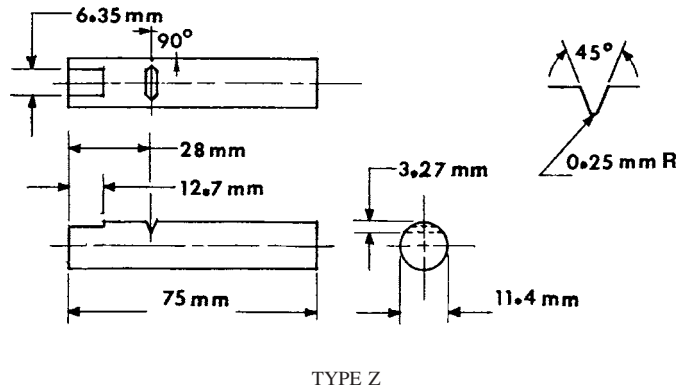


NOTE 2—Permissible variations for both specimens shall be as follows:

Cross-section dimensions	$\pm 0.025 \text{ mm}$
Lengthwise dimensions	$+0, -2.5 \text{ mm}$
Angle of notch	$\pm 1^\circ$
Radius of notch	$\pm 0.025 \text{ mm}$
Notch diameter of Type Y specimen	$\pm 0.025 \text{ mm}$

FIG. A3.2 Izod (Cantilever-Beam) Impact Test Specimens, Types X and Y

The flat shall be parallel to the longitudinal centerline of the specimen and shall be parallel to the bottom of the notch within 2:1000.



NOTE 1—Permissible variations shall be as follows:

Notch length to longitudinal centerline	$90 \pm 2^\circ$
Cross-section dimensions	$\pm 0.025 \text{ mm}$
Length of specimen	$+0, -2.5 \text{ mm}$
Angle of notch	$\pm 1^\circ$
Radius of notch	$\pm 0.025 \text{ mm}$
Notch depth	$\pm 0.025 \text{ mm}$

FIG. A3.3 Izod (Cantilever-Beam) Impact Test Specimen (Philpot), Type Z

A4. PRECRACKING CHARPY V-NOTCH IMPACT SPECIMENS

A4.1 Scope

A4.1.1 This annex describes the procedure for the fatigue precracking of standard Charpy V-notch (CVN) impact specimens. The annex provides information on applications of precracked Charpy impact testing and fatigue-precracking procedures.

A4.2 Significance and Use

A4.2.1 Section 4 also applies to precracked Charpy V-notch impact specimens.

A4.2.2 It has been found that fatigue-precracked CVN specimens generally result in better correlations with other impact toughness tests such as Test Method E604 and with fracture toughness tests such as Test Method E399 than the standard V-notch specimens (3,4,5,6,7,8). Also, the sharper notch yields more conservative estimations of the notched impact toughness and the transition temperature of the material (9,10).

A4.3 Apparatus

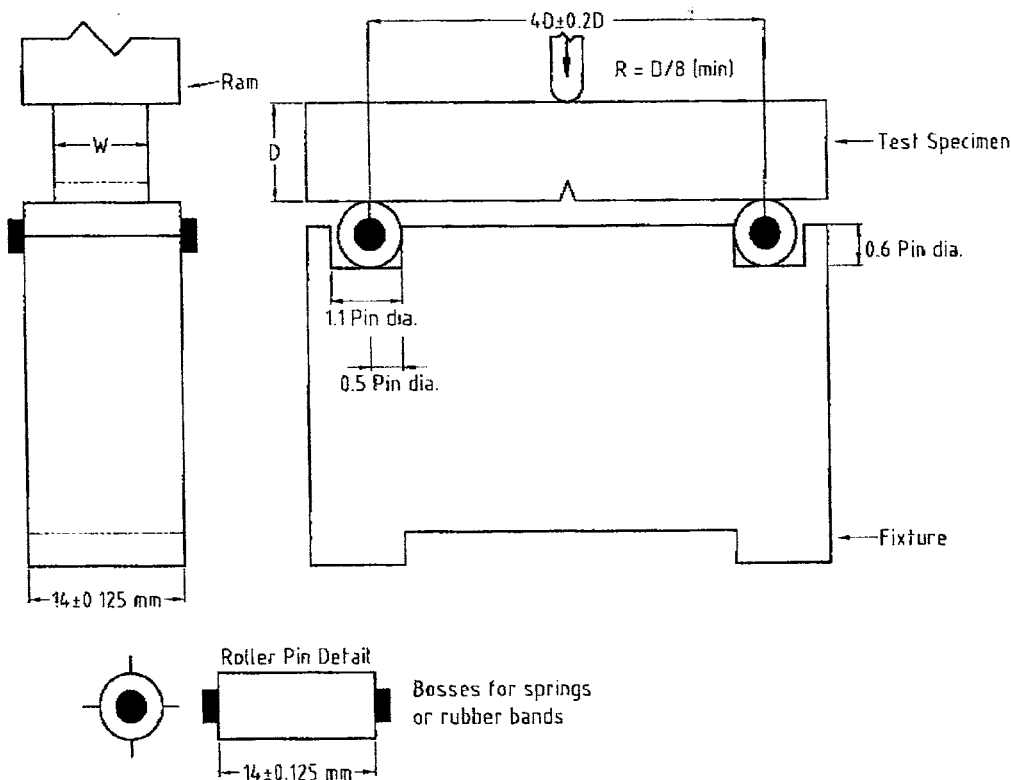
A4.3.1 The equipment for fatigue cracking shall be such that the stress distribution is symmetrical through the specimen thickness; otherwise, the crack will not grow uniformly. The

stress distribution shall also be symmetrical about the plane of the prospective crack; otherwise the crack will deviate unduly from that plane and the test result will be significantly affected.

