

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**



**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**

**CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**

---

**TEMA:** “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”.

---

Trabajo estructurado de manera independiente previa a la obtención del Título de  
Ingeniero Mecánico

**Autor:** Klever Santiago Morales Cisneros

**Tutor:** Ing. Mg. Jorge Guamanquispe

Ambato-Ecuador

2015

## **APROBACIÓN DEL TUTOR**

Quien suscribe, Ing. Mg. Jorge Patricio Guamanquispe Toasa, con CI: 180203948-5, en mi calidad de Tutor del trabajo de investigación bajo el tema: “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” realizado por el Sr. Klever Santiago Morales Cisneros, Egresado de la carrera de Ingeniería Mecánica, tengo a bien informar lo siguiente:

El trabajo de investigación en mención está ajustado en su estructura tanto en el problema, marco teórico, metodología, análisis de resultados, conclusiones y recomendaciones y la propuesta del trabajo de investigación, el mismo que es APROBADO para el trámite correspondiente.

Ambato, 20 de abril del 2015

EL TUTOR

.....  
Ing. Mg. Jorge Patricio Guamanquispe Toasa

## **AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

La responsabilidad de las opiniones, comentarios, críticas y conclusiones emitidas en el trabajo de investigación con el tema “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”.es exclusivamente responsabilidad de mi persona como autor de la presente investigación como también del Ing. Mg. Jorge Patricio Guamanquispe Toasa Director del Trabajo de investigación; y el patrimonio intelectual de la misma a la Universidad Técnica de Ambato.

Ambato, 30 de marzo del 2014

El AUTOR

.....

## **DEDICATORIA**

Este trabajo de investigación lo dedico principalmente a Dios por haberme dado la vida y permitirme seguir cumpliendo las metas planteadas.

A mis padres por su cariño, comprensión y apoyo brindados en este proceso de mi vida educativa, a mis hermanos y amigos por sus consejos que me permitieron salir adelante y comprender que con esfuerzo y dedicación podemos llegar a cumplir nuestros sueños.

## **AGRADECIMIENTO**

A mis padres por haberme apoyado siempre e incondicionalmente para llevar a cabo este logro, como también a mis familiares y amigos por haber depositado su confianza en mí.

De igual forma agradezco a mis profesores por brindarme sus conocimientos y su amistad en mi etapa educativa.

## ÍNDICE

### PÁGINAS PRELIMINARES

Página de portada .....	i
Aprobación del tutor .....	ii
Autoría de la investigación.....	iii
Dedicatoria .....	iv
Agradecimiento .....	v
Índice .....	vi
Tablas .....	xi
Figuras .....	xiii
Resumen ejecutivo .....	xv
CAPÍTULO I.....	1
EL PROBLEMA .....	1
1.1 Tema:.....	1
1.2 Planteamiento del problema .....	1
1.2.1 Contextualización.....	1
1.2.2 Análisis crítico.....	2
1.2.3 Prognosis .....	3
1.2.4 Formulación del problema .....	3
1.2.5 Preguntas Directrices.....	3
1.2.6 Delimitación del problema .....	4
1.3 Justificación.....	4
1.4 Objetivos de la investigación .....	5
1.4.1 Objetivo general .....	5
1.4.2 Objetivos Específicos .....	5
CAPÍTULO II .....	6

MARCO TEÓRICO .....	6
2.1 Antecedentes Investigativos .....	6
2.2 Fundamentación Filosófica .....	6
2.3 Fundamentación Legal .....	7
2.4 Categorías Fundamentales .....	7
2.5 Fundamentación Teórica .....	8
2.5.3 Ingeniería de materiales. ....	10
2.5.4 Materiales compuestos .....	11
2.5.5 Procesos Productivos .....	19
2.5.6 Producción.....	22
2.5.7 Productividad .....	22
2.5.8 Tiempos y Movimientos.....	23
2.5.9 Estudio de Tiempos .....	27
2.6 Hipótesis .....	29
2.6.1 Variable Independiente .....	29
2.6.2 Variable Dependiente .....	29
CAPÍTULO III .....	30
METODOLOGÍA .....	30
3.1 Enfoque .....	30
3.2 Modalidad de investigación .....	30
3.2.1 Investigación de campo .....	30
3.2.2 Investigación Bibliográfica .....	30
3.3 Nivel o tipo de investigación.....	31
3.3.1 Descriptivo .....	31
3.3.2 Exploratorio.....	31
3.4 Población y muestra .....	31

3.5 Operacionalización de variables.....	33
3.5.1 Variable Independiente: .....	33
3.5.6 Variable Dependiente:.....	34
3.6 Recopilación de datos.....	35
3.7 Procesamiento y análisis de la información .....	35
3.7.1 Procesamiento de la información .....	35
3.7.2 Plan de análisis e interpretación de resultados .....	35
CAPÍTULO IV .....	37
ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....	37
4.1 Análisis de resultados.....	37
4.1.1 Presentación de resultados. ....	37
4.1.2 Proceso propuesto para la obtención y análisis de resultados. ....	38
4.1.3 Proceso de configuración del material compuesto.....	40
4.2 Determinación de propiedades mecánicas (flexión, compresión).....	42
4.2.1 Ensayo de flexión. ....	42
4.2.2 Esfuerzo máximo a flexión .....	43
4.2.3 Deflexión de ruptura.....	44
4.2.4 Módulo de flexión (Ef).....	45
4.3 Compresión perpendicular .....	50
4.3.1 Esfuerzo máximo a compresión perpendicular .....	52
4.3.2 Módulo de elasticidad (E) .....	52
4.3.3 Porcentaje de deformación.....	53
4.4 Factores que influyen en el dobléz del material compuesto.....	59
4.5 Calculo de tiempos de producción .....	64
4.6 Verificación de hipótesis .....	71
4.6.1 Verificación de la hipótesis por el método t de student .....	73

CAPÍTULO V .....	76
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	76
5.1 Conclusiones .....	76
5.2 Recomendaciones .....	78
CAPÍTULO VI .....	79
PROPUESTA .....	79
6.1 Datos informativos .....	79
6.2 Antecedentes a la propuesta .....	80
6.3 Justificación.....	80
6.4 Objetivos .....	81
6.4.1 Objetivo General .....	81
6.4.2 Objetivos Específicos .....	81
6.5 Análisis de Factibilidad .....	81
6.6 Fundamentación .....	82
6.6.1 Determinación de parámetros de diseño .....	82
6.6.2 Funcionamiento de la máquina .....	86
6.6.3 Fuerza requerida .....	86
6.6.4 Sistema hidráulico .....	89
6.6.5 Diseño del circuito hidráulico .....	92
6.6.6 Calculo de la estructura .....	93
6.6.7 Diseño de Elementos .....	93
6.6.8 Cálculo de la resistencia de diseño en el cordón de soldadura.....	105
6.6.9 Diseño del circuito electrico.....	108
6.7 Administración.....	109
6.7.1 Costos de materiales y mano de obra .....	109
6.8 Cálculo del van y el tir .....	111

6.9 Previsión de la evaluación.....	113
BIBLIOGRAFÍA.....	114
ANEXOS.....	118
ANEXO A.....	118
ANEXO B.....	119
ANEXO C.....	120
ANEXO D.....	121
ANEXO E.....	122
ANEXO F.....	123
ANEXO G.....	126
ANEXO H.....	127
ANEXO I.....	129
ANEXO J.....	130
ANEXO K.....	136
ANEXO L.....	141
ANEXO M.....	143
ANEXO N.....	149
ANEXO O.....	149
ANEXO FOTOS.....	151
ANEXO PLANOS.....	158

## TABLAS

Tabla 4-1 Especificaciones técnicas del ensayo a flexión.....	43
Tabla 4-2 Datos del material MDF para flexión .....	46
Tabla 4-3 Datos del material triplex para flexión .....	47
Tabla 4-4 Datos del material compuesto para flexión.....	48
Tabla 4-5 Datos de madera sólida para flexión.....	49
Tabla 4-6 Resultados de Ensayo a Flexión .....	50
Tabla 4-7 Especificaciones técnicas del ensayo compresión perpendicular .....	51
Tabla 4-8 Datos del material MDF para compresión.....	54
Tabla 4-9 Datos del material Triplex para compresión.....	55
Tabla 4-10 Datos del material compuesto para compresión .....	56
Tabla 4-11 Datos de Madera sólida para compresión.....	57
Tabla 4-12 Resultados de Ensayo a compresión perpendicular .....	58
Tabla 4-13 Resultados combinados de las propiedades mecánicas .....	59
Tabla 4-14 Espesores más utilizados .....	61
Tabla 4-15 Tiempo de resistencia del pegamento en agua sin despegarse .....	63
Tabla 4-16 Carga máxima permisible por radio de curvatura y espesor.....	64
Tabla 4-17 Cursograma analítico conformado respaldo de sillas método actual...65	
Tabla 4-18 Cursograma analítico conformado respaldo de sillas método propuesto .....	66
Tabla 4-19 Cursograma analítico conformado mesa tipo U método actual.....	67
Tabla 4-20 Cursograma analítico conformado mesa tipo U método propuesto...68	
Tabla 4-21 Cursograma analítico conformado mesa tipo V método actual.....	69
Tabla 4-22 Cursograma analítico conformado mesa tipo V método propuesto.....	70

Tabla 4-23 Resumen de actividades respaldo de sillas .....	71
Tabla 4-24 Resumen de actividades mesas de centro tipo U .....	72
Tabla 4-25 Resumen de actividades mesa de centro tipo V .....	72
Tabla 4-26 Datos de entrada.....	74
Tabla 4-27 Resultados de t student .....	74
Tabla 6-1 Valor actual neto .....	82
Tabla 6-2 Ventajas y desventajas entre los tipos de prensas.....	85
Tabla 6-3 Selección del tipo de prensa.....	86
Tabla 6-4 Áreas máximas de doblez .....	87
Tabla 6-5 Parámetros técnicos .....	88
Tabla 6-6 Factores de seguridad.....	91
Tabla 6-7 Cálculo del centro de gravedad.....	96
Tabla 6-8 Cálculo de la inercia del perfil C .....	96
Tabla 6-9 Características del tipo de soldadura y electrodo utilizado.....	105
Tabla 6-10 Costo de materiales de la estructura .....	110
Tabla 6-11 Costo de materiales de la unidad hidráulica .....	110
Tabla 6-12 Costo por mano de obra .....	111
Tabla 6-13 Costo de materiales y mano de obra para los ensayos .....	111
Tabla 6-14 Costos totales .....	111
Tabla 6-15 Datos VAN-TIR.....	112
Tabla 6-16 Flujo neto de efectivos .....	112
Tabla 6-17 Resultados del VAN y TIR.....	112

## FIGURAS

Figura 2-1 Categorías Fundamentales.....	7
Figura 2-2 Sistema de producción simplificado.....	8
Figura 2-3 a.) Madera Contrachapada; b.) Fibra+ Resina Poliéster; c.). Concreto	11
Figura 2-4 Esquema de almacenamiento horizontal. ....	18
Figura 2-5 Esquema para el almacenamiento vertical. ....	18
Figura 2-6 Centro de investigaciones de la mediana, pequeña y micro empresa...	20
Figura 2-7 Clasificación de símbolos.....	24
Figura 4-1 Diagrama de flujo para determinar las propiedades mecánicas del material.....	39
Figura 4-2 Proceso de configuración del material compuesto .....	41
Figura 4-3 a) Probetas a ensayar a flexión b) Ubicación de la probeta en la máquina universal .....	42
Figura 4-4 Dimensionamiento de las probetas a flexión.....	43
Figura 4-5 a) Placa metálica sobre la probeta; b) Ubicación de la probeta en la máquina universal .....	51
Figura 4-6 Medición del ancho a, y de la altura h de las probetas. ....	52
Figura 4-7 Resultados de Ensayo a compresión esfuerzo máximo .....	58
Figura 4-8 Perfil de respaldo de silla con una curvatura aproximada de 800 mm .	60
Figura 4-9 Mesa de centro tipo U curvatura de 200 mm .....	60
Figura 4-10 Mesa de centro tipo V curvatura de 318 mm .....	60
Figura 4-11 a.) Respaldo de silla; b.) Mesa de centro tipo U; c.). Mesa de centro tipo V.....	61
Figura 4-12 Probetas para ensayos de adhesivos .....	62

Figura 4-13 Probetas sumergidas en agua.....	62
Figura 4-14 a) Curva normal estándar;b) t de student para $v= 5$ ; c) t student para $v= 1$ .....	73
Figura 4-15 Curva de distribución t de student para tiempos de producción.....	75
Figura 6-1 Clasificación según el tipo de actuador .....	82
Figura 6-2 Prensa hidráulica .....	83
Figura 6-3 Prensa neumática.....	84
Figura 6-4 Prensa eléctrica.....	84
Figura 6-5 Esquema hidráulico .....	92
Figura 6-6 Esquema de la prensa .....	93
Figura 6-7 Mesa .....	93
Figura 6-8 Sección para el cálculo de inercia .....	95
Figura 6-9 Esfuerzo von mises.....	96
Figura 6-10 Factor de seguridad.....	97
Figura 6-11 Columna de la prensa .....	98
Figura 6-12 Pasador entre columna y viga.....	100
Figura 6-13 Placa de soporte del cilindro.....	102
Figura 6-14 Representación esquemática de la soldadura entre el ángulo y la base .....	107
Figura 6-15 Longitudes de la soldadura entre el ángulo y la base .....	107
Figura 6-16 Filete de soldadura.....	108
Figura 6-17 a) Circuito de mando b) circuito de potencia .....	109

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

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

**Autor:** Klever Santiago Morales Cisneros

**Tutor:** Ing. Mg. Jorge Guamanquispe

**Fecha:** 20 de abril de 2014

**RESUMEN EJECUTIVO**

En la presente investigación se realizaron ensayos de acuerdo a la norma ASTM D 143, para la caracterización del material compuesto y de la madera sólida, se realizaron ensayo de flexión estática y compresión perpendicular, para comparar las propiedades entre los dos materiales. Para el estudio de tiempos de producción se realizaron cursogramas analíticos de los procesos de fabricación actuales y propuestos. Para el proceso de doblado se tomaron en consideración todos los aspectos que influyen tales como los radios de curvatura, espesores, tipo de pegamento y carga aplicada para el conformado del material.

Finalmente se determinó el tipo de prensa adecuada a utilizar, con los requerimientos de presión se seleccionó cada parte que conforma el sistema hidráulico también se diseñó de manera detallada cada uno de los componentes de la estructura, por último se llevó a cabo la construcción y se verificó el funcionamiento de la prensa.

**Descriptor:** Flexión, compresión, ensayos, doblado, presión, tiempos de producción, radio de curvatura, madera, prensa hidráulica, circuito hidráulico.

## **CAPÍTULO I**

### **EL PROBLEMA**

#### **1.1 TEMA:**

“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”.

#### **1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

##### **1.2.1 CONTEXTUALIZACIÓN**

Actualmente la demanda de madera para construcción esta suplida tanto por bosques naturales como por plantaciones renovables, aunque la tendencia es relativamente creciente para estas últimas para depender de ellas en un mayor porcentaje como fuente de madera industrial. Presiones ambientalistas han hecho que los esfuerzos a nivel mundial estén direccionados a la reducir la extracción de bosques naturales, con la proyección que en un futuro la mayor demanda de madera sea de plantaciones destinadas para tal fin (Covaleda, 2005).

Considerando que la madera es un material potencialmente escaso y de que tarde o temprano los bosques naturales serán considerados como una reserva limitada, los centros tecnológicos y la industria iniciaron hace algunas décadas el desarrollo de productos alternativos que fuesen capaces de dar respuesta a la creciente demanda de madera en el mercado.

Hoy en día la mayoría de las plantaciones renovables en la región está destinada la fabricación de tableros o paneles prefabricados, con el objetivo de aprovechar maderas de baja calidad, pequeñas dimensiones y de poco tiempo de madurez, los productos alternativos además de mejorar el aprovechamiento del recurso forestal

y cumplir las exigencias en cuanto a calidad de la materia prima, deben brindar productos homogéneos y normalizados que permiten tener acceso a un mercado internacional.

Según un artículo publicado por CORPO Esmeraldas nuestro país tiene condiciones edafo climáticas que permiten que las plantaciones forestales se desarrollen un 20% más rápido que en los países del cono sur y hasta un 80% más que países como Finlandia y Canadá, además existe una diversidad de especies que pueden ser utilizadas para diferentes tipos de tableros como decorativos, de partículas y de fibras de mediana y alta resistencia mecánica.

La utilización de productos provenientes de fuentes renovables para la fabricación de tableros de tipo aglomerado, MDF, contrachapados o combinación de los anteriores es esencial en la elaboración de muebles, de esta manera a más de ofrecer artículos de buena calidad en menor tiempo aportamos en la disminución del uso de recursos naturales y uso de maderas con certificación forestal.

### **1.2.2 ANÁLISIS CRÍTICO**

El desarrollo tecnológico en el área maderera dio un gran cambio en el exterior y en nuestro país lo está haciendo progresivamente. En los países desarrollados han implementado procesos de corte, lijado, prensado y doblado con ayuda de maquinaria de alta tecnología y alto costo; en nuestro país sólo industrias de alto poder económico las han podido adquirir.

Mientras que los medianos y los pequeños productores se ven en la necesidad de utilizar herramientas y procesos tradicionales, lo que no les permite competitividad ni en precios ni en calidad con las grandes industrias, frente a la situación actual hay que tener en cuenta el hecho de que la verdadera innovación comienza por la estrategia y los procesos de la empresa, y que su futuro está en sus propias manos, es necesario abrir la mente y aceptar el proceso de cambio como natural en organizaciones dinámicas que crecen y se adaptan constantemente a su entorno.

### **1.2.3 PROGNOSIS**

Considerando que la competitividad de sector es muy alta y además va creciendo progresivamente el desafío es identificar un modelo de negocio y producción sostenible para los próximos años.