A4.3.2 The recommended fixture to be used is shown in Fig. A4.1. The nominal span between support rollers shall be  $4D \pm 0.2D$ , where  $D$  is the depth of the specimen. The diameter of the rollers shall be between  $D/2$  and  $D$ . The radius of the ram shall be between  $D/8$  and  $D$ . This fixture is designed to minimize frictional effects by allowing the support rollers to rotate and move apart slightly as the specimen is loaded, thus permitting rolling contact. The rollers are initially positioned against stops that set the span length and are held in place by low-tension springs (such as rubber bands). Fixtures, rolls, and ram should be made of high hardness (greater than 40 HRC) steels.

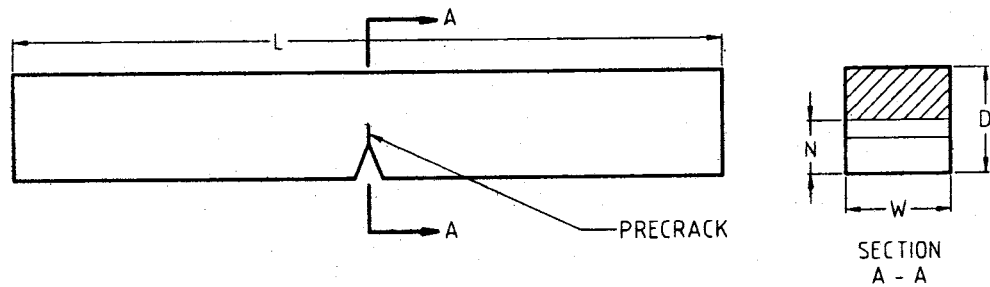
A4.4 Test Specimens

A4.4.1 The dimensions of the precracked Charpy specimen are essentially those of type-A shown in Fig. 1. The notch depth plus the fatigue crack extension length shall be designated as  $N$  as shown in Fig. A4.2. When the amount of material available does not permit making the standard impact test specimen, smaller specimens may be made by reducing the



D= Depth= 10 mm ±0.075 mm,  
W= Variable width (See FIG. A3.1)

FIG. A4.1 Fatigue Precracking-Fixture Design



L = Length  
 D = Depth  
 W = Width  
 N = Notch depth plus fatigue crack extension length

FIG. A4.2 Charpy (Simple-Beam, type A) Impact Test Specimen

width; but the results obtained on different sizes of specimens cannot be compared directly (see X1.3).

A4.4.2 The fatigue precracking is to be done with the material in the same heat-treated condition as that in which it will be impact tested. No intermediate treatments between fatigue precracking and testing are allowed.

A4.4.3 Because of the relatively blunt machined V-notch in the Charpy impact specimen, fatigue crack initiation can be difficult. Early crack initiation can be promoted by pressing or milling a sharper radius into the V-notch. Care must be taken to ensure that excessive deformation at the crack tip is avoided.

A4.4.4 It is advisable to mark two pencil lines on each side of the specimen normal to the anticipated paths of the surface traces of the fatigue crack. The first line should indicate the point at which approximately two-thirds of the crack extension has been accomplished. At this point, the stress intensity applied to the specimen should be reduced. The second line should indicate the point of maximum crack extension. At this point, fatigue precracking should be terminated.

#### A4.5 Fatigue Precracking Procedure

A4.5.1 Set up the test fixture so that the line of action of the applied load shall pass midway between the support roll center within 1 mm. Measure the span to within 1 % of the nominal length. Locate the specimen with the crack tip midway between the rolls within 1 mm of the span, and square to the roll axes within 2°.

A4.5.2 Select the initial loads used during precracking so that the remaining ligament remains undamaged by excessive plasticity. If the load cycle is maintained constant, the maximum  $K$  (stress intensity) and the  $K$  range will increase with crack length; care must be taken to ensure that the maximum  $K$  value is not exceeded to prevent excessive plastic deformation at the crack tip. This is done by continually shedding the load as the fatigue crack extends. The maximum load to be used at any instant can be calculated from Eq A4.1 and A4.2 while the minimum load should be kept at 10 % of the maximum. Eq A4.1 relates the maximum load to a stress intensity ( $K$ ) value

for the material that will ensure an acceptable plastic-zone size at the crack tip. It is also advisable to check this maximum load to ensure that it is below the limit load for the material using Eq A4.2. When the most advanced crack trace has almost reached the first scribed line corresponding to approximately two-thirds of the final crack length, reduce the maximum load so that  $0.6 K_{max}$  is not exceeded.

A4.5.3 Fatigue cycling is begun, usually with a sinusoidal waveform and near to the highest practical frequency. There is no known marked frequency effect on fatigue precrack formation up to at least 100 Hz in the absence of adverse environments; however, frequencies of 15 to 30 Hz are typically used. Carefully monitor the crack growth optically. A low-power magnifying glass is useful in this regard. If crack growth is not observed on one side when appreciable growth is observed on the first, stop fatigue cycling to determine the cause and remedy for the behavior. Simply turning the specimen around in relation to the fixture will often solve the problem. When the most advanced crack trace has reached the halfway mark, turn the specimen around in relation to the fixture and complete the fatigue cycling. Continue fatigue cycling until the surface traces on both sides of the specimen indicate that the desired overall length of notch plus crack is reached. The fatigue crack should extend at least 1 mm beyond the tip of the V-notch but no more than 3 mm. A fatigue crack extension of approximately 2 mm is recommended.

A4.5.4 When fatigue cracking is conducted at a temperature  $T_1$  and testing will be conducted at a different temperature  $T_2$ , and  $T_1 > T_2$ , the maximum stress intensity must not exceed 60 % of the  $K_{max}$  of the material at temperature  $T_1$  multiplied by the ratio of the yield stresses of the material at the temperatures  $T_1$  and  $T_2$ , respectively. Control of the plastic-zone size during fatigue cracking is important when the fatigue cracking is done at room temperature and the test is conducted at lower temperatures. In this case, the maximum stress intensity at room temperature must be kept to low values so that the plastic-zone size corresponding to the maximum stress intensity at low temperatures is smaller.