Si las empresas dedicadas a esta actividad no buscan modernización en sus procesos como la utilización de materiales contrachapados, que hoy en día es una opción muy práctica en la industria de la construcción de muebles, ya que este tipo de material no necesita un tiempo de secado y de preparado, estas seguirán manteniendo los mismos tiempos de producción, los cuales son demasiado altos afectando principalmente a la producción diaria, provocando una pérdida de clientes por los costos que involucran estos tiempos, por lo tanto no estarían en capacidad de competir, limitando su mercado y su crecimiento.

### **1.2.4 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

¿Se podrá utilizar el material alternativo compuesto por láminas de triplex y fibras de densidad media para la fabricación de muebles y con esto optimizar los tiempos de producción?

### **1.2.5 PREGUNTAS DIRECTRICES**

- ¿Cuál es el proceso para la fabricación de material compuestos por láminas de triplex y fibras de densidad media ?.
- ¿Qué ventajas en las propiedades mecánicas nos proporciona el material compuesto por láminas de triplex y fibras de densidad media con relación a la madera sólida?.
- ¿Qué parámetros serán necesarios analizar en el proceso de doblado del material compuesto para obtener mejores resultados en tiempos de producción?.

## **1.2.6 DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA**

### **1.2.6.1 De contenido**

Las materias relacionadas con el presente estudio son:

- Diseño de elementos mecánicos.
- Sistemas Mecánicos.
- Plantas Industriales.

### **1.2.6.2 Delimitación espacial**

El presente trabajo de investigación se realizará en la mueblería Marqueza ubicada en la parroquia Huambaló, cantón Pelileo, provincia Tungurahua.

Debido a la investigación bibliográfica también será realizada en la Universidad Técnica de Ambato, biblioteca y laboratorios de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica.

### **1.2.6.3 Delimitación temporal**

El tiempo estimado para la realización de este problema se lo considerará desde el mes de septiembre del 2013 hasta abril del 2015.

## **1.3 JUSTIFICACIÓN**

El desarrollo de la siguiente investigación es esencial ya que en la actualidad en las mueblerías de la parroquia Huambaló para la fabricación de muebles que posean una curvatura pronunciada se lo realizó utilizando exclusivamente madera sólida ensamblada entre sí para obtener el ancho, grosor y la forma deseada, de esta manera da como resultado un desperdicio de madera por el sinnúmero de cortes requeridos.

El actual proceso de fabricación tiene desventaja en cuanto a la cantidad de horas-hombre y horas-máquina de trabajo, provocando en el propietario reducción en la capacidad de producción.

Con el estudio se puede implementar maquinaria de mayor eficiencia en el proceso de doblado, uno de los detalles que se puede mencionar es que el estudio es factible, bibliográficamente se encuentra literatura sobre el tema, además la máquina antes mencionada es factible construirla dentro de la provincia ya que los materiales e implementos a utilizar son comerciales y de fácil adquisición.

Teniendo en cuenta que la misión de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica es formar ingenieros líderes que aporten en la transformación social y productiva, promoviendo el desarrollo de investigaciones articuladas a la realidad nacional, es por esto que se busca mejorar el sector con ideas innovadoras, prácticas, económicas y útiles, para la solución de los problemas con el fin de contribuir en el desarrollo de la industria.

## **1.4 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.4.1 OBJETIVO GENERAL**

Realizar un estudio del proceso de doblado de material compuesto por láminas de triplex y fibras de densidad media para optimizar los tiempos en la producción de muebles.

### **1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Realizar un estudio de los procesos de elaboración de láminas compuestas.
- Definir las ventajas en las propiedades mecánicas que proporciona el material compuesto por láminas de triplex y fibras de densidad media con relación a la madera sólida según la norma ASTM D143-94.
- Proponer la optimización del proceso de doblado utilizando materiales compuestos por láminas de triplex y fibras de densidad media.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1 ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS**

El presente trabajo investigativo se basa en trabajos relacionados con la actividad maderera tomando puntos importantes que contribuyan a un mejor desarrollo del mismo de las cuales citaremos algunas.

El trabajo realizado por Diego Arias Gómez de la UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL con el tema propiedades físicas y mecánicas de la madera de *Pinus radiata* con uniones tipo “finger-joint”. En la cual se trata de dar a conocer las propiedades físicas y mecánicas de la madera con el objeto de lograr un mayor aprovechamiento de las materias primas y desarrollar nuevos productos, como tableros encolados de canto, vigas laminadas, listones Finger-Joint, molduras, en la cual se concluye que la resistencia a la tracción de la unión “Finger-Joint” con relación a la resistencia de la madera sin unión es del 26.0% correspondiente a la dosificación I en condición normal. Usando adhesivo Cascorez C-400 en *Pinus radiata*.

Otro trabajo importante es el realizado por María Vanessa Peláez Castillo de la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL en la Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción en su trabajo sobre “Desarrollo de una Metodología para Mejorar la Productividad del Proceso de Fabricación de Puertas de Madera” el cual trata de la implementación de la estrategia 5’S de mejoramiento continuo, aquí se realizó una comparación de la empresa entre el estado actual y el futuro y se pudo concluir que la técnica proporcionaría resultados óptimos, generaría un aumento en la producción, un cambio de cultura en la gente y un mejor control con una mínima inversión.

## 2.2 FUNDAMENTACIÓN FILOSÓFICA

En el presente trabajo investigativo se ha determinado que el paradigma predominante será el crítico propositivo, crítico porque conseguirá avances y mejoras en los procesos, e innovación en el uso de materiales ya existentes en otras aplicaciones en la industria del mueble y el aspecto propositivo porque busca plantear y dar solución a un problema de forma práctica y con recursos disponibles a costos accesibles para las micro y pequeñas empresas que se dedica a la fabricación de muebles así como nos permite ser flexibles en el diseño y elaboración en el transcurso de la investigación.

## 2.3 FUNDAMENTACIÓN LEGAL

- ASTM D143: Ensayos de las propiedades físicas y mecánicas en Madera.

## 2.4 CATEGORÍAS FUNDAMENTALES

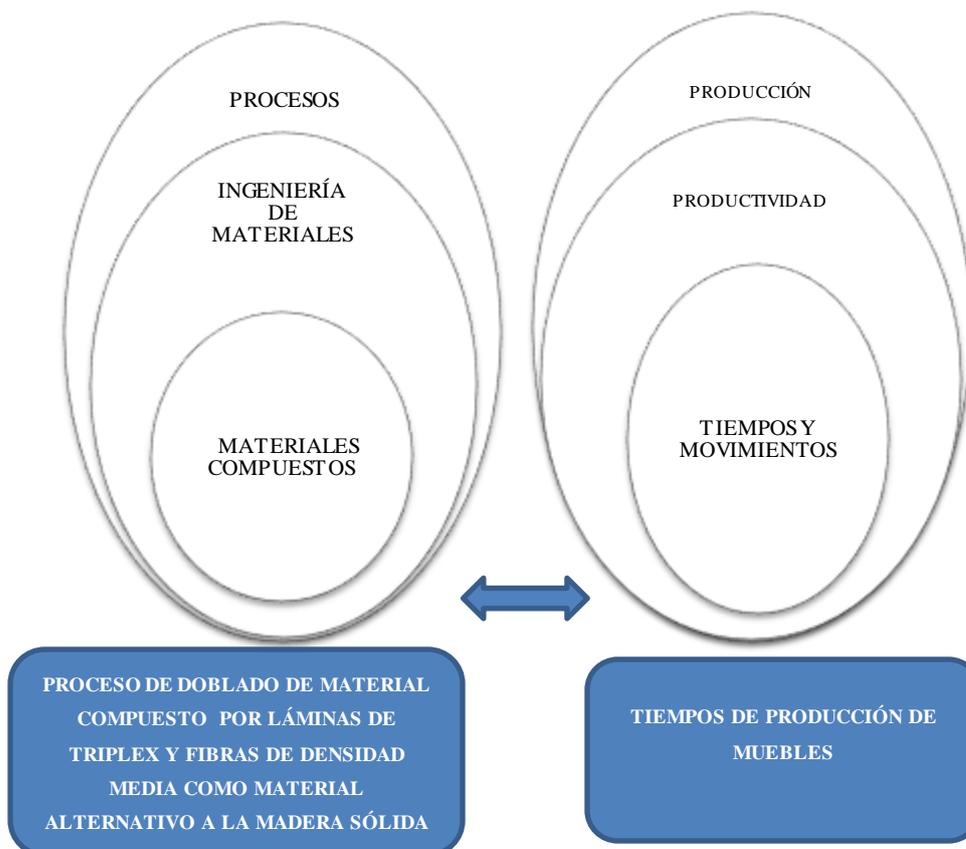


Figura 2-1 Categorías Fundamentales

Fuente: El autor

## 2.5 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

### 2.5.1 SISTEMA

Un sistema es un conjunto de operaciones, partes o elementos organizadas que interactúan entre sí y de esta forma logran un objetivo. El esquema básico de los sistemas consiste en la (entrada) que se refieren a los datos, energía o materia y la (salida) de los mismos pero con un cambio.

Un sistema puede ser físico o abstracto y cada uno de estos puede existir dentro de otro de mayor rango, pero en sí un grupo de elementos no constituye un sistema si no hay una relación e interrelación que de la idea de un todo con un propósito.

### 2.5.2 PROCESO

“Un proceso toma insumos para procesarlos mediante una serie de operaciones cuya secuencia y número sea específica para cada caso. Las operaciones pueden ser simples o múltiples y asumen características diferentes según se desee: mecánica, química, de ensamblado, de inspección o control, de recepción, etc” (Solórzano, 2006, p. 2).

El conjunto de actividades u operaciones puede ser considerado como el proceso en sí, y pueden representarse en diagramas de flujo que simplifican y agilitan el análisis de los procesos.

La siguiente figura muestra el diagrama de flujo de un proceso hipotético. Se trata de un proceso de transformación simple de insumos (producto que involucra la retroalimentación de información para el control del proceso).

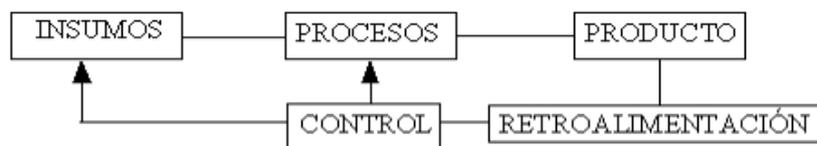


Figura 2-2 Sistema de producción simplificado

Fuente: autor.

### 2.5.2.1 Características de un proceso

En todo proceso o sistema operativo se involucran características como: (Solórzano, 2006, p. 2).

**a. Capacidad:** Característica que determina la tasa máxima disponible de producción por unidad de tiempo.

**b. Eficiencia:** Es la relación entre la generación total de los productos o servicios y los insumos en materiales, capital o mano de obra.

$$\text{Eficiencia} = \frac{\text{producción}}{\text{Insumos}} \times 100 \quad \text{Ecuación 2-1}$$

La utilización eficiente de los recursos (insumos) permitirá lograr una producción mayor con la misma cantidad de insumos. Esto permite el uso racional de la materia prima, reducción de desperdicios, optimizar la mano de obra, estandarizar los tiempos adecuadamente, el diseño del proceso, la distribución de planta, y otros factores relacionados.

**c. Eficacia:** Podemos definirla como una magnitud que nos permite medir el resultado real con lo planificado, mediante la comparación entre los dos. Eficacia es plantearse y establecer un plan estándar antes que el proceso comience a producir un resultado, implica fijar metas y mediciones de ejecutoria relativas a las metas propuestas.

**d. Calidad:** Condiciones que cumple el producto de acuerdo a las especificaciones de diseño dadas por el mercado. Las políticas sobre calidad se basan necesariamente en una evaluación de mercados.

Tales políticas involucran interrogantes acerca de la forma en que los consumidores miden realmente la calidad del producto: apariencia, diseño, aspereza, confiabilidad, larga duración u otros criterios.

Los niveles de calidad afectan el costo de producción y la inversión necesaria en la planta para cumplir con los requerimientos. De los objetivos de la empresa

dependerán los niveles de calidad que se fijen al producto y estas consideraciones pueden determinar el sector de un mercado al que se dirija una empresa.

**e. Flexibilidad:** “Es la capacidad de acelerar o reducir rápidamente la tasa de producción para lidiar con grandes fluctuaciones de la demanda. La flexibilidad del volumen es una importante capacidad de operación que a menudo ofrece un respaldo para el logro de metas y otras prioridades competitivas” (Krajewski Lee, pág. 36).

### **2.5.3 INGENIERÍA DE MATERIALES.**

La investigación y desarrollo dentro de los nuevos materiales en la actualidad ha conllevado a requerir materiales con combinaciones insólitas de propiedades que no pueden ser encontradas por las aleaciones convencionales metálicas, la cerámica y materiales poliméricos.

Esto se ve reflejado en la aplicación de la industria aeronáutica, aeroespacial, automotriz y otras; ya que por medio del desarrollo de estos materiales se busca materiales estructurales de menor densidad, resistentes, rígidos y de gran resistencia a la abrasión, corrosión e impacto. La ingeniería de materiales en el diseño de materiales compuestos, ha logrado combinar varios metales, cerámicos, y polímeros para producir una generación nueva de materiales extraordinarios con propiedades mecánicas mejoradas como rigidez, dureza, y resistencia ambiental y de alta temperatura.

Los compuestos se han clasificado en tres categorías: con partículas, con fibras y laminares, dependiendo de la forma que tengan los materiales.

Por ejemplo el concreto (mezcla cemento – grava) es un compuesto particulado; materiales de fibra de vidrio + resina poliéster, es un compuesto reforzado con fibras; mientras que la madera contrachapada o triplex (capas alternas de chapa de madera), es un compuesto laminar (Askenland, 1998).

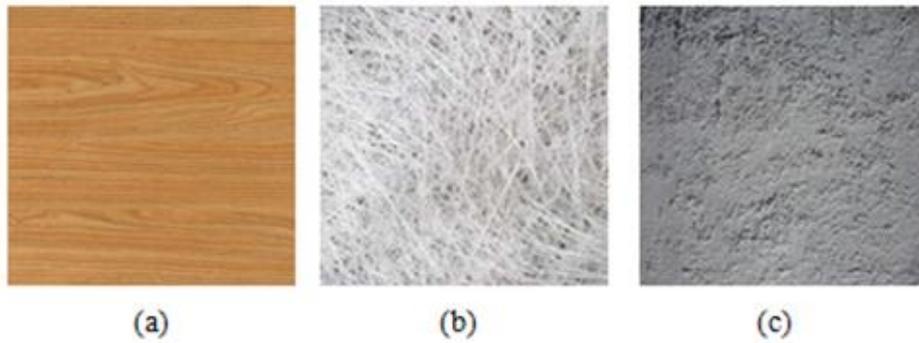


Figura 2-3 a.) Madera Contrachapada; b.) Fibra+ Resina Poliéster; c.). Concreto

Fuente: Askenland Donald, 1998

La distribución de las partículas, tienen discreta relación en la isotropía uno de los compuestos; por ejemplo la distribución uniforme de partículas provocaran propiedades isotrópicas (igual fuerza en todas las direcciones), los compuestos con fibras pueden ser isotrópicos o anisotropicos, los laminares siempre tienen un comportamiento antrópico.

#### **2.5.4 MATERIALES COMPUESTOS**

La idea principal del desarrollo de materiales compuestos es combinar las propiedades de materiales distintos. Se forman a partir de dos o más materiales y se obtiene características que no posee un solo material. El concreto, la madera terciada y los plásticos reforzados con fibra de vidrio son los ejemplos más comunes.

Es decir que podemos conseguir polímeros con mayor rigidez que la que proporcionan los enlaces de Van der Waals, esto es el resultado de mezclar un polímero con otro material más rígido (Michael, 2011, pág. 78).

##### **2.5.4.1 Materiales compuestos estructurales.**

Están formados tanto por composites como por materiales sencillos y sus propiedades dependen fundamentalmente de la geometría y de su diseño. Los más abundantes son los laminares.

Los laminares están formadas por paneles unidos entre si por algún tipo de adhesivo u otra unión. Lo más usual es que cada lámina esté reforzada con fibras

y tenga una dirección preferente, más resistente a los esfuerzos. De esta manera obtenemos un material isótropo, uniendo varias capas marcadamente anisótropas. Es el caso, por ejemplo, de la madera contrachapada, en la que las direcciones de máxima resistencia forman entre sí ángulos rectos (Askenland, 1998).

#### **2.5.4.2 Madera**

La Madera es una sustancia dura y resistente que constituye el tronco de los árboles y se ha utilizado durante miles de años como combustible y como material de construcción. Cuando el hombre empezó a trabajar con metales, aumentaron las posibilidades de usos ya que estos permitían su apogeo y labra.

El aspecto de la madera es una de las propiedades más importantes cuando se utiliza para decoración, revestimiento o fabricación de muebles. Algunas maderas, como la de nogal, presentan vetas rectas y paralelas de color oscuro que le dan una apariencia muy atractiva, lo que unido a su dureza la sitúan entre las más adecuadas para hacer chapado. Las irregularidades de las vetas pueden crear atractivos dibujos, por lo que a veces la madera se corta a propósito en planos oblicuos para producir dibujos ondulados y entrelazados.

#### **2.5.4.3 Propiedades de la madera**

Entre las propiedades principales de la madera encontramos: una gran resistencia, dureza, rigidez y densidad, además posee otras ventajas como su docilidad de labra, su escasa densidad, su belleza, su calidad, su resistencia mecánica y propiedades térmicas y acústicas. La densidad tiene relación con algunas propiedades mecánicas, es decir cuanto más densa es la madera más resistente y dura.

Además la resistencia depende de lo seca que esté la madera y de la dirección en la que esté cortada con respecto a la veta. La madera siempre es mucho más fuerte cuando se corta en la dirección de la veta; por eso las tablas y otros objetos como postes y mangos se cortan así. La madera tiene una alta resistencia a la compresión, en algunos casos superior, con relación a su peso a la del acero. Tiene baja resistencia a la tracción y moderada resistencia a la cizalla dura, presenta

también inconvenientes como su combustibilidad, su inestabilidad volumétrica y su putrefacción (Ayala, 2010, p. 2).

#### **2.5.4.4 Características técnicas de la madera**

Según (Ayala, 2010, pp. 3,4,5) se define las características técnicas de la madera.