## A4.6 Calculation

A4.6.1 Specimens shall be precracked in fatigue at load values that will not exceed a maximum stress intensity,  $K_{\max}$ . or three-point bend specimens use:

$$P_{\max} = [K_{\max} * W * D^{3/2}] / [S * f(N/D)] \quad (A4.1)$$

where:

- $P_{\max}$  = maximum load to be applied during precracking,
- $K_{\max}$  = maximum stress intensity =  $\sigma_{ys} * (2 * \pi * r_y)^{1/2}$ ,  
where  $r_y$  = is the radius of the induced plastic zone size which should be less than or equal to 0.5 mm,
- $D$  = specimen depth,
- $W$  = specimen width,
- $S$  = span, and
- $f(N/D)$  = geometrical factor (see Table A4.1).

A4.6.2 See the appropriate section of Test Method E399 for the  $f(N/D)$  calculation. Table A4.1 contains calculated values for  $f(N/D)$  for CVN precracking. Eq A4.2 should be used to ensure that the loads used in fatigue cracking are well below the calculated limit load for the material.

$$P_L = (4/3) * [D * (D - N)^2 * \sigma_{ys} / S] \quad (A4.2)$$

where:

- $P_L$  = limit load for the material.

## A4.7 Crack Length Measurement

A4.7.1 After fracture, measure the initial notch plus fatigue crack length,  $N$ , to the nearest 1 % at the following three positions: at the center of the crack front and midway between the center and the intersection of the crack front with the specimen surfaces. Use the average of these three measurements as the crack length.

A4.7.2 If the difference between any two of the crack length measurements exceeds 10 % of the average, or if part of the crack front is closer to the machine notch root than 5 % of the average, the specimen should be discarded. Also, if the length of either surface trace of the crack is less than 80 % of the average crack length, the specimen should be discarded.

## A4.8 Report

A4.8.1 Report the following information for each specimen tested: type of specimen used (and size if not the standard size),

**TABLE A4.1 Calculations of  $f(N/D)$**

N (mm)	D (mm)	N/D	$f(N/D)$
2.00	10.00	0.20	1.17
2.10	10.00	0.21	1.21
2.20	10.00	0.22	1.24
2.30	10.00	0.23	1.27
2.40	10.00	0.24	1.31
2.50	10.00	0.25	1.34
2.60	10.00	0.26	1.37
2.70	10.00	0.27	1.41
2.80	10.00	0.28	1.45
2.90	10.00	0.29	1.48
3.00	10.00	0.30	1.52
3.10	10.00	0.31	1.56
3.20	10.00	0.32	1.60
3.30	10.00	0.33	1.64
3.40	10.00	0.34	1.69
3.50	10.00	0.35	1.73
3.60	10.00	0.36	1.78
3.70	10.00	0.37	1.83
3.80	10.00	0.38	1.88
3.90	10.00	0.39	1.93
4.00	10.00	0.40	1.98
4.10	10.00	0.41	2.04
4.20	10.00	0.42	2.10
4.30	10.00	0.43	2.16
4.40	10.00	0.44	2.22
4.50	10.00	0.45	2.29
4.60	10.00	0.46	2.35
4.70	10.00	0.47	2.43
4.80	10.00	0.48	2.50
4.90	10.00	0.49	2.58
5.00	10.00	0.50	2.66

test temperatures, and energy absorption. Report the average precrack length in addition to these Test Method E23 requirements.

A4.8.2 The following information may be provided as supplementary information: lateral expansion, fracture appearance, and also, it would probably be useful to report energy absorption normalized in some manner.

## A5. SPECIMEN ORIENTATION

### A5.1 Designation of Specimen Axis:

A5.1.1 The L-axis is coincident with the main direction of grain flow due to processing. This axis is usually referred to as the longitudinal direction (see Fig. A5.1, Fig. A5.2, and Fig. A5.3).

A5.1.2 The S-axis is coincident with the direction of the main working force. This axis is usually referred to as the short-transverse-direction.

A5.1.3 The T-axis is normal to the L- and S-axes. This axis is usually referred to as the transverse direction.

A5.1.4 Specimens parallel to the surface of wrought products, processed with the same degree of homogenous deformation along the L- and T axes may be called T specimens.

A5.1.5 Specimens normal to the uniform grain flow of wrought products (or grain growth in cast products), whose grain flow is exclusively in one direction, so that T- and S specimens are equivalent, may be called S specimens.

### A5.2 Designation of Notch Orientation:



A5.2.1 The notch orientation is designated by the direction in which fracture propagates. This letter is separated from the specimen-axis designation by a hyphen. In unique cases (Fig. A5.3), when fracture propagates across two planes, two letters are required to designate notch orientation.