##### **a. Calidad de la madera**

Los principales defectos presentes en la madera son nudos y agujeros, grietas, manchas, deformaciones o alabeos, bolsillos de corteza y resina, putrefacción, ataque de insectos, decoloración. Estos son propios de cada especie y se trata de controlarlos, puesto que conforme al uso, si es estructural o decorativo, unos serán más importantes que otros.

##### **b. Durabilidad**

La capacidad que tiene la madera de resistir el ataque de hongos de pudrición e insectos es variable y se denomina durabilidad natural. Sin embargo, es posible aumentar artificialmente la durabilidad de las maderas mediante tratamientos de preservación.

##### **c. Densidad**

La madera como material vivo, formada por células y canales, varía de peso en función del mayor o menor contenido de agua en su interior; es decir, de la humedad es por ello fundamental definir la densidad indicando el valor de la humedad de la madera en el momento de la estimación.

La densidad como ya se ha mencionado anteriormente, tiene una influencia directa y muy importante en las propiedades físico-mecánicas de la madera y condiciona sus usos en todo tipo de transformaciones, así la densidad de la madera varía dentro de un árbol entre la parte alta y baja del fuste, y en una misma sección entre el interior y el exterior.

##### **d. Estabilidad dimensional**

Cuando aumenta la humedad, la madera se hincha y cuando disminuye, se contrae y reduce su volumen; este fenómeno, es una de las causas de la deformación de las piezas en el proceso de aserrado, las contracciones que surgen en el proceso de secado y del movimiento que sufre una vez transformada y dispuesta en su destino final. En resumen, todas las maderas varían sus dimensiones en función de la humedad (Ayala, 2010, pp. 3,4).

#### **e. Resistencia a la compresión paralela**

La madera presenta una gran resistencia a la compresión paralela a sus fibras. Esta proviene del hecho de que las fibras están orientadas con su eje longitudinal en esta dirección y a su vez coincide. O está muy cerca de la orientación de las micro-fibrillas que constituyen la capa media de la pared celular.

#### **f. Resistencia a la compresión perpendicular**

Bajo a este tipo de cargas las fibras están sometidas a un esfuerzo perpendicular a su eje que tiende a comprimir las pequeñas cavidades contenidas en ellas. Esto permite que se pueda cargar la madera sin que ocurra una falla claramente distinguible. Al incrementar la magnitud de la carga la pieza se va comprimiendo.

La resistencia está caracterizada por el esfuerzo al límite proporcional. Este varía entre  $1/4$  y  $1/5$  del esfuerzo al límite proporcional en compresión paralela (Nalvarte Armas. , 2013, pp. 11,12).

#### **g. Resistencia a la tracción**

La resistencia a la tracción paralela en especímenes pequeños y libres de defectos es aproximadamente 2 veces a la compresión paralela (Nalvarte Armas. , 2013, p. 13).

#### **2.5.4.5 Secado de la madera**

La operación de secado de madera es una etapa crucial dentro del procesamiento de productos de madera. Durante el secado se generan algunos defectos debido a la distribución variable del contenido de humedad y de la temperatura al interior

del material. En el secado industrial de madera, los problemas de optimización de los procesos deben ser fundamentados en los diferentes fenómenos de transporte que controlan la transferencia de masa y calor en el sólido. Por sus propiedades físicas, las maderas duras adquieren gran importancia como materia prima, pues su dureza, color, estabilidad dimensional y alta resistencia a la degradación causada por el medio ambiente, les dan un valor comercial importante (Sandoval-Torres, 2009, págs. 78,79).

A continuación algunos tipos de secado más utilizados.

#### **a. Secado al aire libre**

Esta forma de secado es económica y fácil de implementar puesto que se realiza en patios de secado de bajo costo. Consiste en apilar la madera de modo que el aire pueda circular entre las tablas. Las desventajas de este secado son: el largo tiempo de secado (150–360) días, la influencia negativa de las estaciones (épocas de lluvia), el ataque de insectos, humedad final de la madera no menor al 13 %.

#### **b. Secado en cámaras**

Existen varios tipos de cámaras de secado. Las más comunes son: De alta temperatura (más de 80 °C), de condensación (deshumidificación) y cámaras convencionales de temperatura media (hasta 80 °C). Esta información trata sobre las cámaras de secado convencionales.

Una cámara de secado es un recinto cerrado donde se introduce la madera para ser secada por un tiempo aproximado de 30 días. En este recinto se muestrea y controla la ventilación, la temperatura, la humedad relativa y la humedad de la madera. En el secado en cámaras, se puede extraer tanto el agua libre como el agua de saturación. A continuación se explican brevemente estos procesos.

- La extracción del agua libre se da en forma de evaporación rápida. Cuando la madera ya no tiene agua libre en su constitución, se dice que está en el punto de saturación de fibras (PSF). En esta parte del proceso si las condiciones son extremas, la madera puede sufrir el colapso de sus células.

- La extracción del agua de saturación es un proceso más lento, continúa hasta llegar al equilibrio higroscópico con la humedad relativa del medio. En esta parte del proceso la madera puede sufrir daños como grietas y endurecimiento.
- Para extraer el agua de la madera se conduce el secado dependiendo de la humedad de esta. Existen dos intervalos claramente diferenciados: secado por encima del punto de saturación de fibras (PSF) y secado por debajo del punto de saturación de fibras.
- El proceso de secado consta de 4 etapas generales, a saber: calentamiento, secado, acondicionamiento y enfriamiento.

#### **2.5.4.6 La madera contrachapada**

También conocido como multilaminado, "plywood" o triplay, es un tablero elaborado con finas chapas de madera pegadas con las fibras transversalmente una sobre la otra con resinas sintéticas mediante fuentes de presión y calor. Esta técnica mejora notablemente la estabilidad dimensional del tablero con respecto de madera maciza ([www.designmuseum.org](http://www.designmuseum.org)).

#### **2.5.4.7 Tableros aglomerados**

Los tableros de partícula o aglomerado se fabrican con fragmentos pequeños de madera natural (astillas virutas etc.) de cualquier especie u otros materiales ligno celulósicos unidos por medio de algún adhesivo bajo determinadas condiciones de temperatura y presión (Bosco, 1977).

La madera es transformada en astillas y seguidamente otras en partículas más finas. Las partículas se clasifican en gruesas y finas se mezclan con los adhesivos y pasan a la máquina formadora de tableros donde el material es moldeado en dos capas exteriores de material fino y un interior de material grueso. Los tableros son comprimidos en una prensa caliente, luego lijados y cortados a las dimensiones requeridas y finalmente se acondicionan para que no sufran defectos.

#### **2.5.4.8 Tableros MDF**

Tablero de fibra de densidad media, del inglés Medium Density Fibreboard, es un tablero de fibras de madera de pino radiata unidas por adhesivos urea-formal

dehído. Las fibras de madera son obtenidas mediante un proceso termo-mecánico y unidas con adhesivo que polimeriza mediante altas presiones y temperatura.

#### **a. Características que lo hacen confiable**

Ideal para ser pintado y moldurado, ya que permite excelentes terminaciones, con un importante ahorro de pintura y un menor desgaste de herramientas. La amplia variedad de tableros (gruesos, delgados, desnudos y recubiertos) hacen que sea la respuesta a las necesidades de mueblistas, arquitectos y diseñadores.

#### **b. Consideraciones para un mejor resultado al trabajar con MDF**

- **Preparación del tablero:** Las caras deben estar bien lijadas, calibradas y sin polvo. Se debe hacer énfasis en el lijado de los cantos, ya que tienen mayor absorción que la superficie.
- **Aplicación de terminaciones:** Se deben seguir las recomendaciones del fabricante del recubrimiento en sus distintas terminaciones: teñido, sellado, acabado incoloro o coloreado.
- **Fresado:** Utilizar herramientas con filos de Widia y altas velocidades de trabajo, ya que de lo contrario, se produce el desgaste acelerado de las herramientas. Moldurados con cantos muy afilados, reducen la resistencia a los golpes en la pieza obtenida y dificultan la distribución de pintura ([www.masisa.com.ec](http://www.masisa.com.ec)).

#### **c. Ventajas**

Las ventajas que nos ofrece este tablero frente a la madera son las siguientes:

- Grandes dimensiones en largo y ancho a diferencia de la madera natural pudiendo llegar a los 8 metros de largo y 2.15 metros de ancho.
- Densidades medias entre los 500 y los 700 kg. / m<sup>3</sup>.
- Es resistente al ataque de agentes biológicos como hongos y mohos.
- Mayor resistencia a los agentes atmosféricos y cambios de temperatura.
- Igual dureza en toda la superficie.
- Ausencia de uniones defectos o deformaciones y encoladuras.

#### **d. Almacenamiento**

En el proceso de fabricación es importante tener almacenado el material de forma adecuada para evitar el deterioro tanto de las piezas a utilizar como de los retazos que puedan ser útiles en otro proyecto (toda reducción en la pérdida de material se traduce en ganancia).

El tablero debe ser almacenado en lo posible en forma horizontal. Si el espacio de almacenamiento es reducido se recomienda un apilamiento oblicuo, con un ángulo que no supere los 20° con respecto de la vertical. En ambos casos, la superficie de apoyo debe ser lisa y completamente aislada de la humedad.

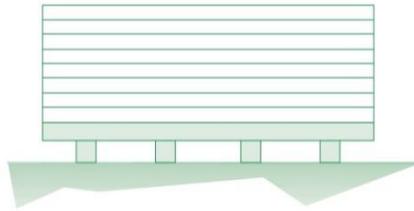


Figura 2-4 Esquema de almacenamiento horizontal.

Fuente: Masisa Ecuador.

Los tableros deben mantenerse despegados del suelo sobre soportes (pallets o tacos) de igual escuadría con una distancia máxima de 80 cm entre ejes.

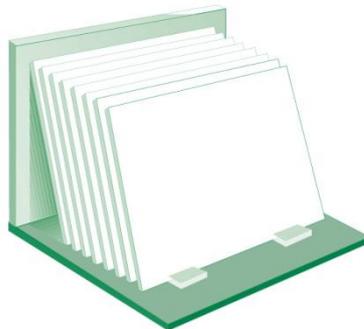


Figura 2-5 Esquema para el almacenamiento vertical.

Fuente: Masisa Ecuador.

## **2.5.5 PROCESOS PRODUCTIVOS**

La cadena productiva de madera y muebles de madera comprende las actividades de explotación de la madera, aserrado y fabricación de muebles y accesorios excepto los que son principalmente metálicos o de otros materiales. No incluye la reforestación comercial, necesaria para la obtención de la materia prima básica.

La industria forestal y de la madera comprende un segmento primario de procesamiento y transformación y otro secundario (con mayor grado de incorporación de valor agregado), y actividades de transporte y comercialización de los productos obtenidos en esos dos segmentos. Ninguno de estos procesos podría ocurrir sin las actividades previas de tala y corte de los bosques primarios y también en los cultivos.

### **2.5.5.1 Tala y corte**

Ecuador es considerado un país con una enorme biodiversidad. En 256.370 km<sup>2</sup> se han identificado 10% de las especies de plantas del mundo, 8% de las especies de animales y 18% de aves. El hábitat natural de este patrimonio natural es el bosque (humedales, bosques tropicales, subtropicales, secos, amazónicos y andinos). Varios factores afectan ese patrimonio.

El primero de todos, la explotación de los bosques, desde los manglares, que sirven para la extracción de madera, la obtención de leña o carbón, o que son eliminados para construir piscinas camaroneras; los bosques tropicales de la costa que han sido explotados para aprovechar su madera y reemplazados por tierras agrícolas; los bosques secos de la península de Santa Elena se han convertido en desiertos; los bosques de la Amazonía y de las estribaciones andinas se han deforestado para ampliarla frontera agrícola. La extracción de madera ha provocado la disminución de la vegetación y la pérdida de la biodiversidad. Varias especies vegetales y animales están en peligro de extinción (Sepúlveda, Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo, 2009).

### 2.5.5.2 Fase primaria

En esta fase se procesa en forma inicial la madera cruda, así como otras materias primas provenientes directamente de los bosques. Esta fase comprende los aserraderos, las fábricas de contrachapados, aglomerados y astillas.

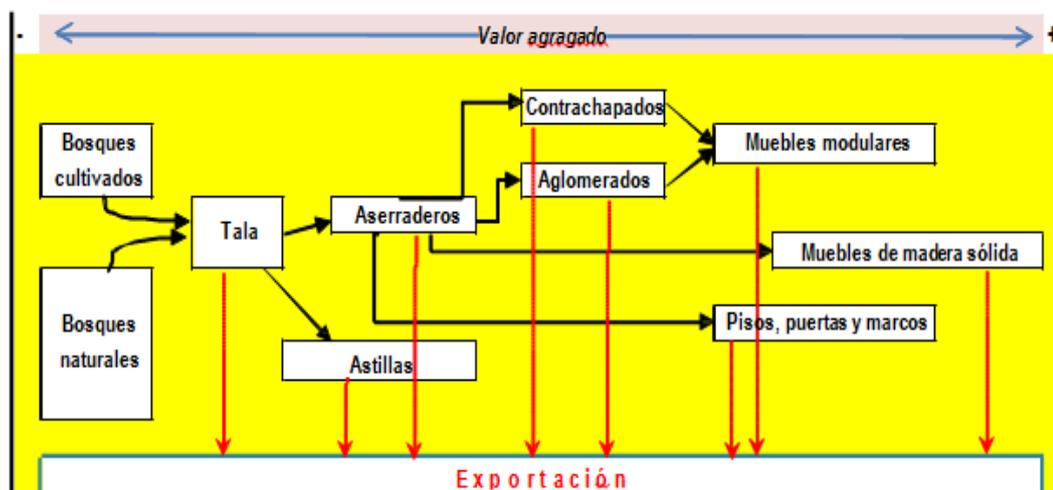


Figura 2-6 Centro de investigaciones de la mediana, pequeña y micro empresa

Fuente: Jácome Hugo FLASCO- MIPRO empresa.

#### a. Las fábricas de contrachapado

Producen planchas compuestas de chapas pegada de madera extraída por el método del desenrollado, sobre puesta en capas impares con la veta perpendicular entre ellas, proporcionándole mayor resistencia mecánica que la madera sólida de igual superficie y grosor. Este producto se conoce también como “madera triplex.” Los tableristas ecuatorianos están conformados por cinco fábricas que se abastecen de bosques nativos y plantaciones forestales. En general disponen de buena tecnología y están en proceso de modernización constante de sus plantas. El control de calidad de los productos terminados es apropiado, en especial para los productos destinados al mercado de exportación.

Las Fábricas de aglomerados producen tableros de partículas y MDF (Medium Density Fiberboard) hechos con una mezcla de partículas de madera (generalmente de pino) y colas especiales, prensadas en condiciones de presión y temperatura controladas. Las planchas de aglomerado tienen medidas fijas

estandarizadas, con características mecánicas y físicas uniformes y bien definidas. Pueden ser enchapadas, “melaminizadas” o decoradas para diversas aplicaciones. Las placas MDF, a diferencia del aglomerado, pueden ser mecanizadas obteniendo excelentes terminaciones. Generalmente son de color claro y de superficie lisa y uniforme. Se las utiliza para variados propósitos (muebles, molduras, puertas, divisiones, etc.). En Ecuador existen dos fábricas de tableros de partículas, además de una fábrica que produce tableros MDF. Se abastecen de materia prima uniforme, proveniente de plantaciones de pino y eucalipto de la región interandina. Operan con tecnología y equipos modernos. Disponen de laboratorios propios y hacen control de calidad de alto nivel que les permite competir en los mercados externos (CORPEI, 2007).

### **2.5.5.3 Fase secundaria**

En esta fase se procesa los productos provenientes de la industria primaria, para su uso en actividades de construcción, muebles, pallets, puertas, pisos, etc.

#### **a. La construcción**

Usa madera en forma limitada. La industria ecuatoriana de la madera no puede proveer madera dimensionada y clasificada para la construcción, entre otros motivos por falta de normalización en el tamaño de las vigas, travesaños, postes, marcos de ventanas y puertas.

#### **b. La industria de muebles**

Constituye el segmento más importante de la industria maderera secundaria del Ecuador. Incluyendo talleres y fábricas de dimensiones más bien pequeñas. Sea bastece de madera con calidad muy variada, proveniente, en general, de procesos previos realizados por motosierristas.

Salvo pocas empresas, la gran mayoría de la industria del mueble está conformada por medianas y pequeñas empresas familiares, con limitaciones tecnológicas y de maquinaria. El diseño de productos y control de calidades deficiente. La fuerza de trabajo presenta dificultades: falta de operarios y mandos medios, pues una porción considerable de estos últimos han emigrado hacia

España, Italia y Estados Unidos. Prevalecen limitados conocimientos de gestión empresarial y de mecanismos de comercialización externa. Estas empresas se ubican principalmente en las ciudades de Cuenca y Quito y se encuentran operando entre el 40% y el 60% de su capacidad instalada en el caso de considerar tres turnos de trabajo (Jacome, 2010).

### **2.5.6 PRODUCCIÓN**

Es la actividad económica que aporta valor agregado por creación y suministro de bienes y servicios, es decir, consiste en la creación de productos o servicios y al mismo tiempo la creación de valor, más específicamente es la capacidad de un factor productivo para crear determinados bienes en un periodo de tiempo determinado.

Al hablar de producción es necesario mencionar la capacidad de producción que es el nivel de actividad máximo que puede alcanzarse con una estructura productiva dada. El estudio de la capacidad es fundamental para la gestión empresarial en cuanto permite conocer y analizar el grado de uso de cada uno de ellos en la organización y así tener oportunidad de optimizarlos.

Los incrementos y disminuciones de la capacidad productiva provienen de decisiones de inversión o desinversión por ejemplo la adquisición de una máquina adicional.

Cuando una línea de producción está formada por varias máquinas o estaciones de trabajo, la capacidad de producción de la planta está determinada por la máquina o la estación más lenta (la que tenga una menor capacidad de producción). Se llama balance de línea al proceso mediante el cual se determina la cantidad de máquinas y herramientas por estación de trabajo, para lograr que todas ellas estén bastante equilibradas, evitando desperdicios.

### **2.5.7 PRODUCTIVIDAD**

A la productividad se la puede definir como la relación entre la cantidad de bienes y servicios producidos y la cantidad de recursos utilizados. En la

fabricación la productividad sirve para evaluar el rendimiento de los talleres, las máquinas, los equipos de trabajo y los empleados.

Productividad en términos de empleados es sinónimo de rendimiento. En un enfoque sistemático decimos que algo o alguien es productivo con una cantidad de recursos (Insumos) en un periodo de tiempo dado se obtiene el máximo de productos.

La productividad en las máquinas y equipos está dada como parte de sus características técnicas. No así con el recurso humano o los trabajadores. Deben de considerarse factores que influyen (consulting group, 2014).

## **2.5.8 TIEMPOS Y MOVIMIENTOS**

### **2.5.8.1 Los Diagramas De Flujo**

Un instrumento de la ingeniería de métodos es el diagrama de flujo que, determinado dentro de un proceso de producción sería: el diagrama general de flujos y el diagrama de análisis por procesos. El primero se usa fundamentalmente para investigar la secuencia de pasos (de todos o algunos de los procesos) en la fabricación de una pieza mobiliaria y para indicar lo que debe hacerse para eliminar pérdidas de tiempo y así encontrar el método más económico para procesar.

El diagrama contempla toda la operación de fabricación de muebles a través de cinco actividades básicas, relacionadas con el manejo de las materias primas, siendo estas: Operación, espera, almacenamiento, inspección y transporte. Además indica los medios de mejora y suministra una guía para determinar qué procesos de fabricación deberían ser los más funcionales para mantener los índices de rentabilidad del capital de trabajo (Centro Nacional de la Madera , 2009).

SÍMBOLO	ITEM	FUNCIÓN
	Operación	Se usa para indicar una operación como aserrar, ranurar, perforar, taladrar, escoplar y lijar. En su concepto, por productividad, se utiliza para referirse a cualquier acción tendiente a aumentar el valor de las materias primas.
	Inspección	Se usa para todas las tareas relacionadas con el examen o comprobación de la calidad del trabajo, independiente si se lleva a cabo por un trabajador o un grupo de trabajadores.
	Transporte	Indica transporte o movimiento de materias primas desde una estación de trabajo a otra. Fundamentalmente, el símbolo significa que el material ha salido de un puesto de trabajo a otro, representando a su vez una transferencia de responsabilidades entre los trabajadores.
	Depósito	Este símbolo indica que se está a la espera de materias primas: PROVISIONAL, ó también indica demora en el desarrollo del tipo de producción que se ha instaurado por fabricación: O ESPERA.
	Almacenamiento	Un triángulo derecho indica almacenamiento de producto terminado; un triángulo invertido indica almacenamiento de materia prima.

Figura 2-7 Clasificación de símbolos.

Fuente: Mario Cardona Henao.

### 2.5.8.2 Diagrama de Recorrido de Actividades

Aunque el diagrama de proceso suministra la mayor parte de la información pertinente relacionada con un proceso de fabricación, no es una representación objetiva en el plano del curso del trabajo. Algunas veces esta información sirve para desarrollar un nuevo método. Por ejemplo, antes de que pueda acortarse un transporte es necesario ver o visualizar dónde habría sitio para agregar una instalación o dispositivo que permita disminuir la distancia o tiempo. Asimismo, es útil considerar posibles áreas de almacenamiento temporal o permanente, estaciones de inspección y puntos de trabajo.

La mejor manera de obtener esta información es tomar un plano de la distribución existente de las áreas a considerar en la planta, y trazar en el las líneas de flujo que indiquen el movimiento del material de una actividad a otra.

### 2.5.8.3 Medición del Trabajo

El otro aspecto relacionado, es la medición del trabajo y se refiere en términos generales, a la evaluación de todos los tipos de trabajo humano en un medio

industrial, hasta que mejore notoriamente la productividad, se emplea para calcular, en unidades de tiempo, el contenido laboral de tareas ejecutadas por trabajadores capacitados y cualificados que empleen métodos o procedimientos específicos. Esta es una herramienta muy importante pues se constituye en un reto para la actual industria; ya que el gran problema del mueble no es el producto en sí, sino los plazos de entrega que se incumplen, hecho preocupante si se considera que las empresas ineficientes no sobrevivirán en el mercado y no serán competitivas frente al exigente consumidor (Solórzano, 2006).

#### **2.5.8.4 Técnicas de medición de trabajo.**

Hay dos técnicas comunes para medir el trabajo y establecer estándares: el estudio del tiempo y de muestreo de trabajo. La elección de la técnica depende del nivel de detalles deseados y de la naturaleza del trabajo mismo. El trabajo altamente detallado y repetitivo requiere un análisis del estudio del tiempo. Cuando el trabajo es infrecuente o implica un tiempo de ciclo largo, el instrumento es el muestreo del trabajo (Richard B. Chase, 2004).

Un estudio de tiempo por lo general se debe hacer con un cronómetro, ya sea en el lugar mismo a ya sea analizando una cinta de video del trabajo. El trabajo o tarea que se va a estudiar se separa en partes o elementos medibles y se toma el tiempo de cada elemento de manera individual.

A continuación se detallan algunas reglas para desglosar los elementos.

- a.** Definir cada elemento del trabajo de modo que resulte de una duración breve pero lo bastante larga para que se pueda tomar el tiempo con un cronómetro.
- b.** Si el operador trabaja con un equipo que funciona por separado (lo que significa que el operador desempeña una tarea y el equipo funciona de manera independiente), separar las acciones del operador y las del equipo en diferentes elementos.
- c.** Definir cualquier demora del operador o del equipo en elementos separados.

d. Después de varias recepciones se promedian los tiempos recopiladas (puede calcularse la desviación estándar para dar una medida de la varianza en los tiempos de desempeño.) los tiempos promediados para cada elemento se suman, lo que da como resultado el tiempo de desempeño para el operador. Sin embargo, para hacer que todos los trabajadores utilizar el tiempo del operador, debe incluirse una medida de la rapidez o el índice de desempeño para normalizar el trabajo. Aplicar un factor de calificación da como resultado el tiempo normal (Cardona Henao, 2011, p. 148).

### 1. Tiempo normal

El tiempo normal es igual al tiempo de desempeño observado por unidad x índice de desempeño cuando se observa a un operador durante un periodo, el número de unidades producidas durante ese tiempo, junto con el índice de desempeño.

$$TN = \frac{\text{tiempo trabajado}}{\text{numero de unidades producidas}} \times \text{indice de desempeño} \quad \text{Ecuación 2-2}$$

### 2. Tiempo estándar

Se obtiene al sumar el tiempo normal y las tolerancias para necesidades personales (como ir al sanitario y hacer una pausa para tomar café), retrasos inevitables en el trabajo (por daños en los equipos o falla de materiales) así como fatiga de los trabajadores tanto física como mental a las tolerancias se les considera un 15% del tiempo normal.

$$\text{Tiempo estándar} = \text{tiempo normal} + (\text{tolerancias} \times \text{tiempo normal})$$

$$TE = TN(1 + \text{tolerancias}) \quad \text{Ecuación 2-3}$$

Y

$$TE = \frac{TN}{1 - \text{tolerancias}} \quad \text{Ecuación 2-4}$$

#### **2.5.8.5 Estudio de Movimientos**

El estudio visual de movimientos y el de micro movimientos se utilizan para analizar un método determinado y ayudar al desarrollo de un centro de trabajo eficiente.

#### **2.5.9 ESTUDIO DE TIEMPOS**

Los estudios de tiempos se usan para calcular el valor o contenido de las operaciones manuales en una pequeña empresa de fabricación de muebles, mediante el registro de tiempos y ritmos de trabajo en condiciones determinadas.

El resultado final es una valoración pragmática del contenido productivo de una actividad, en esto consiste esencialmente la técnica de los estudios de tiempos, que para aplicar en las actividades que, por proceso se repiten, demanda los siguientes pasos:

1. Familiarizarse con la operación seleccionada mediante una observación aguda del evento.
2. Participar al operario que ejecuta la operación en estudio y lograr así su cooperación.
3. Predisponer todos los medios y precisar las condiciones relativas a la operación que se estudia, antes de adelantar los estudios de tiempos. Por ejemplo, reconocer el lugar el trabajo y la ubicación de las herramientas para efectuar las mediciones.
4. Tener a mano el equipo de cronometraje para efectuar el estudio de tiempos formalizados.
5. Determinar el método para medir la operación escogida afín de que lo observado sea preciso y válido como dato de lectura.
6. Estimar del número de observaciones necesarias para alcanzar un cierto grado de precisión, por regla general conviene hacer no menos de 10 observaciones por operación.
7. Hacer observaciones aleatorias de la operación que se estudia. Su finalidad es determinar el tiempo transcurrido para cada elemento de la operación.

### 2.5.9.1 Condiciones y medio ambiente de trabajo

Las condiciones de trabajo juegan un papel primordial en el desempeño de las actividades que realizar el trabajador, debido a que estas influyen tanto psicológica como físicamente, y pueden poner en peligro su integridad.

Cuando las condiciones de trabajo, no son adecuadas o no se cuenta con la protección correspondiente que se requiere en la actividad, se puede generar las siguientes consecuencias:

- a) Aumento de la fatiga.
- b) Aumento de los accidentes de trabajo.
- c) Aumento de las enfermedades profesionales.
- d) Disminución del rendimiento.
- e) Aumento de la tensión nerviosa.
- f) Disminución de la Producción.
- g) Insatisfacción y desinterés en el trabajo, etc.

Estos puntos sin duda, nos conllevan a una disminución en la productividad, por ello es fundamental determinar las condiciones óptimas para realizar un trabajo en específico.

### 2.5.9.2 Distribución de plantas industriales

En principio, y según las clases de fabricaciones, las distribuciones en plantas más adecuadas son las siguientes:

- **Fabricaciones de tipo continuo.**- Son las que producen los mismos artículos, que se obtienen de montajes, por lo que pueden obtenerse unidades de mayor magnitud por edición de pequeñas. A ese tipo de fabricación pertenecen las de cemento, papel, laminados, etc.
- **Fabricaciones de tipo repetitivo o fabricación en serie.**- Son las que fabrican los mismos artículos, pero necesitan montajes, por lo que no pueden obtenerse de mayor magnitud por adición de otras. A este tipo de fabricaciones pertenecen los automóviles, bicicletas, electrodomésticos, muebles metálicos, etc.

- **Fabricación intermitente o bajo pedido.**- Se caracteriza por hacer pocas unidades iguales, de acuerdo con las peticiones de los clientes, como por ejemplo, la construcción de barcos, locomotoras, grandes transformadores, grandes alternadores o fabricaciones especiales, como la máquina para papeleras, para azucareras, etc.

Según se desplacen los operarios al fabricado (como ocurre con los barcos) o el material al lugar de trabajo de los operarios, se hará una distribución diferente:

- Si se desplaza el operario, la distribución deberá ser de componente fijo.
- Si se desplaza el material, la distribución deberá ser funcional.

Sin embargo, el problema de la elección de la distribución no se resuelve en la práctica con tanta facilidad, pues hay que empezar por determinar cuándo un trabajo puede considerarse como intermitente y cuándo en serie.

Como última instancia, la distribución más adecuada será la más interesante desde el punto de vista económico, vamos a determinar el número de piezas que pudiéramos denominar crítico, por encima del cual la distribución resultará en general más económica con distribución en línea y, en cambio, para fabricaciones de un número inferior de piezas será más económico con distribución funcional (López Cintya, 2007).

## **2.6 HIPÓTESIS**

El estudio del proceso de doblado de material compuesto por láminas de triplex y fibras de densidad media como material alternativo a la madera sólida permitirá reducir los tiempos de producción de muebles.

### **2.6.1 VARIABLE INDEPENDIENTE**

Proceso de doblado de material compuesto por láminas de triplex y fibras de densidad media como material alternativo a la madera sólida.

### **2.6.2 VARIABLE DEPENDIENTE**

Tiempos de producción de muebles.

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA**

#### **3.1 ENFOQUE**

Este proyecto de investigación, se desarrolló en su mayor parte con un enfoque cuantitativo que cualitativo, en vista que la solución de la misma involucraba la reducción de tiempos de producción mediante nuevas alternativas en los procesos, de igual manera para los ensayos y cálculos realizados fue de gran importancia cuantificar los resultados. El enfoque con carácter cualitativo, fue necesario para el análisis e interpretación de los datos obtenidos.

#### **3.2 MODALIDAD DE INVESTIGACIÓN**

##### **3.2.1 INVESTIGACIÓN DE CAMPO**

Este tipo de investigación fue de gran importancia por la necesidad de tener una visión realista de los hecho con esto se pudo diagnosticar y evaluar los problemas y necesidades existentes y se la llevó a cabo en la mueblería Marqueza en donde se realizó un estudio de los procesos de fabricación con la toma de datos y observación los mismos que fueron evaluados y posteriormente permitió dar alternativas de solución a este problema.

##### **3.2.2 INVESTIGACIÓN BIBLIOGRÁFICA**

Indagar en diferente referentes bibliográficos como libros, catálogos, documentos, revistas e internet contribuyó en un gran porcentaje al desarrollo del proyecto, puesto que necesitábamos profundizar en el tema ayudándonos de diferentes enfoques, teorías, conceptualizaciones y criterios de diversos autores.

### **3.3 NIVEL O TIPO DE INVESTIGACIÓN**

#### **3.3.1 DESCRIPTIVO**

Este tipo de investigación fue importante ya que para obtener buenos resultados es necesaria la descripción del problema desde sus orígenes.

#### **3.3.2 EXPLORATORIO**

Otro nivel seleccionado para la investigación es de tipo exploratorio, que nos permitió buscar y dar solución a un problema existente actualmente para los fabricantes de muebles ya que el crecimiento de este sector depende de factores como los procesos de fabricación y la maquinaria utilizada en los mismos.

### **3.4 POBLACIÓN Y MUESTRA**

La población que fue considerada para esta investigación fueron 3 tipos de artículos que actualmente produce la mueblería Marqueza, por lo tanto y al ser esta una población relativamente pequeña se tomara como muestra el total de la población.

Otro aspecto que se consideró en el estudio es la caracterización de las propiedades mecánicas del material compuesto por láminas de triplex y fibras de densidad media comparadas con las propiedades de la madera sólida, dicha población es infinita o indeterminada, por lo que el tamaño de la muestra fue determinada con la siguiente ecuación.

$$n = \frac{Z_{\alpha}^2 * P_o * Q_o}{d^2} \quad \text{Ecuación 3-1}$$

En donde:

$Z_{\alpha}$  = nivel de confianza

$P_o$  = probabilidad

$d$  = error máximo

$1 - \alpha = 90\%$

$Z_{\alpha} = 1,650$  (Anexo A)

$$P + Q = 1;$$

$$P = 0,95;$$

$$Q = 0,05$$

$$d = 7\% = 0,07$$

Tenemos:

$$n = \frac{1.65^2 * 0.95 * 0.05}{0,07^2}$$

$$n = 26,39$$

Esto significa que el estudio en cuestión se realizó con la utilización de 26 probetas de cada material para todos los ensayos, esto significa que existe la probabilidad del 95%, de que el 90% de los ensayos sean confiables con una precisión o error máximo de 7%.

### 3.5 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

**3.5.1 VARIABLE INDEPENDIENTE:** Proceso de doblado de material compuesto por láminas de triplex y fibras de densidad media como material alternativo a la madera sólida.

Concepto	Categoría	Indicador	Ítems	Técnicas e instrumentos
El proceso de doblado consiste en dar forma o una curvatura determinada en una sección o parte del mueble, con la utilización de material compuesto, con el fin de obtener mejores resultados en las propiedades mecánicas que al hacerlo madera maciza.	Proceso de doblado	Carga aplicada	¿Qué carga será necesaria para dar la curvatura a las láminas? N, Kgf.	Toma de datos de ensayos. Observación directa.
	Curvatura	Radio de curvatura	¿Cuáles serán las cargas permisibles para los diferentes radios de curvatura utilizados? N.	Observación directa. Toma de datos de ensayos.
	Material compuesto	Resistencia a flexión  Resistencia a la compresión	Esfuerzo máximo MPa.  Diagrama esfuerzo-deformación.	Observación directa  Formatos o fichas para toma de datos de Ensayos.

**3.5.6 VARIABLE DEPENDIENTE:** Tiempos de producción de muebles.

Concepto	Categoría	Indicador	Ítems	Técnicas e instrumentos
<p>Tiempos de producción de muebles al utilizar madera sólida acarrear procesos y largos tiempos de maquinado los cuales están directamente relacionados con la productividad estos podrían reducirse notablemente al utilizar materiales compuestos.</p>	Secado de madera	Tiempo Humedad Temperatura	(150 - 360) días (30 -70) °C	Bibliográfica Observación
	Secado del pegamento	Tipo de pegamento Tiempo	Adheplast, Resincola (120 – 240) min	Manual de las propiedades de los adhesivos Observación
	Producción	Cantidad	Unidades/día	Tabulación de datos análisis de resultados Cursogramas analíticos

### **3.6 RECOPIACIÓN DE DATOS**

Para el desarrollo del presente trabajo investigativo fue esencial el uso de los laboratorios de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica específicamente la máquina universal para la realización de los ensayos, para la toma de datos se realizó en los formatos Anexo B, Anexo C, como también fueron de gran importancia la información y apertura proporcionada por el dueño y los trabajadores de la mueblería para obtener datos reales de tiempos de producción.

### **3.7 PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN**

#### **3.7.1 PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN**

Para el procesamiento de la información se realizaron ensayos de flexión y compresión tanto a la madera sólida como al material compuesto para lo cual se utilizó la norma ASTM D 143, Anexo J.

Con los datos obtenidos en los ensayos se pudo determinar el módulo de elasticidad, esfuerzo máximo y con la deformación obtenida, se representó en un diagrama esfuerzo-deformación, además todos los aspectos antes mencionados se los represento en una ficha técnica Anexo D.

Con los datos obtenidos en el estudio de tiempos se realizaron cursogramas analíticos del proceso de producción Anexo E.