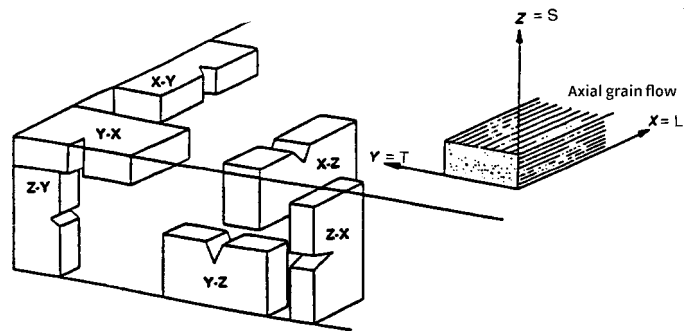


FIG. A5.1 Fracture Planes Along Principal Axes

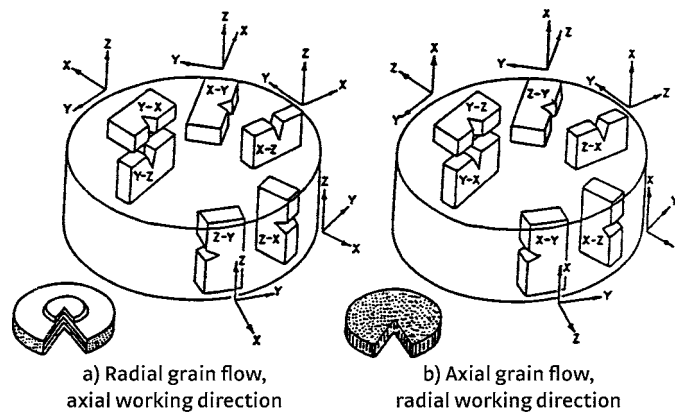


FIG. A5.2 Fracture Planes—Cylindrical Sections

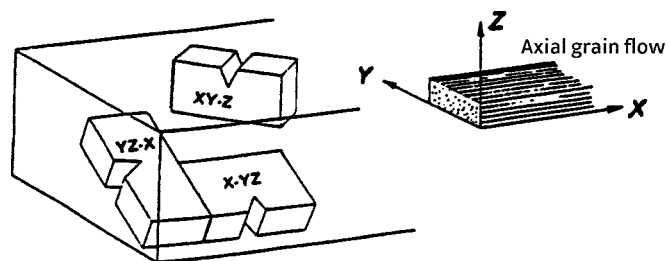


FIG. A5.3 Fracture Planes not Along Principal Axes

## A6. DETERMINATION OF THE PROPORTION OF SHEAR FRACTURE SURFACE

A6.1 These fracture-appearance methods are based on the concept that 100% shear (ductile) fracture occurs above the transition-temperature range and cleavage (brittle) fracture occurs below the range. This concept appears to be appropriate, at least for body-centered-cubic iron-based alloys that undergo a distinct ductile to brittle transition, but interpretation is complicated in materials that exhibit mixed mode fracture during unstable crack growth. In the transition-temperature

range, fracture is initiated at the root of the notch by fibrous tearing. A short distance from the notch, unstable crack growth occurs as the fracture mechanism changes to cleavage or mixed mode mechanism, which often results in distinct radial markings in the central portion of the specimen (indicative of fast, unstable fracture). After several microseconds the unstable crack growth arrests. Final fracture occurs at the remaining ligament and at the sides of the specimen in a ductile manner.



As shear-lips are formed at the sides of the specimen, the plastic hinge at the remaining ligament ruptures. In the ideal case, a “picture frame” of fibrous (ductile) fracture surrounds a relatively flat area of cleavage (brittle) fracture.

The five methods used below may be used to determine the percentage of ductile fracture on the surface of impact specimens. It is recommended that the user qualitatively characterize the fracture mode of the flat fracture zone, and provide a description of how the shear measurements were made. The accuracy of the methods are grouped in order of increasing precision. In the case where a specimen does not separate into two halves during the impact test and the fracture occurs without any evidence of cleavage (brittle) fracture, the percent shear fracture can be considered to be 100% and the specimen should be reported as unbroken.

NOTE A6.1—Round robin data (five U.S. companies, 1990) estimates of the percent shear for five quenched and tempered 8219 steels and four microalloyed 1040 steels indicated the following: (1) results using method A6.1.1 systematically underestimated the percent shear (compared with

method A6.1.4), (2) the error using method A6.1.2 was random and, (3) The typical variation in independent measurements using method A6.1.4 was on the order of 5 to 10 % for microalloyed 1040 steels.

A6.1.1 Measure the length and width of the flat fracture region of the fracture surface, as shown in Fig. 10, and determine the percent shear from either Table A6.1 or Table A6.2 depending on the units of measurement.

A6.1.2 Compare the appearance of the fracture of the specimen with a fracture appearance chart such as that shown in Fig. A6.1.

A6.1.3 Magnify the fracture surface and compare it to a precalibrated overlay chart or measure the percent shear fracture by means of a planimeter.

A6.1.4 Photograph the fracture surface at a suitable magnification and measure the percent shear fracture by means of a planimeter.

A6.1.5 Capture a digital image of the fracture surface and measure the percent shear fracture using image analysis software.

**TABLE A6.1 Percent Shear for Measurements Made in Millimetres**

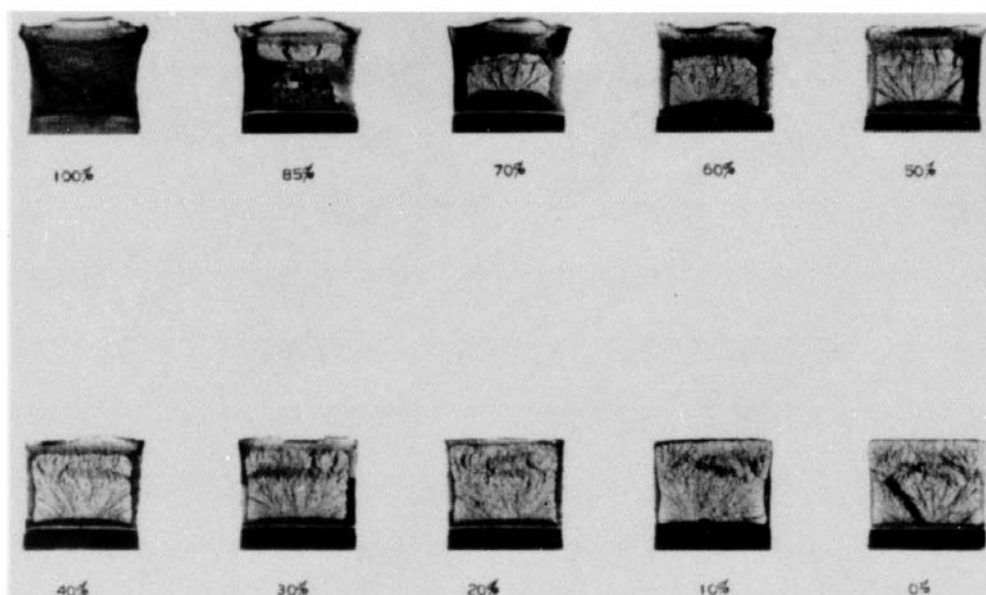
NOTE 1—100 % shear is to be reported when either *A* or *B* is zero.