#### **3.7.2 PLAN DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS**

A continuación se detallan los pasos para el análisis e interpretación de resultados para los ensayos a flexión y compresión.

1. Como primer paso es la tabulación de resultados los parámetros a considerarse serán.

- Material.
- Dimensiones.
- Carga aplicada.
- Deflexión máxima.
- Carga ultima de flexión.

- Deformaciones.

2. Como segundo paso es la representación de los datos mediante las siguientes tablas y gráficas.

- Tabla de datos de materiales ensayados.
- Tabla de esfuerzo máximo, módulo de flexión.
- Diagrama esfuerzo-deformación.
- Analizar y relacionar los datos obtenidos comparando entre los diferentes materiales como también con datos normados o ya establecidos por fabricantes.
- Interpretación de resultados para poder establecer las ventajas y desventajas del material para su posterior uso.

3. Otro aspecto importante a considerar son los factores que influyen para el doblado como: curvatura, espesor, tipo de pegamento, y carga para lo cual se estableció el siguiente procedimiento.

- Para el radio de curvatura ( $\rho$ ) se considera el menor entre las plantillas a considerar.
- Se tomarán en cuenta todos los espesores utilizados para los diferentes partes a fabricar.
- Se consideran los tipos de pegamento más utilizados y de fácil adquisición.
- De las consideraciones anteriores se elegirán las más aceptables para la determinación de la carga adecuada para el doblado de los materiales.

4. De igual manera procedemos al análisis de los resultados obtenidos en los tiempos de producción.

- Se representarán los tiempos en diagramas analíticos de proceso (operario, material, equipo).
- Determinar distancias importantes o considerables.
- Establecer las actividades (operaciones, transporte, espera, inspección).
- Establecer costos y tiempos de producción por unidad.

## CAPÍTULO IV

### ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

#### 4.1 ANÁLISIS DE RESULTADOS

##### 4.1.1 PRESENTACIÓN DE RESULTADOS.

Se estableció el desarrollo de un formato en el que se representa todas las propiedades mecánicas factibles de realizar y de interés en el estudio según la norma ASTM D143.

##### **Ensayo para material MDF.**

<b>TIPO DE ENSAYO.</b>	<b>NÚMERO DE PROBETAS</b>
Ensayo de flexión.	26
Ensayo de compresión perpendicular.	26

##### **Ensayo para material triplex.**

<b>TIPO DE ENSAYO.</b>	<b>NÚMERO DE PROBETAS</b>
Ensayo de flexión.	26
Ensayo de compresión perpendicular.	26

##### **Ensayo para madera sólida laurel**

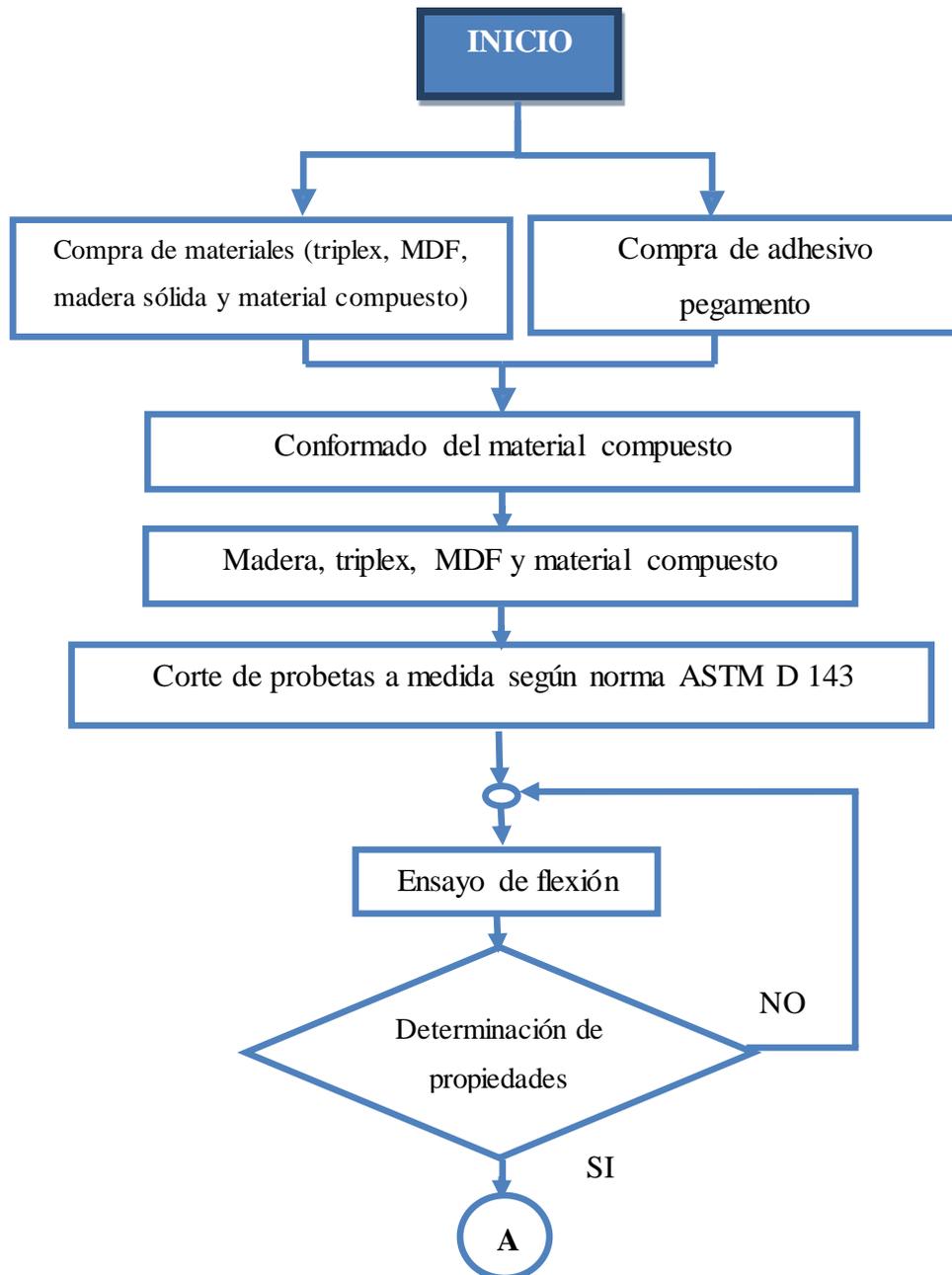
<b>TIPO DE ENSAYO.</b>	<b>NÚMERO DE PROBETAS</b>
Ensayo de flexión.	26
Ensayo de compresión perpendicular.	26

##### **Ensayo para material compuesto.**

<b>TIPO DE ENSAYO.</b>	<b>NÚMERO DE PROBETAS</b>
Ensayo de flexión.	26
Ensayo de compresión perpendicular.	26

#### 4.1.2 PROCESO PROPUESTO PARA LA OBTENCIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS.

Para el presente estudio se estableció el siguiente diagrama de flujo en el cual se indica la forma de obtención de resultados para los ensayos de flexión estática, compresión perpendicular y de análisis de tiempos.



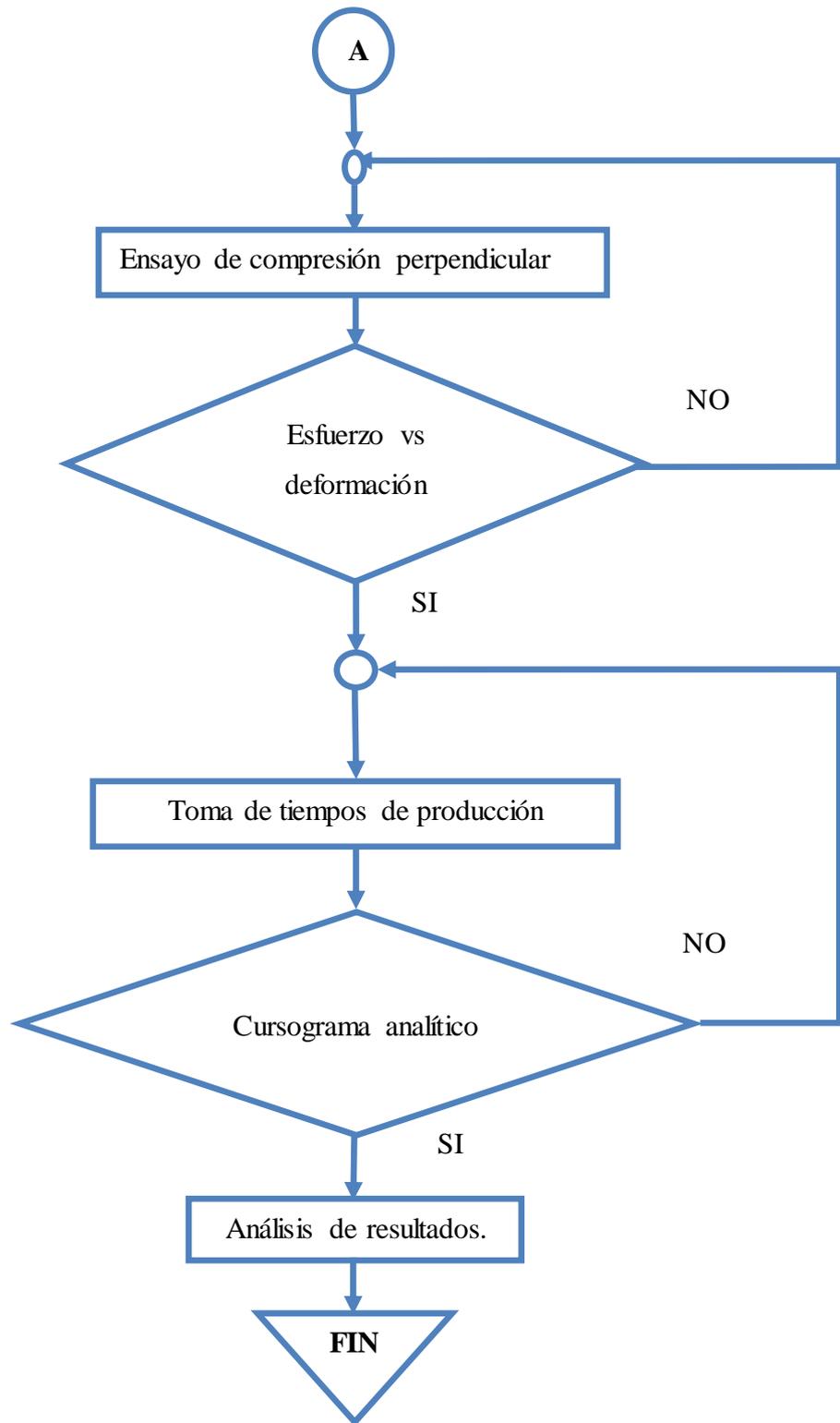
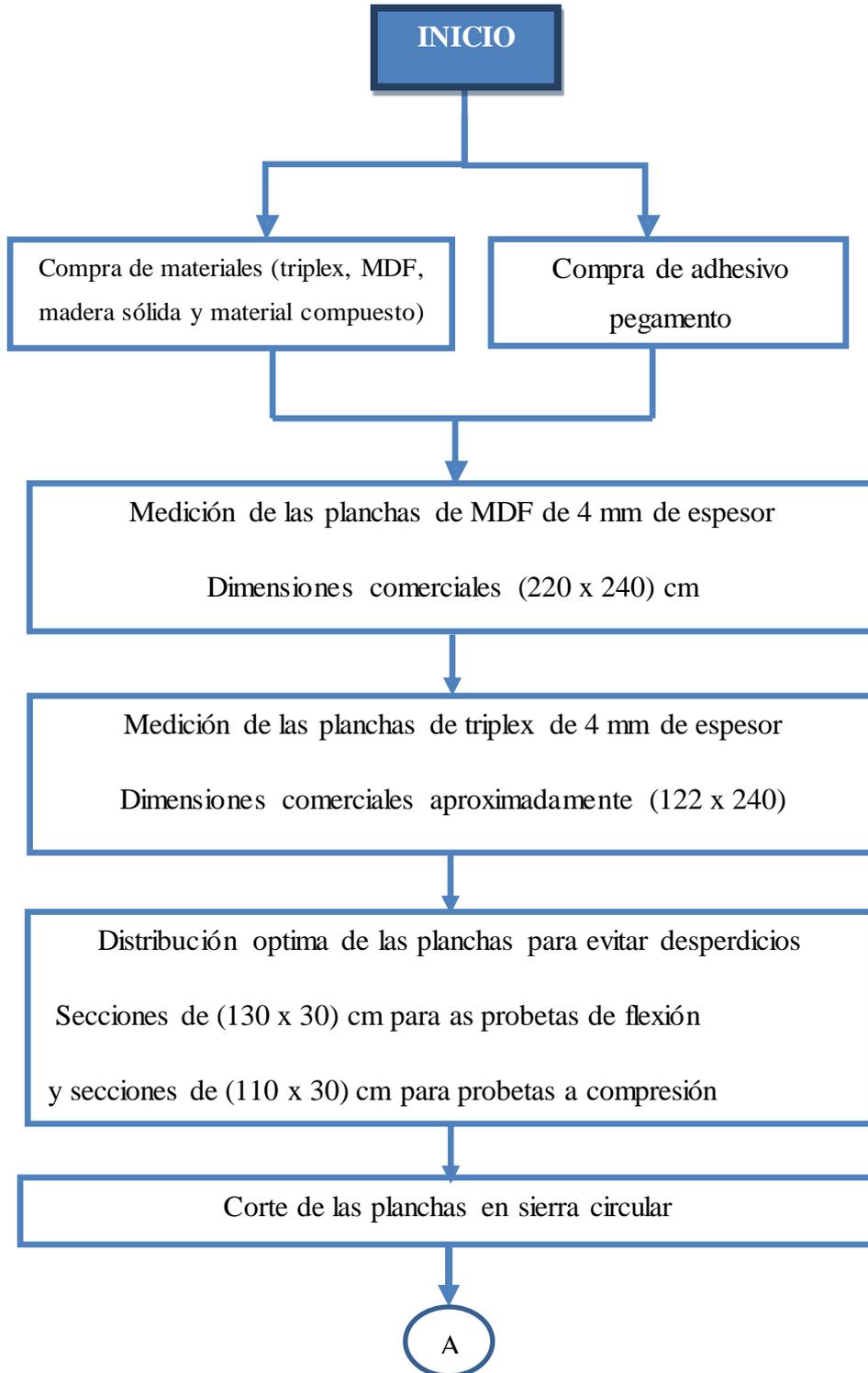


Figura 4-1 Diagrama de flujo para determinar las propiedades mecánicas del material

Fuente: Autor

### 4.1.3 PROCESO DE CONFIGURACIÓN DEL MATERIAL COMPUESTO.

A continuación se muestra el proceso para la obtención del material compuesto por láminas de triplex y fibras de densidad media.



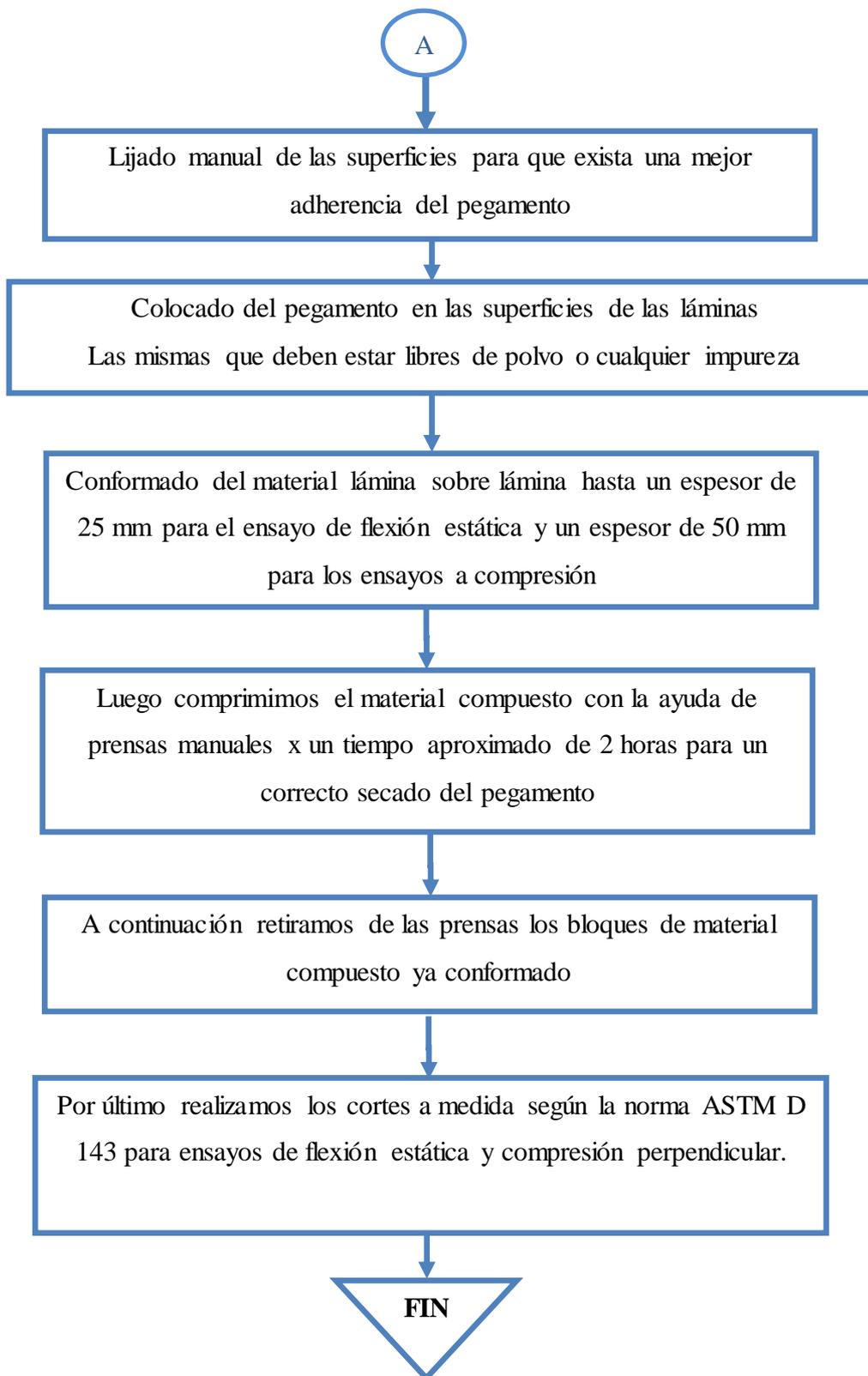


Figura 4-2 Proceso de configuración del material compuesto

Fuente: Autor

## 4.2 DETERMINACIÓN DE PROPIEDADES MECÁNICAS (FLEXIÓN, COMPRESIÓN)

Con el número de probetas a ensayar y después de analizar los ensayos apropiados para la investigación, se procedió a caracterizar mecánicamente mediante ensayos destructivos de (Flexión, compresión perpendicular) bajo las siguientes consideraciones:

### 4.2.1 ENSAYO DE FLEXIÓN.

El análisis de la deflexión y el esfuerzo máximo a flexión se realizó en la máquina universal, acatando la norma ASTM D 143, para el dimensionamiento de las probetas que fue de 410 mm de largo, 25 mm de ancho y de espesor para la determinación de distancia entre puntos de apoyo establecido para este método secundario fue de 360 mm. La cantidad de probetas fueron un mínimo 26 con características propias del procedimiento del ensayo, como la velocidad de ensayo que fue de 1,3 mm/min también establecida en la norma.