Dimension <i>B</i> , mm	Dimension <i>A</i> , mm																		
	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0	7.5	8.0	8.5	9.0	9.5	10
1.0	99	98	98	97	96	96	95	94	94	93	92	92	91	91	90	89	89	88	88
1.5	98	97	96	95	94	93	92	92	91	90	89	88	87	86	85	84	83	82	81
2.0	98	96	95	94	92	91	90	89	88	86	85	84	82	81	80	79	77	76	75
2.5	97	95	94	92	91	89	88	86	84	83	81	80	78	77	75	73	72	70	69
3.0	96	94	92	91	89	87	85	83	81	79	77	76	74	72	70	68	66	64	62
3.5	96	93	91	89	87	85	82	80	78	76	74	72	69	67	65	63	61	58	56
4.0	95	92	90	88	85	82	80	77	75	72	70	67	65	62	60	57	55	52	50
4.5	94	92	89	86	83	80	77	75	72	69	66	63	61	58	55	52	49	46	44
5.0	94	91	88	85	81	78	75	72	69	66	62	59	56	53	50	47	44	41	37
5.5	93	90	86	83	79	76	72	69	66	62	59	55	52	48	45	42	38	35	31
6.0	92	89	85	81	77	74	70	66	62	59	55	51	47	44	40	36	33	29	25
6.5	92	88	84	80	76	72	67	63	59	55	51	47	43	39	35	31	27	23	19
7.0	91	87	82	78	74	69	65	61	56	52	47	43	39	34	30	26	21	17	12
7.5	91	86	81	77	72	67	62	58	53	48	44	39	34	30	25	20	16	11	6
8.0	90	85	80	75	70	65	60	55	50	45	40	35	30	25	20	15	10	5	0

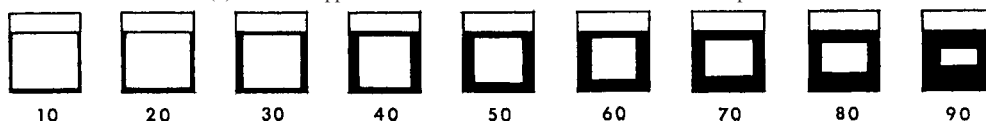
TABLE A6.2 Percent Shear for Measurements Made in Inches

NOTE 1—100 % shear is to be reported when either A or B is zero.

Dimension B, in.	Dimension A, in.																
	0.05	0.10	0.12	0.14	0.16	0.18	0.20	0.22	0.24	0.26	0.28	0.30	0.32	0.34	0.36	0.38	0.40
0.05	98	96	95	94	94	93	92	91	90	90	89	88	87	86	85	85	84
0.10	96	92	90	89	87	85	84	82	81	79	77	76	74	73	71	69	68
0.12	95	90	88	86	85	83	81	79	77	75	73	71	69	67	65	63	61
0.14	94	89	86	84	82	80	77	75	73	71	68	66	64	62	59	57	55
0.16	94	87	85	82	79	77	74	72	69	67	64	61	59	56	53	51	48
0.18	93	85	83	80	77	74	72	68	65	62	59	56	54	51	48	45	42
0.20	92	84	81	77	74	72	68	65	61	58	55	52	48	45	42	39	36
0.22	91	82	79	75	72	68	65	61	57	54	50	47	43	40	36	33	29
0.24	90	81	77	73	69	65	61	57	54	50	46	42	38	34	30	27	23
0.26	90	79	75	71	67	62	58	54	50	46	41	37	33	29	25	20	16
0.28	89	77	73	68	64	59	55	50	46	41	37	32	28	23	18	14	10
0.30	88	76	71	66	61	56	52	47	42	37	32	27	23	18	13	9	3
0.31	88	75	70	65	60	55	50	45	40	35	30	25	20	18	10	5	0



(a) Fracture Appearance Charts and Percent Shear Fracture Comparator



(b) Guide for Estimating Fracture Appearance

FIG. A6.1 Fracture Appearance

**APPENDIXES**
**(Nonmandatory Information)**
**X1. NOTES ON SIGNIFICANCE OF NOTCHED-BAR IMPACT TESTING**
**X1.1 Notch Behavior:**

X1.1.1 The Charpy V-notch (CVN) impact test has been used extensively in mechanical testing of steel products, in research, and in procurement specifications for over three decades. Where correlations with fracture mechanics parameters are available, it is possible to specify CVN toughness values that would ensure elastic-plastic or plastic behavior for fracture of fatigue cracked specimens subjected to minimum operating temperatures and maximum in service rates of loading.