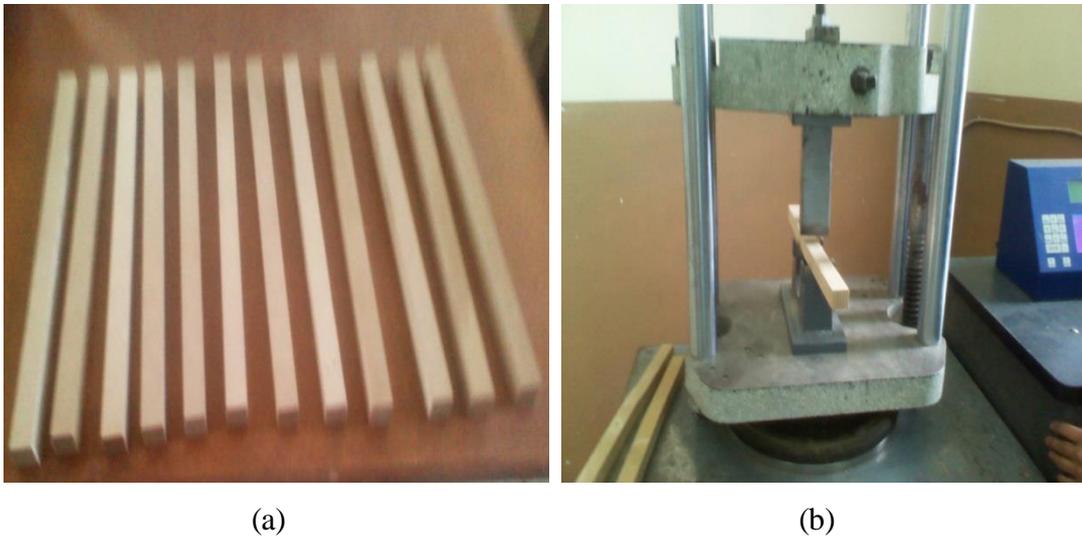


Figura 4-3 a) Probetas a ensayar a flexión b) Ubicación de la probeta en la máquina universal

Fuente: Realizada por el Autor

Tabla 4-1 Especificaciones técnicas del ensayo a flexión

#	CARACTERISTICA	DETALLE	OBSERVACIÓN
1	Dimensión de la probeta (mm)	410x25x525	± 0,3%
2	Componente a ensayar	material compuesto	
3	Tiempo de curado	> 10 días	
4	Norma a utilizar	ASTM D143	Sección 8
5	Velocidad del ensayo	1,3 mm/min	25%
6	Equipo a utilizar	maquina universal	

Fuente: Realizada por el autor

Con las consideraciones anteriores y aplicando la carga requerida se procedió a ejecutar el ensayo de flexión donde se determinó el esfuerzo máximo a flexión ( $\sigma_{max}$ ) deflexión máxima ( $E_f$ ) y el módulo de flexión ( $E_f$ ).

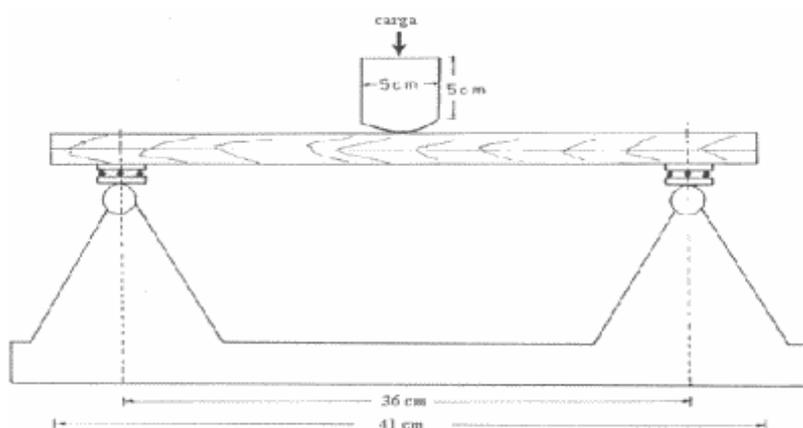


Figura 4-4 Dimensionamiento de las probetas a flexión

Fuente: Realizada por el Autor

#### 4.2.2 ESFUERZO MÁXIMO A FLEXIÓN

Las probetas con características geométricas establecidas en la Norma ASTM D 143 (sección 8.1), se sometieron a carga constante, aplicado en  $L/2$  (410/2) mm, utilizando la máquina Universal de ensayos, la cual luego de un tiempo determinado y a una velocidad constante de aplicación de carga se espera su colapso o ruptura, la carga máxima soportada por la probeta, el esfuerzo máximo del material que puede alcanzar a flexión, está bajo la siguiente relación.

Sabiendo que:

$$\sigma = \frac{Mc}{I} \quad \text{Ecuación 4-1}$$

Donde:

M = Momento (N.mm)

c = Altura media de la probeta (mm)

I = Inercia de la sección (mm<sup>4</sup>)

$$M = \frac{PL}{4}$$

$$I = \frac{b * h^3}{12}$$

$$c = \frac{h}{2}$$

Entonces:

$$\frac{I}{c} = \frac{b * h^2}{6}$$

Sustituyendo:

$$\sigma_{\max f} = \frac{3PL}{2bh^2} \quad \text{Ecuación 4-2}$$

Donde:

$\sigma_{\max f}$  = esfuerzo máximo producido en la superficie exterior (Mpa).

P = Fuerza aplicada (N).

L = Longitud entre apoyos (mm).

b = Ancho de la probeta (mm).

h = Altura de la probeta (mm).

### 4.2.3 DEFLEXIÓN DE RUPTURA

Los resultados del ensayo a flexión son similares a las curvas esfuerzo – deformación; sin embargo, el esfuerzo se traza en función de deflexiones, en vez de deformaciones, por lo que es necesario encontrar el valor de la deflexión máxima que soporta la probeta antes de su fractura o colapso.

#### 4.2.4 MÓDULO DE FLEXIÓN (E)

El módulo de flexión, se calcula en la región elástica de la curva esfuerzo vs deflexión, y bajo la siguiente relación. (Askenland, 1998)

$$\delta = \frac{PL^3}{48 EI}$$

$$E = \frac{L^3 P}{48 \delta \frac{bh^3}{12}}$$

$$E = \frac{PL^3}{4 b h^3 \delta}$$

Ecuación 4-3

Donde:

E = Módulo de flexión (Mpa)

$\delta$  = Deflexión de la probeta

Tabla 4-2 Datos del material MDF para flexión

		<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA</b>					
<b>ENSAYO DE FLEXIÓN (MDF)</b>					<b>E.F. N°001</b>		
<b>DATOS INFORMATIVOS DEL ESPÉCIMEN A ENSAYAR</b>							
<b>Tipo de estudio:</b>		De laboratorio		<b>N° de probetas:</b>		26	
<b>Solicitado por:</b>		U.T.A. / F.I.C.M.		<b>Fecha de elaboración:</b>		07/04/2014	
<b>Centro de estudio y análisis:</b>				Laboratorio Ingeniería Civil			
<b>Realizado por:</b>		Santiago Morales		<b>Supervisado por:</b>		Ing. Mg. Guamanquispe J.	
<b>Lugar:</b>		Universidad Técnica de Ambato					
<b>Dimensiones:</b>		<b>Ancho</b>		<b>Largo</b>		<b>Espesor</b>	
		25 mm		410 mm		25 mm	
<b>RESULTADOS</b>							
#	Deflexión (mm)	Carga (Kg)	$\sigma_{maxf}$ (Mpa)	Módulo de flexión (Mpa)			
1	6,3	56,2	19,03	2610			
2	7,3	87,2	29,53	3495			
3	8,1	77	26,08	2782			
4	6,2	100,5	34,04	4743			
5	8,3	96,3	32,62	3395			
6	7,1	82,4	27,91	3396			
7	8,6	84,5	28,62	2875			
8	8,4	93,3	31,60	3250			
9	7,5	79,8	27,03	3114			
10	7,4	83,1	28,14	3286			
11	7,7	91,2	30,89	3466			
12	8,2	77,5	26,25	2766			
13	9	83,5	28,28	2715			
14	6,9	72,2	24,45	3062			
15	7,3	81,4	27,57	3263			
16	7,5	77,2	26,15	3012			
17	8,6	79,1	26,79	2691			
18	6,1	65,7	22,25	3152			
19	7,3	69,3	23,47	2778			
20	7,5	85,6	28,99	3340			
21	8,8	78,3	26,52	2604			
22	8,3	77,5	26,25	2732			
23	7,7	78,5	26,59	2983			
24	8,9	73,5	24,89	2417			
25	6,8	81,5	27,60	3507			
26	8,3	93,5	31,67	3296			
<b>Promedio</b>	<b>7,696</b>	<b>80,992</b>	<b>27,431</b>	<b>3105,064</b>			

Fuente: autor

Tabla 4-3 Datos del material triplex para flexión

		<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA</b>					
<b>ENSAYO DE FLEXIÓN (Triplex)</b>					<b>E.F. N°002</b>		
<b>DATOS INFORMATIVOS DEL ESPÉCIMEN A ENSAYAR</b>							
<b>Tipo de estudio:</b>		De laboratorio		<b>N° de probetas:</b>		26	
<b>Solicitado por:</b>		U.T.A. / F.I.C.M.		<b>Fecha de elaboración:</b>		08/04/2014	
<b>Centro de estudio y análisis:</b>				Laboratorio Ingeniería Civil			
<b>Realizado por:</b>		Santiago Morales		<b>Supervisado por:</b>		Ing. Mg. Guamanquispe J.	
<b>Lugar:</b>		Universidad Técnica de Ambato					
<b>Dimensiones:</b>		Ancho	25 mm	Largo	410 mm	Espesor	25 mm
<b>RESULTADOS</b>							
#	Deflexión (mm)	Carga (Kg)	$\sigma_{max}$ (Mpa)	Módulo de flexión (Mpa)			
1	5,2	135,4	45,86	7620			
2	5,3	138,2	46,81	7630			
3	4,8	147	49,79	8962			
4	4,5	130,5	44,20	8486			
5	5,4	125,3	42,44	6790			
6	4,1	152,6	51,68	10891			
7	4,6	144,5	48,94	9192			
8	5,4	145,3	49,21	7874			
9	3,5	156,8	53,11	13110			
10	4,4	134,1	45,42	8918			
11	5,7	120,3	40,74	6176			
12	4,2	138,5	46,91	9650			
13	3,9	126,6	42,88	9499			
14	4,9	147,2	49,85	8791			
15	5,8	132,4	44,84	6680			
16	4,5	117,2	39,69	7621			
17	4,6	123,1	41,69	7831			
18	5,1	132,7	44,94	7614			
19	3,8	140,3	47,52	10804			
20	4,5	127,7	43,25	8304			
21	6,8	138,3	46,84	5952			
22	5,3	147,5	49,96	8144			
23	4,7	142,5	48,26	8872			
24	4,9	126,5	42,84	7555			
25	5,8	131,5	44,54	6635			
26	6,3	143,5	48,60	6665			
<b>Promedio</b>	<b>4,923</b>	<b>136,365</b>	<b>46,185</b>	<b>8317,896</b>			

Fuente: autor

Tabla 4-4 Datos del material compuesto para flexión

		<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA</b>					
<b>ENSAYO DE FLEXIÓN (MDF y Triplex)</b>					<b>EF .N°003</b>		
<b>DATOS INFORMATIVOS DEL ESPÉCIMEN A ENSAYAR</b>							
<b>Tipo de estudio:</b>		De laboratorio		<b>N° de probetas:</b>		26	
<b>Solicitado por:</b>		U.T.A. / F.I.C.M.		<b>Fecha de elaboración:</b>		08/04/2014	
<b>Centro de estudio y análisis:</b>				Laboratorio Ingeniería Civil			
<b>Realizado por:</b>		Santiago Morales		<b>Supervisado por:</b>		Ing. Mg. Guamnquispe J.	
<b>Lugar:</b>		Universidad Técnica de Ambato					
<b>Dimensiones:</b>		Ancho	25 mm	Largo	410 mm	Espesor	25 mm
<b>RESULTADOS</b>							
#	Deflexión (mm)	Carga (Kg)	$\sigma_{maxf}$ (Mpa)	módulo de flexión (Mpa)			
1	5,3	100,3	33,97	5538			
2	5,4	136,6	46,26	7402			
3	6,7	101	34,21	4411			
4	6,1	143	48,43	6860			
5	4,4	121,9	41,29	8107			
6	5,5	172,6	58,46	9183			
7	5,7	151,3	51,24	7767			
8	6,4	178,9	60,59	8180			
9	5,5	147,9	50,09	7869			
10	7,4	173,8	58,86	6873			
11	7,7	142	48,09	5396			
12	4,1	130,5	44,20	9314			
13	4,9	176,5	59,78	10541			
14	6,9	142,5	48,26	6043			
15	5,8	151,1	51,18	7623			
16	4,4	147,5	49,96	9810			
17	6,6	121,9	41,29	5405			
18	4,7	148,5	50,30	9246			
19	5,6	178,3	60,39	9317			
20	4,7	142,5	48,26	8872			
21	4,8	130,5	44,20	7956			
22	5,4	135,8	45,99	7359			
23	4,8	129,3	43,79	7883			
24	4,9	155,3	52,60	9274			
25	5,2	142,3	48,20	8008			
26	6,6	157,8	53,44	6996			
<b>Promedio</b>	<b>5,596</b>	<b>144,600</b>	<b>48,974</b>	<b>7739,767</b>			

Fuente: autor

Tabla 4-5 Datos de madera sólida para flexión

		<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA</b>					
<b>ENSAYO DE FLEXIÓN MADERA LAUREL</b>					<b>E.F. N°004</b>		
<b>DATOS INFORMATIVOS DEL ESPÉCIMEN A ENSAYAR</b>							
<b>Tipo de estudio:</b>		De laboratorio		<b>N° de probetas:</b>		26	
<b>Solicitado por:</b>		U.T.A. / F.I.C.M.		<b>Fecha de elaboración:</b>		10/04/2014	
<b>Centro de estudio y análisis:</b>				Laboratorio Ingeniería Civil			
<b>Realizado por:</b>		Santiago Morales		<b>Supervisado por:</b>		Ing. Mg. Guamanquispe J.	
<b>Lugar:</b>		Universidad Técnica de Ambato					
<b>Dimensiones:</b>		Ancho	25 mm	Largo	410 mm	Espesor	25 mm
<b>RESULTADOS</b>							
#	Deflexión (mm)	Carga (Kg)		$\sigma_{max}$ (Mpa)	Módulo de flexión (Mpa)		
1	8,5	306,2		103,71	10541		
2	9,3	317,2		107,43	9981		
3	8,1	298		100,93	10766		
4	9,2	296		100,25	9415		
5	8,3	304,5		103,13	10736		
6	7,1	289		97,88	11911		
7	8,6	315		106,69	10718		
8	8,4	305		103,30	10625		
9	8,5	295		99,91	10156		
10	8,4	265,7		89,99	9256		
11	8,7	302		102,28	10158		
12	8,2	296		100,25	10563		
13	9	297		100,59	9657		
14	8,9	303		102,62	9962		
15	7,3	260		88,06	10422		
16	7,5	258,5		87,55	10086		
17	8,6	273		92,46	9289		
18	8,1	268		90,77	9682		
19	7,8	287		97,20	10767		
20	7,5	275		93,14	10730		
21	8,8	269		91,11	8945		
22	8,3	295		99,91	10401		
23	8,5	290		98,22	9984		
24	7,9	269		91,11	9964		
25	8,2	279		94,49	9956		
26	8,1	263		89,07	9501		
<b>Promedio</b>	<b>8,300</b>	<b>287,542</b>		<b>97,387</b>	<b>10160,472</b>		

Fuente: autor

Tabla 4-6 Resultados de Ensayo a Flexión

# de Probetas	Material	$\sigma_{maxf}$ (Mpa)	Deflexión máx. (mm)	Módulo de flexión (Mpa)
26	MDF	27,43	7,70	3105,06
	Triplex	46,19	4,92	8317,90
	(MDF y Triplex)	48,97	5,60	7739,77
	Madera sólida	97,38	8,300	10160,47

Fuente: Realizado por el autor

Con los datos obtenidos se realizaron los cálculos para determinar la  $\sigma_{maxf}$  y módulo de flexión, además se pudo apreciar que la madera sólida tiene un esfuerzo máximo a la flexión de 97,38 que es mayor a la del material compuesto en estudio que fue de 48,97 cabe mencionar que son valores aceptables ya que la configuración de las fibras de la madera sólida es longitudinal para este tipo de ensayo esto le da una mayor resistencia, en cambio la configuración del material compuesto es una combinación entre laminado y particulado.

Otro aspecto a tomar en cuenta son los valores de los materiales pre-fabricados al ensayarlos por separados triplex y MDF tienen un valor menor de esfuerzo a flexión que al hacerlo con la configuración combinada como material compuesto.

### 4.3 COMPRESIÓN PERPENDICULAR

El análisis de compresión perpendicular se realizó en la máquina universal y siguiendo la norma ASTM D 143 sección 12, para el dimensionamiento de las probetas que fue de (50x50x150) La cantidad de probetas fueron un mínimo 26 con características propias del procedimiento del ensayo, la carga se aplicará a través de un metal de 2 por 2 pulgadas (50 por 50)mm de ancho, colocado a través en la parte superior de la superficie de la muestra a la misma distancia de los extremos y en ángulos rectos a la longitud (Figura 4-6 ). La carga se aplicará a una velocidad continua durante todo el ensayo a una velocidad de 0,305 mm/min, las lecturas de deflexión deberán ser con una precisión a 0,0001 pulg (0,002mm).

Tabla 4-7 Especificaciones técnicas del ensayo compresión perpendicular

#	CARACTERISTICA	DETALLE	OBSERVACIONES
1	Dimensión de la probeta (mm)	150x50x50	$\pm 0,3\%$
2	Componente a ensayar	material compuesto	
3	Tiempo de curado	> 10 días	
4	Norma a utilizar	ASTM D143	sección 12
5	Velocidad del ensayo	0,3 mm/s	$\pm 25\%$
6	Equipo a utilizar	máquina universal	

Fuente: Realizado por el autor

Con las consideraciones anteriores y aplicando la carga requerida se procedió a ejecutar el ensayo de compresión perpendicular, primero ubicamos la placa metálica rígida sobre la cara radial superior de la probeta de manera que las distancias entre los extremos de la probeta y la placa sean iguales.



(a)



(b)

Figura 4-5 a) Placa metálica sobre la probeta; b) Ubicación de la probeta en la máquina universal

Fuente: Autor

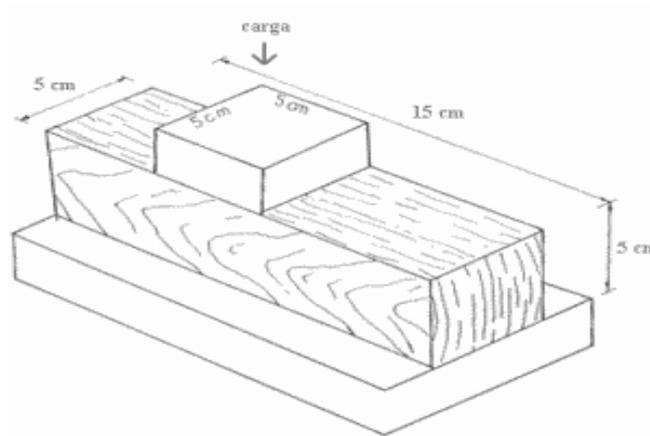


Figura 4-6 Medición del ancho a, y de la altura h de las probetas.

Fuente: Norma ASTM D143

#### 4.3.1 ESFUERZO MÁXIMO A COMPRESIÓN PERPENDICULAR

Con la carga máxima de ruptura que es aquella que se necesita para producir la fractura, se obtiene el esfuerzo máximo que dicho material puede alcanzar a compresión, bajo la relación:

$$\sigma_{\max} = \frac{F}{A} \quad \text{Ecuación 4-4}$$

Donde:

$\sigma_{\max}$ . = Esfuerzo máximo (Mpa).

F = Carga máxima (N).

A = Área de la sección transversal de la probeta (mm<sup>2</sup>).

#### 4.3.2 MÓDULO DE ELASTICIDAD (E)

El módulo de elasticidad o módulo de Young, se ha determinado siguiendo la relación de Hooke (Askenland, 1998, p. 135) y bajo lo especificado en la norma ASTM D-143

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} \quad \text{Ecuación 4-5}$$

Donde

$\sigma_{\max}$ . = Esfuerzo máximo.

$\varepsilon$  = Elongación

### 4.3.3 PORCENTAJE DE DEFORMACIÓN

El porcentaje de deformación esta en estricta relación entre la longitud inicial y la longitud final como se indica en la siguiente ecuación:

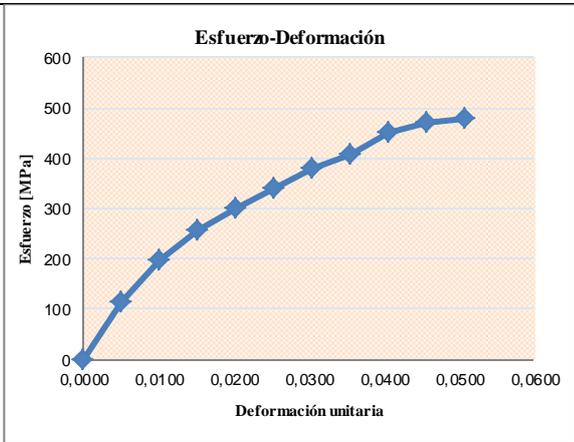
$$\varepsilon \text{ (elongación)} = \frac{l_f - l_i}{l_i} \quad \text{Ecuación 4-6}$$

$l_f$ = Longitud final (mm).

$l_i$ = Longitud inicial (mm).

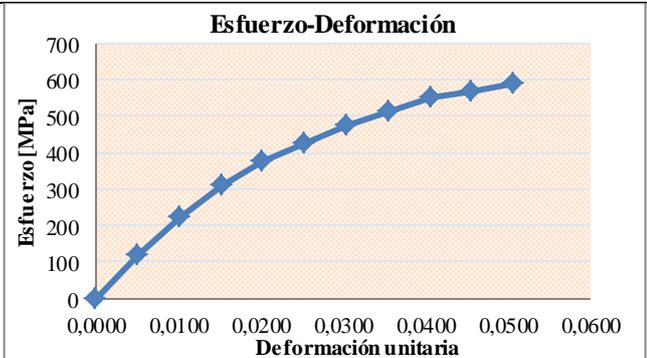
Nota: Según la Normativa se considera una longitud inicial de 50 mm.

Tabla 4-8 Datos del material MDF para compresión

 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA</b>						
<b>ENSAYO DE COMPRESIÓN PERPENDICULAR (MDF)</b>				<b>E.C.P .N°005</b>		
<b>DATOS INFORMATIVOS DEL ESPÉCIMEN A ENSAYAR</b>						
<b>Tipo de estudio:</b>	De laboratorio		<b>N° de probeta:</b>	26		
<b>Solicitado por:</b>	U.T.A. / F.I.C.M.		<b>Fecha de elaboración:</b>	14/04/2014		
<b>Centro de estudio</b>	Laboratorio Ingeniería Civil					
<b>Realizado por:</b>	Santiago Morales		<b>Supervisado por:</b>	Ing. Mg Guamanquispe J.		
<b>Lugar:</b>	Universidad Técnica de Ambato					
<b>Dimensiones:</b>	Ancho	50 mm	Largo	150 mm	Espesor	50 mm
<b>RESULTADOS</b>						
	Deformación pulg	(10 <sup>-4</sup> )	Carga (Kg)	Área (mm <sup>2</sup> )	Esfuerzo (Mpa)	Deformación unitaria
1	0		0	25	0	0,0000
2	100		293,06923	25	115	0,0051
3	200		501,68846	25	197	0,0102
4	300		653,95385	25	257	0,0152
5	400		766,71923	25	301	0,0203
6	500		868,6	25	341	0,0254
7	600		963,70385	25	378	0,0305
8	700		1039,1615	25	408	0,0356
9	800		1143,6846	25	449	0,0406
10	900		1201,5462	25	471	0,0457
11	1000		1222,4692	25	480	0,0508
<b>FOTOGRAFÍAS</b>						
						
<b>GRÁFICAS</b>						
 <p style="text-align: center;"><b>Esfuerzo-Deformación</b></p>						

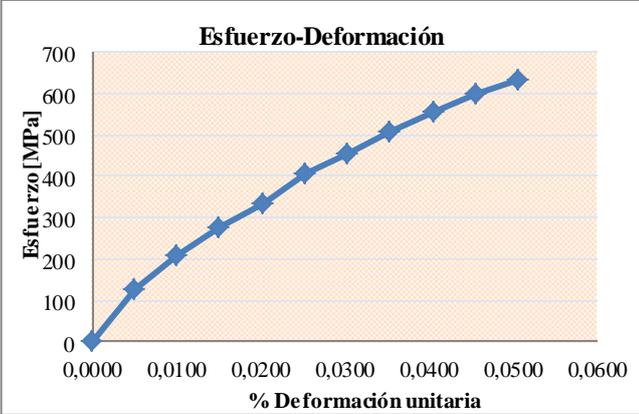
Fuente: Realizado por el autor

Tabla 4-9 Datos del material Triplex para compresión

		<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA</b>					
ENSAYO DE COMPRESIÓN PERPENDICULAR (Triplex)					E.C.P .N°006		
DATOS INFORMATIVOS DEL ESPÉCIMEN A ENSAYAR							
<b>Tipo de estudio:</b>	De laboratorio		<b>N° de probeta:</b>		26		
<b>Solicitado por:</b>	U.T.A. / F.I.C.M.		<b>Fecha de elaboración:</b>		15/04/2014		
<b>Centro de estudio</b>	Laboratorio Ingeniería Civil						
<b>Realizado por:</b>	Santiago Morales		<b>Supervisado por:</b>		Ing. Mg Guamanquispe J.		
<b>Lugar:</b>	Universidad Técnica de Ambato						
<b>Dimensiones:</b>	Ancho	50 mm	Largo	150 mm	Espesor	50 mm	
RESULTADOS							
	Deformación (10 <sup>-4</sup> pulg)	Carga (Kg)	Area (mm <sup>2</sup> )	Esfuerzo (Mpa)	% Deformación		
1	0	0.00	25	0	0.0000		
2	100	308.79	25	121	0.0051		
3	200	566.97	25	222	0.0102		
4	300	785.67	25	308	0.0152		
5	400	951.02	25	373	0.0203		
6	500	1076.04	25	422	0.0254		
7	600	1207.22	25	474	0.0305		
8	700	1305.78	25	512	0.0356		
9	800	1401.02	25	550	0.0406		
10	900	1451.00	25	569	0.0457		
11	1000	1498.23	25	588	0.0508		
FOTOGRAFÍAS							
							
GRÁFICAS							
							

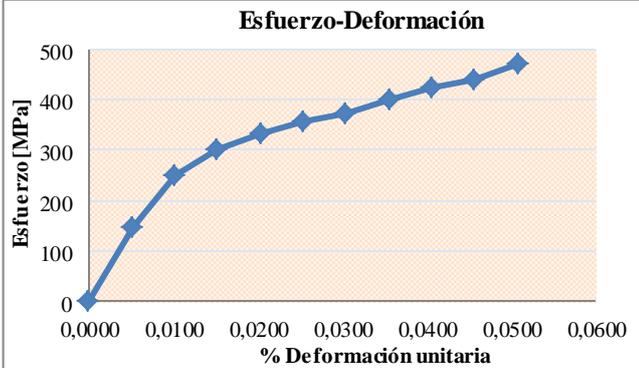
Fuente: Realizado por el autor

Tabla 4-10 Datos del material compuesto para compresión

		<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA</b>					
ENSAYO DE COMPRESIÓN PERPENDICULAR (Triplex y MDF)					E.C.P .N°007		
DATOS INFORMATIVOS DEL ESPÉCIMEN A ENSAYAR							
<b>Tipo de estudio:</b>	De laboratorio		<b>N° de probeta:</b>		26		
<b>Solicitado por:</b>	U.T.A. / F.I.C.M.		<b>Fecha de elaboración:</b>		16/04/2014		
<b>Centro de estudio</b>	Laboratorio Ingeniería Civil						
<b>Realizado por:</b>	Santiago Morales		<b>Supervisado por:</b>		Ing. Mg Guamanquispe J.		
<b>Lugar:</b>	Universidad Técnica de Ambato						
<b>Dimensiones:</b>	Ancho	50 mm	Largo	150 mm	Espesor	50 mm	
RESULTADOS							
	Deformación (10 <sup>-4</sup> pulg)	Carga (Kg)	Área (mm <sup>2</sup> )	Esfuerzo (Mpa)	Deformación unitaria		
1	0	0	25	0	0		
2	100	318.788	25	125	0.0051		
3	200	526.965	25	207	0.0102		
4	300	705.669	25	277	0.0152		
5	400	851.015	25	334	0.0203		
6	500	1036.042	25	407	0.0254		
7	600	1157.215	25	454	0.0305		
8	700	1290.777	25	507	0.0356		
9	800	1416.927	25	556	0.0406		
10	900	1532.119	25	601	0.0457		
11	1000	1607.396	25	631	0.0508		
FOTOGRAFÍAS							
							
GRÁFICAS							
							

Fuente: Realizado por el autor

Tabla 4-11 Datos de Madera sólida para compresión

		<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA</b>					
ENSAYO DE COMPRESIÓN PERPENDICULAR (Madera)					E.C.P. N°008		
DATOS INFORMATIVOS DEL ESPÉCIMEN A ENSAYAR							
<b>Tipo de estudio:</b>	De laboratorio		<b>N° de probeta:</b>	26			
<b>Solicitado por:</b>	U.T.A. / F.I.C.M.		<b>Fecha de elaboración:</b>	23/04/2014			
<b>Centro de estudio</b>	Laboratorio Ingeniería Civil						
<b>Realizado por:</b>	Santiago Morales		<b>Supervisado por:</b>	Ing. Mg Guamanquispe J.			
<b>Lugar:</b>	Universidad Técnica de Ambato						
<b>Dimensiones:</b>	Ancho	50 mm	Largo	150 mm	Espesor	50 mm	
RESULTADOS							
	Deformación (10 <sup>-4</sup> pulg)	Carga (Kg)	Área (mm <sup>2</sup> )	Esfuerzo (Mpa)	Deformación unitaria		
1	0	0	25	0	0		
2	100	374	25	147	0.0051		
3	200	642	25	252	0.0102		
4	300	774	25	304	0.0152		
5	400	854	25	335	0.0203		
6	500	906	25	356	0.0254		
7	600	951	25	373	0.0305		
8	700	1017	25	399	0.0356		
9	800	1082	25	425	0.0406		
10	900	1122	25	440	0.0457		
11	1000	1201	25	471	0.0508		
FOTOGRAFÍAS							
							
GRÁFICAS							
							

Fuente: Realizado por el autor

Tabla 4-12 Resultados de Ensayo a compresión perpendicular

# de Probetas	Material	$\sigma_{max}$ (Mpa)	Deformación max (mm)
26	MDF	479.70	0.0508
	Triplex	587.91	0.0508
	(MDF y Triplex)	630.74	0.0508
	Madera sólida	471.27	0.0508

Fuente: Realizado por el autor

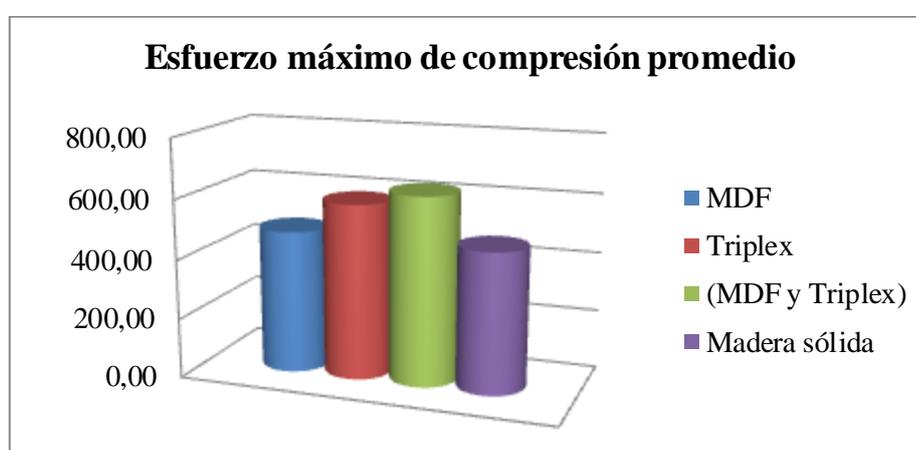


Figura 4-7 Resultados de Ensayo a compresión esfuerzo máximo

Fuente: Realizado por el autor

Con los datos obtenidos al realizar los ensayos de compresión perpendicular se determinó  $\sigma_{max}$ , ya que la norma ASTM D-143 dice que la máxima deformación que sufrirá el espécimen será la misma para todos los ensayos y es un valor 0,1 in o de 2,5 mm la gráfica nos muestra los valores de esfuerzo máximo a esta penetración, en la que se puede apreciar que el material compuesto alcanza un valor de 620 Mpa que es el más alto en comparación a los demás materiales estudiados.

En el caso de la madera sólida nos da un valor aproximado de 470 Mpa que es menor al del triplex y al del MDF ensayados por separado, esto se debe que la para conformación de estos materiales ya fueron sometidos a presiones y

temperaturas elevadas para lograr una buena compactación con el aglutinante o adhesivo.

Otro aspecto a mencionar es que el material compuesto a más de estar previamente sometidos a las condiciones de presión y temperatura elevadas, en el conformado del mismo se utilizó adhesivo o pegamento y otra vez fue sometido a una gran presión es por lo que le hace un material más compacto que la madera sólida.

Tabla 4-13 Resultados combinados de las propiedades mecánicas

Material	$\sigma_{\max}$ flexión (Mpa)	Deflexión máx. (mm)	Módulo de flexión (Mpa)	Deformación unitaria max	$\sigma_{\max}$ compresión (Mpa)
Madera solida	97.39	8.30	10160.47	0.0508	471.27
Material compuesto	48.97	5.60	7739.77	0.0508	630.74

Fuente: Realizado por el autor

De lo evaluado en la tabla de resultados combinados, se establece que el material compuesto por láminas de triplex y fibras de densidad media (MDF) presento mejor comportamiento a la compresión, mientras que a flexión es mediana mente aceptable como ya se dijo anteriormente se trata de la configuración de las fibras de la madera sólida con relación a las del material compuesto, con estos parámetros ya conocidos y aceptables procederemos al siguiente estudio.