X1.1.2 The notch behavior of the face-centered cubic metals and alloys, a large group of nonferrous materials and the austenitic steels can be judged from their common tensile properties. If they are brittle in tension, they will be brittle when notched, while if they are ductile in tension they will be ductile when notched, except for unusually sharp or deep notches (much more severe than the standard Charpy or Izod specimens). Even low temperatures do not alter this characteristic of these materials. In contrast, the behavior of the ferritic steels under notch conditions cannot be predicted from their properties as revealed by the tension test. For the study of these materials the Charpy and Izod type tests are accordingly very useful. Some metals that display normal ductility in the tension test may nevertheless break in brittle fashion when tested or when used in the notched condition. Notched conditions include constraints to deformation in directions perpendicular to the major stress, or multi axial stresses, and stress concentrations. It is in this field that the Charpy and Izod tests prove useful for determining the susceptibility of a steel to notch-brittle behavior though they cannot be directly used to appraise the serviceability of a structure.

**X1.2 Notch Effect:**

X1.2.1 The notch results in a combination of multi axial stresses associated with restraints to deformation in directions perpendicular to the major stress, and a stress concentration at the base of the notch. A severely notched condition is generally not desirable, and it becomes of real concern in those cases in

which it initiates a sudden and complete failure of the brittle type. Some metals can be deformed in a ductile manner even down to very low temperatures, while others may crack. This difference in behavior can be best understood by considering the cohesive strength of a material (or the property that holds it together) and its relation to the yield point. In cases of brittle fracture, the cohesive strength is exceeded before significant plastic deformation occurs and the fracture appears crystalline. In cases of the ductile or shear type of failure, considerable deformation precedes the final fracture and the broken surface appears fibrous instead of crystalline. In intermediate cases, the fracture comes after a moderate amount of deformation and is part crystalline and part fibrous in appearance.

X1.2.2 When a notched bar is loaded, there is a normal stress across the base of the notch which tends to initiate fracture. The property that keeps it from cleaving, or holds it together, is the “cohesive strength”. The bar fractures when the normal stress exceeds the cohesive strength. When this occurs without the bar deforming it is the condition for brittle fracture.

X1.2.3 In testing, though not in service because of side effects, it happens more commonly that plastic deformation precedes fracture. In addition to the normal stress, the applied load also sets up shear stresses which are about 45° to the normal stress. The elastic behavior terminates as soon as the shear stress exceeds the shear strength of the material and deformation or plastic yielding sets in. This is the condition for ductile failure.

X1.2.4 This behavior, whether brittle or ductile, depends on whether the normal stress exceeds the cohesive strength before the shear stress exceeds the shear strength. Several important facts of notch behavior follow from this. If the notch is made sharper or more drastic, the normal stress at the root of the notch will be increased in relation to the shear stress and the bar will be more prone to brittle fracture (see [Table X1.1](#)). Also, as the speed of deformation increases, the shear strength increases and the likelihood of brittle fracture increases. On the other hand, by raising the temperature, leaving the notch and

**TABLE X1.1 Effect of Varying Notch Dimensions on Standard Specimens**

	High-Energy Specimens, J (ft·lbf)	Medium-Energy Specimens, J (ft·lbf)	Low-Energy Specimens, J (ft·lbf)
Specimen with standard dimensions	103.0 ± 5.2 (76.0 ± 3.8)	60.3 ± 3.0 (44.5 ± 2.2)	16.9 ± 1.4 (12.5 ± 1.0)
Depth of notch, 2.13 mm (0.084 in.) <sup>A</sup>	97.9 (72.2)	56.0 (41.3)	15.5 (11.4)
Depth of notch, 2.04 mm (0.0805 in.) <sup>A</sup>	101.8 (75.1)	57.2 (42.2)	16.8 (12.4)
Depth of notch, 1.97 mm (0.0775 in.) <sup>A</sup>	104.1 (76.8)	61.4 (45.3)	17.2 (12.7)
Depth of notch, 1.88 mm (0.074 in.) <sup>A</sup>	107.9 (79.6)	62.4 (46.0)	17.4 (12.8)
Radius at base of notch 0.13 mm (0.005 in.) <sup>B</sup>	98.0 (72.3)	56.5 (41.7)	14.6 (10.8)
Radius at base of notch 0.38 mm (0.015 in.) <sup>B</sup>	108.5 (80.0)	64.3 (47.4)	21.4 (15.8)

<sup>A</sup>Standard 2.0 ± 0.025 mm (0.079 ± 0.001 in.).

<sup>B</sup>Standard 0.25 ± 0.025 mm (0.010 ± 0.001 in.).

the speed of deformation the same, the shear strength is lowered and ductile behavior is promoted, leading to shear failure.

X1.2.5 Variations in notch dimensions will seriously affect the results of the tests. Tests on E4340 steel specimens<sup>5</sup> have shown the effect of dimensional variations on Charpy results (see [Table X1.1](#)).

### X1.3 *Size Effect:*

X1.3.1 Increasing either the width or the depth of the specimen tends to increase the volume of metal subject to distortion, and by this factor tends to increase the energy absorption when breaking the specimen. However, any increase in size, particularly in width, also tends to increase the degree of constraint and by tending to induce brittle fracture, may decrease the amount of energy absorbed. Where a standard-size specimen is on the verge of brittle fracture, this is particularly true, and a double width specimen may actually require less energy for rupture than one of standard width.

X1.3.2 In studies of such effects where the size of the material precludes the use of the standard specimen, for example when the material is 6.35-mm (0.25-in.) plate, subsized specimens are used. Such specimens ([Fig. A3.1](#)) are based on the Type A specimen of [Fig. 1](#).

X1.3.3 General correlation between the energy values obtained with specimens of different size or shape is not feasible, but limited correlations may be established for specification purposes on the basis of special studies of particular materials and particular specimens. On the other hand, in a study of the relative effect of process variations, evaluation by use of some arbitrarily selected specimen with some chosen notch will in most instances place the methods in their proper order.

### X1.4 *Temperature Effect:*

X1.4.1 The testing conditions also affect the notch behavior. So pronounced is the effect of temperature on the behavior of steel when notched that comparisons are frequently made by examining specimen fractures and by plotting energy value and fracture appearance versus temperature from tests of notched bars at a series of temperatures. When the test temperature has been carried low enough to start cleavage fracture, there may be an extremely sharp drop in absorbed energy or there may be a relatively gradual falling off toward the lower temperatures. This drop in energy value starts when a specimen begins to exhibit some crystalline appearance in the fracture. The transition temperature at which this embrittling effect takes place varies considerably with the size of the part or test specimen and with the notch geometry.

### X1.5 *Testing Machine:*

X1.5.1 The testing machine itself must be sufficiently rigid or tests on high-strength low-energy materials will result in excessive elastic energy losses either upward through the pendulum shaft or downward through the base of the machine.

If the anvil supports, the striker, or the machine foundation bolts are not securely fastened, tests on ductile materials in the range from 108 J (80 ft-lbf) may actually indicate values in excess of 122 to 136 J (90 to 100 ft-lbf)

X1.5.2 A problem peculiar to Charpy-type tests occurs when high-strength, low-energy specimens are tested at low temperatures. These specimens may not leave the machine in the direction of the pendulum swing but rather in a sidewise direction. To ensure that the broken halves of the specimens do not rebound off some component of the machine and contact the pendulum before it completes its swing, modifications may be necessary in older model machines. These modifications differ with machine design. Nevertheless the basic problem is the same in that provisions must be made to prevent rebounding of the fractured specimens into any part of the swinging pendulum. Where design permits, the broken specimens may be deflected out of the sides of the machine and yet in other designs it may be necessary to contain the broken specimens within a certain area until the pendulum passes through the anvils. Some low-energy high-strength steel specimens leave impact machines at speeds in excess of 15.2 m/s (50 ft/s) although they were struck by a pendulum traveling at speeds approximately 5.2 m/s (17 ft/s). If the force exerted on the pendulum by the broken specimens is sufficient, the pendulum will slow down and erroneously high energy values will result. This problem accounts for many of the inconsistencies in Charpy results reported by various investigators within the 14 to 34 J (10 to 25 ft-lb) range. [Figure A1.1](#) illustrates a modification found to be satisfactory in minimizing jamming.

### X1.6 *Velocity of Straining:*

X1.6.1 Velocity of straining is likewise a variable that affects the notch behavior of steel. The impact test shows somewhat higher energy absorption values than the static tests above the transition temperature and yet, in some instances, the reverse is true below the transition temperature.

### X1.7 *Correlation with Service:*

X1.7.1 While Charpy or Izod tests may not directly predict the ductile or brittle behavior of steel as commonly used in large masses or as components of large structures, these tests can be used as acceptance tests or tests of identity for different lots of the same steel or in choosing between different steels, when correlation with reliable service behavior has been established. It may be necessary to make the tests at properly chosen temperatures other than room temperature. In this, the service temperature or the transition temperature of full-scale specimens does not give the desired transition temperatures for Charpy or Izod tests since the size and notch geometry may be so different. Chemical analysis, tension, and hardness tests may not indicate the influence of some of the important processing factors that affect susceptibility to brittle fracture nor do they comprehend the effect of low temperatures in inducing brittle behavior.

## X2. SUGGESTED METHODS OF MEASUREMENT

### X2.1 Position of the Center of Strike Relative to the Center of Gravity:

X2.1.1 Since the center of strike can only be marked on an assembled machine, only the methods applicable to an assembled machine are described as follows:

X2.1.1.1 The fundamental fact on which all the methods are based is that when the friction forces are negligible, the center of gravity is vertically below the axis of rotation of a pendulum supported by the bearings only, (herein referred to as a free hanging pendulum). Paragraph A1.3 limits the friction forces in impact machines to a negligible value. The required measurements may be made using specialized instruments such as transits, clinometers, or cathometers. However, simple instruments have been used as described in the following to make measurements of sufficient accuracy.

X2.1.1.2 Suspend a plumb bob from the frame. The plumb line should appear visually to be in the plane of swing of the striking edge.

X2.1.1.3 Place a massive object on the base close to the latch side of the pendulum. Adjust the position of this object so that when back lighted, a minimal gap is visible between it and the pendulum. (See Fig. X2.1.)

X2.1.1.4 With a scale or depth gage pressed lightly against the striking edge at the center of strike, measure the horizontal distance between the plumb line and striking edge. (The dimension *B* in Fig. X2.1.)

X2.1.1.5 Similarly, measure the distance in a horizontal plane through the axis of rotation from the plumb line to the clamp block or enlarged end of the pendulum stem. (Dimension *A* in Fig. X2.1.)

X2.1.1.6 Use a depth gage to measure the radial distance from the surface contacted in measuring *A* to a machined surface of the shaft which connects the pendulum to the bearings in the machine frame. (Dimension *C* in Fig. X2.1.)

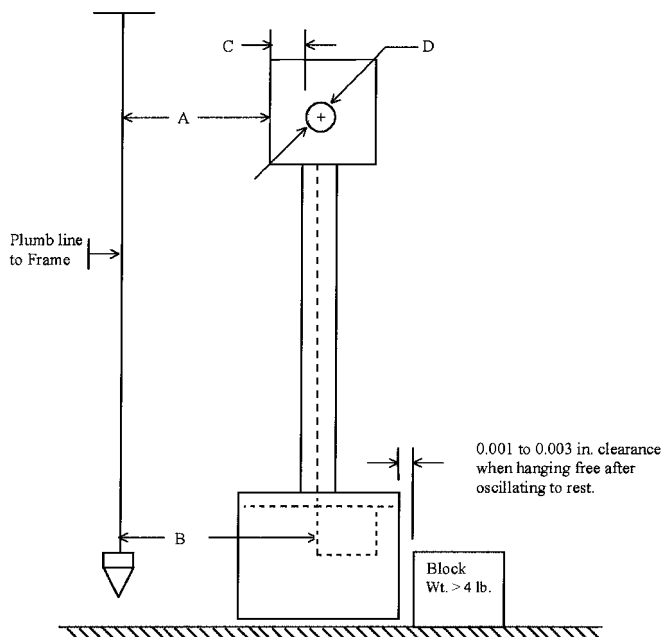


FIG. X2.1 Measurement of Deviation of Center of Strike from Vertical Plane through Axis of Rotation when Pendulum is Hanging Free

X2.1.1.7 Use an outside caliper or micrometer to measure the diameter of the shaft at the same location contacted in measuring *C*. (Dimension *D* in Fig. X2.1.)

X2.1.1.8 Substitute the measured dimensions in the equation

$$X = A + C + D/2 - B \quad (X2.1)$$

where:

*X* = deviation of the center of strike from a line from the center of rotation through the center of gravity.

## X3. INSTRUCTIONS FOR TESTING NON-STANDARD SPECIMENS

X3.1 When testing non-standard size specimens (see Fig. A3.1), the specimen support height should be changed to ensure that the center of strike is maintained (see A2.3.4 and A2.3.7 for instructions). To comply with this change, new specimen supports can be manufactured or shims may be added to the specimen supports in a secure manner so that they do not interfere with the test.

X3.2 In order to maintain the center of strike requirements, the following procedure should be used when testing a non-standard specimen. The height of the specimen supports should be changed to ensure that the centerline of the non-standard

specimen will coincide with the centerline of the standard specimen. Higher specimen supports should be used when testing a sub-size specimen and lower specimen supports should be used when testing an oversized specimen.

X3.3 Determine the nominal height of the non-standard specimen. When testing sub-size specimens, subtract this value from the standard height specimens (10 mm). Divide this value by two. This amount shall be added to the standard specimen support height. For oversize specimens, the result of the subtraction is a negative number. Therefore, the thickness of the supports shall be reduced by the amount calculated.



**REFERENCES**

- (1) Nanstad, R. K., Swain, R. L. and Berggren, R. G., “Influence of Thermal Conditioning Media on Charpy Specimen Test Temperature,” *Charpy Impact Test: Factors and Variables, ASTM STP 1072*, ASTM, 1990.
- (2) Tobler R. L. Et al., “Charpy Impact Tests Near Absolute Zero,” *Journal of Testing and Evaluation*, Vol 19, 1 1992.
- (3) Wullaert, R. A., Ireland, D. R., and Tetelman, A. S., “Radiation Effects on the Metallurgical Fracture Parameters and Fracture Toughness of Pressure Vessel Steels,” *Irradiation Effects on Structural Alloys for Nuclear Reactor Applications, ASTM STP 484*, ASTM, 1970, pp. 20–41.
- (4) Sovak, J. F., “Correlation of Data from Standard and Precracked Charpy Specimens with Fracture Toughness Data for HY-130, A517-F, and HY-80 Steel,” *Journal of Testing and Evaluation*, JTEVA, Vol 10, No. 3, May 1982, pp. 102–114.
- (5) Succop, G. and Brown, W. F., Jr., “Estimation of  $K_{Ic}$  from Slow Bend Precracked Charpy Specimen Strength Ratios,” *Developments in Fracture Mechanics Test Methods Standardization, ASTM STP 632*, W. F. Brown, Jr., and J. G. Kaufman, Eds., ASTM, 1977, pp. 179–192.
- (6) Tauscher, S., “The Correlation of Fracture Toughness with Charpy V-notch Impact Test Data,” Army Armament Research and Development Command, Technical Report ARLCB-TR-81012, 1981.
- (7) Wullaert, R. A., Ireland, D. R., and A. S. Tetelman, “Use of the Precracked Charpy Specimen in Fracture Toughness Testing,” *Fracture Prevention and Control*, pp. 255–282.
- (8) Barsom, J. M. and Rolfe, S. T., “Correlations Between  $K_{Ic}$  and Charpy V-notch Test Results in the Transition-Temperature Range,” *Impact Testing of Metals, ASTM STP 466*, ASTM, 1970, pp. 281–302.
- (9) Mikalac, S., Vassilaros, M. G., and H. C. Rogers, “Precracking and Strain Rate Effects on HSLA-100 Steel Charpy Specimens,” *Charpy Impact Test: Factors and Variables, ASTM STP 1072*, J. M. Holt, Ed., ASTM, 1990.
- (10) Sharkey, R. L. and Stone, D. H., “A Comparison of Charpy V-notch, Dynamic Tear, and Precracked Charpy Impact Transition-Temperature Curves for AAR Grades of Cast Steel.”

*ASTM International takes no position respecting the validity of any patent rights asserted in connection with any item mentioned in this standard. Users of this standard are expressly advised that determination of the validity of any such patent rights, and the risk of infringement of such rights, are entirely their own responsibility.*

*This standard is subject to revision at any time by the responsible technical committee and must be reviewed every five years and if not revised, either reapproved or withdrawn. Your comments are invited either for revision of this standard or for additional standards and should be addressed to ASTM International Headquarters. Your comments will receive careful consideration at a meeting of the responsible technical committee, which you may attend. If you feel that your comments have not received a fair hearing you should make your views known to the ASTM Committee on Standards, at the address shown below.*

*This standard is copyrighted by ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA 19428-2959, United States. Individual reprints (single or multiple copies) of this standard may be obtained by contacting ASTM at the above address or at 610-832-9585 (phone), 610-832-9555 (fax), or service@astm.org (e-mail); or through the ASTM website (www.astm.org). Permission rights to photocopy the standard may also be secured from the ASTM website (www.astm.org/COPYRIGHT).*