#### **4.4 FACTORES QUE INFLUYEN EN EL DOBLEZ DEL MATERIAL COMPUESTO.**

Entre los factores de mayor importancia se consideraron los siguientes.

- a) Radio de curvatura.
- b) Espesor de material.
- c) Tipo de pegamento.
- d) Carga necesaria para el doblez.

a) Radio de curvatura  $\rho_c$ .

Para este factor se consideraron tres tipos de plantillas utilizadas actualmente en la mueblería Marqueza para elaborar los distintos tipos de muebles, los cuales son representados a continuación.

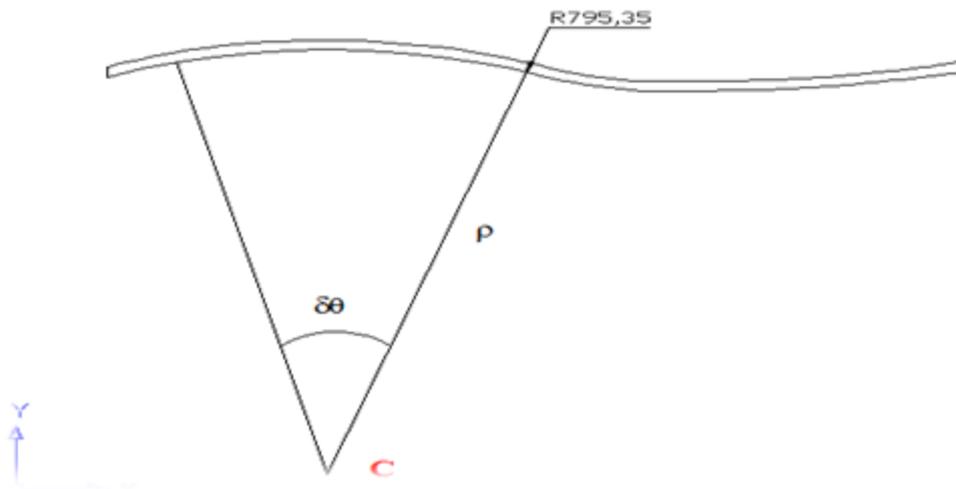


Figura 4-8 Perfil de respaldo de silla con una curvatura aproximada de 800 mm

Fuente: Realizado por el autor

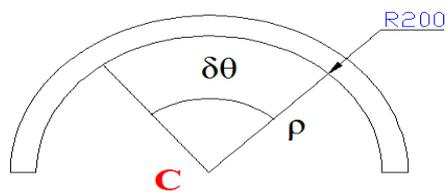


Figura 4-9 Mesa de centro tipo U curvatura de 200 mm

Fuente: Realizado por el autor

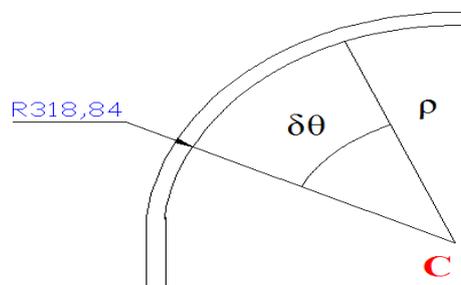


Figura 4-10 Mesa de centro tipo V curvatura de 318 mm

Fuente: Realizado por el autor

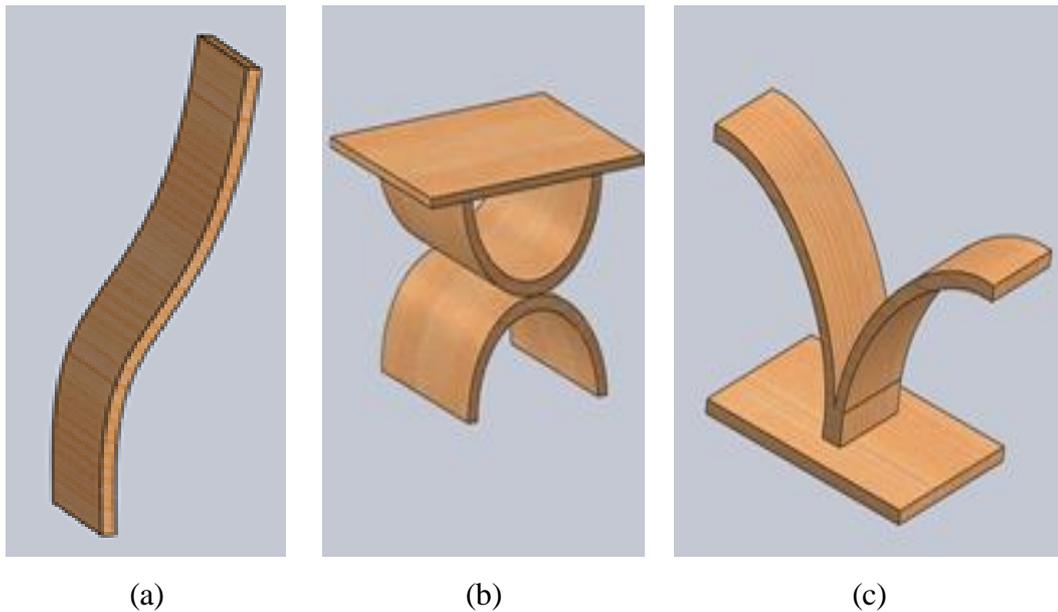


Figura 4-11 a.) Respaldo de silla; b.) Mesa de centro tipo U; c.) Mesa de centro tipo V

Fuente: Realizado por el autor

### b) Espesor del material

Para la elección de los espesores se consideró las láminas de 4 mm ya que son de fácil adquisición y por ser un espesor adecuado para el doblado considerando su flexibilidad.

Tabla 4-14 Espesores más utilizados

Espesor (mm)	# de láminas	Posible uso
12	3	Asientos de pupitres
16	4	Respaldos de pupitres
20	5	Mesas de centro
24	6	mesas, sillas
28	7	Sillas
32	8	Sillas

Fuente: Realizado por el autor

### c) Tipo de pegamento

Para determinar este factor se consideraron los tipos de pegamento o adhesivos más utilizados que son Adheplast y Resincola.

Para elegir el más adecuado se realizaron probetas para cada tipo de pegamento utilizando para ello dos piezas de madera de dimensiones (50x50x10) mm, unidas entre sí, sometidas a presiones y tiempo de secado iguales que por recomendaciones de fabricantes será de 240 minutos como se especifica en el Anexo I.



Figura 4-12 Probetas para ensayos de adhesivos

Fuente: Realizado por el autor



Figura 4-13 Probetas sumergidas en agua

Fuente: Realizado por el autor

Estas probetas fueron sometidas a una prueba experimental en agua considerando el tiempo en el cual se separan por completo las piezas, a continuación estos tiempos se comparan para determinar el mejor tipo de pegamento.

Tabla 4-15 Tiempo de resistencia del pegamento en agua sin despegarse

# Probeta	Adheplast (horas)	Resincola (horas)
1	75	80
2	78	88
3	80	92
4	79	85
5	84	85
Promedio	79.2	86

Fuente: Realizado por el autor

Con los datos anteriores el tipo de pegamento seleccionado es Resincola por ser el más aceptable en cuanto a la resistencia al agua, considerando que los muebles siempre van a estar sometidos a condiciones ambientales como temperatura y humedad.

#### d) Carga

Una vez determinadas los parámetros anteriores como radios de curvatura, espesores, y tipos de pegamentos, se procedió a determinar el último factor y de gran importancia para el estudio como es la carga necesaria para el doblado considerando el siguiente procedimiento.

- Se cortan las láminas de triplex y MDF en dimensiones (250 x 80) mm.
- Se coloca pegamento en las superficies.
- Unir las superficies, el número de láminas nos dará el espesor.
- Colocar en los moldes con los distintos radios de curvatura.
- Se procede a colocar carga por medio de la máquina universal.
- Determinar la carga de doblado.

Tabla 4-16 Carga máxima permisible por radio de curvatura y espesor

ESPESOR	Radio de curvatura (cm)	Carga (Kg)	Fuerza(N)
12	20 cm	70	686
	30 cm	63	617.4
	tipo S 80 cm	40	392
16	20 cm	146	1430.8
	30 cm	104	1019.2
	tipo S 80 cm	71	695.8
20	20 cm	327	3204.6
	30 cm	153	1499.4
	tipo S 80 cm	98	960.4
24	20 cm	530	5194
	30 cm	225	2205
	tipo S 80 cm	143	1401.4
28	20 cm	659	6458.2
	30 cm	285	2793
	tipo S 80 cm	177	1734.6
32	20 cm	720	7056
	30 cm	344	3371.2
	tipo S 80 cm	208	2038.4

Fuente: Realizado por el autor

#### 4.5 CÁLCULO DE TIEMPOS DE PRODUCCIÓN

A continuación se pretende establecer los tiempos necesarios a considerarse para los diferentes procesos de producción, para el primer caso o actual se considera a la madera sólida y los procesos actuales establecidos de producción, estos tiempos a su vez servirán como parámetros de referencia, que serán comparados con los datos de tiempos del segundo caso que será al utilizar el material compuesto propuesto y los procesos de doblado.

Para el tiempo de secado del pegamento se considera 240 minutos como mínimo Recomendación de fabricantes Anexo I.

Tabla 4-17 Cursograma analítico conformado respaldo de sillas método actual

Cursograma Analítico Operario/Material /Equipo							
Diagrama número. 1	Hoja 1 de 1	Resumen					
Objeto		Actividad	Actual	Propuesta	Economía		
respaldo de silla		Operación 	16				
		Transporte 	10				
		Espera 	1				
Actividades		Inspección 	1				
preparado, cortes, armado		Almacenamiento 	1				
		Distancia (m)	74				
Método	Actual	Tiempo (min)	422				
Lugar: Muebles Marqueza		Costo de mano de obra	6.07				
Realizado por: Santiago Morales	fecha: 03/06/2014	Costo de materiales	6				
Aprobado por: Ing. Mg Guamanquispe J.	fecha: 03/06/2014	Costo totales	12.07				
Descripción	Cantidad	Distancia (m)	Tiempo (min)	Símbolos			Observaciones
Transporte de la materia prima (madera)	1	15	3				A mano
Canteado de madera	1		10				
Transporte de la madera canteada al área de corte	1	3	1				
Primer corte (sierra circular)	1		10				Diam 15 in
Transporte de la madera de dimensiones mas pequeñas	2	5	2				
Cepillado para obtener un espesor mas uniforme	2	5	10				
Trasporte al área de los bancos	2	8	2				
Plantillado	2		20				
Transporte de la madera al área de máquinas	2	8	2				
Realizar corte con la sierra de cinta	4		40				
Colocar el disco de lija	1		3				
Transporte de las piezas	4	4	1				
Lijado de piezas las partes convexas	4		8				
Transporte de piezas hasta el rodillo	4	3	1				
Lijado de piezas las partes cóncavas	4		8				
Transporte de piezas al área de trabajo	4	7	1				
Ensamble de piezas	4						
Igualado superficies con cepillo de mano	6		12				Mejor acople
Colado de las superficies	6		10				
Prensado de las piezas	1		10				Prensa manual
Espera de secado de pegamento	1		240				Resincola
Transporte de respaldos	1	8	0.5				
Corte final a medida cierra circular	1		5				Diam 12 in
Trazado para posterior perforado	1		2				
Transporte de respaldo al área de máquinas	1	8	0.5				
Perforado de los respaldo	1		10				Broca 0,5 in
Lijado final	1		8				
Inspección	1		2				
Almacenaje	1		0				
<b>Total</b>		<b>74</b>	<b>422</b>				

Fuente: Realizado por el autor

Tabla 4-18 Cursograma analítico conformado respaldo de sillas método propuesto

Cursograma Analítico Operario/Material/Equipo							
Diagrama número. 2	Hoja 1 de 1	Resumen					
Objeto	Actividad	Actual	Propuesta	Economía			
respaldo de silla	Operación 	16	13	3			
	Transporte 	10	5	5			
	Espera 	1	1	0			
Actividades	Inspección 	1	1	0			
preparado, cortes, armado	Almacenamiento 	1	1	0			
	Distancia (m)	74	40	34			
Método	propuesto	Tiempo (min)	422	342	80		
Lugar: Muebles Marqueza		Costo de mano de obra	6.07	3.40	2.67		
Realizado por: Santiago Morales	fecha: 06/06/2014	Costo de materiales	6	5.88	0.12		
Aprobado por: Ing. Mg Guamanquispe J.	fecha: 06/06/2014	Costo totales	12.07	9.28	2.78		
Descripción	Cantidad	Distancia (m)	Tiempo (min)	Símbolos			Observaciones
							
Transporte de la materia prima (triplex y MDF)	2	5	2				A mano
Trazado para posterior corte	1		10				
Transporte de planchas al área de máquinas	2	7	2				
Colocado de sierra adecuada (sierra circular)	1	3	1				Diam 10 in
Primer corte de láminas (sierra circular)	2		10				Diam 10 in
Transporte de las láminas al área de armado	6	7	2				
Limpieza y lijado de láminas para una mejor adherencia	6		5				
Aplicar pegamento en las superficies	10		20				Resincola
Unir láminas para conformado de material compuesto	6		2				
Colocar moldes	2	3	5				
Prensado de las láminas con prensas manuales	1		10				
Espera de secado de pegamento	1		240				
Sacar el respaldo de las prensas	1		3				
Transporte de pieza al área de máquinas	1	7	0.5				
Canteado de un lado del respaldo	1		2				
Corte final a medida sierra circular	1		5				Diam 10 in
Trazado para posterior perforado	1		2				
Transporte de respaldo al área de máquinas	1	8	0.5				
Perforado de los respaldo	1		10				Broca 0,5 in
Lijado final	1		8				
Inspección	1		2				
Almacenaje	1		0				
Total		40	342				

Fuente: Realizado por el autor

Con los resultados de obtenidos en los cursogramas analíticos para la fabricación de respaldos de sillas se pudo demostrar que con el método propuesto tenemos un ahorro de tiempos totales de 18,97 % y una reducción notable en la cantidad de actividades como las de canteado de la madera, cepillado, y cortes en la sierra de cinta. Como también se eliminó 5 actividades de trasporte que eran empleadas para este fin.

Tabla 4-19 Cursograma analítico conformado mesa tipo U método actual

Cursograma Analítico Operario/Material/Equipo								
Diagrama número. 3	Hoja 1 de 1	Resumen						
Objeto	Actividad	Actual	Propuesta	Economía				
Mesa de centro	Operación 	18						
	Transporte 	11						
	Espera 	2						
Actividades preparado, cortes, armado	Inspección 	1						
	Almacenamiento 	1						
	Distancia (m)	73						
Método	Actual	Tiempo (min)	687					
Lugar: Muebles Marqueza		Costo de mano de obra	6.90					
Realizado por: Santiago Morales	fecha: 06/06/2014	Costo de materiales	18					
Aprobado por: Ing. Mg Guamanquispe J.	fecha: 06/06/2014	Costo totales	24.90					
Descripción	Cantidad	Distancia (m)	Tiempo (min)	Símbolos				Observaciones
								
Transporte de la materia prima (madera)	1	15	3					A mano
Canteado de madera	1		10					
Transporte de la madera ya canteada al área de corte	1	3	1					
Trozado de madera (sierra circular)	1		3					Diam 15 in
Corte de espesor sierra circular	2		10					Diam 15 in
Transporte de la madera	2	5	2					
Cepillado para obtener un espesor mas uniforme	2	5	7					
Trasporte al área de los bancos	2	8	2					
Plantillar	2		15					
Trasporte de la madera al área de máquinas	2	7	2					
Realizar corte con la sierra de cinta	6		30					
Colocar el disco de lija	1		3					
Transporte de las piezas	6	4	1					
Lijado de piezas en partes convexas	6		12					
Transporte de piezas hasta el rodillo	6	3	1					
Lijado de piezas en partes cóncavas	6		12					
Transporte de piezas al área de trabajo	6	7	1					
Ensamble de piezas	6							
Igualado superficies con cepillo de mano	8		15					Mejor acople
Colado de las superficies	8		10					
Ensamblado de las piezas	2		10					Prensa manual
Espera de secado de pegamento	2		240					Resincola
Transporte de las partes de la mesa	2	8	0.5					
Corte final a medida sierra circular	2		4					Diam 12 in
Lijado final de cantos	4		5					
Transporte de respaldo al área de armado	2	8	0.5					
Lijado de las superficies con pulidora	4		10					lija # 60
Realizar detalles con tupi de mano	4		15					
Armado de las dos partes	2		20					
Espera de secado de pegamento	1		240					
Inspección	2		2					
Almacenaje	1		0					
<b>Total</b>		<b>73</b>	<b>687</b>					

Fuente: Realizado por el autor

Tabla 4-20 Cursograma analítico conformado mesa tipo U método propuesto

Cursograma Analítico Operario/Material/Equipo								
Diagrama número. 4	Hoja 1 de 1	Resumen						
Objeto	Actividad	Actual	Propuesta	Economía				
mesa de centro	Operación 	18	14	4				
	Transporte 	11	5	6				
	Espera 	2	2	0				
Actividades	Inspección 	1	1	0				
preparado, cortes, armado	Almacenamiento 	1	1	0				
	Distancia (m)	73	40	33				
Método	propuesto	Tiempo (min)	687	645.5	41.5			
Lugar: Muebles Marqueza		Costo de mano de obra	6.90	5.52	1.38			
Realizado por: Santiago Morales	fecha: 06/06/2014	Costo de materiales	18	16.00	2.00			
Aprobado por: Ing. Mg Guamanquispe J.	fecha: 06/06/2014	Costo totales	24.90	21.52	3.38			
Descripción	Cantidad	Distancia (m)	Tiempo (min)	Símbolos				Observaciones
								
Transporte de la materia prima (triplex y MDF)	1	5	1					A mano
Trazado para posterior corte	1		5					
Transporte de planchas al área de máquinas	1	7	1					
Colocado de sierra adecuada (sierra circular)	1	3	1					Diam 10 in
Primer corte de láminas (50x30) cm (sierra circular)	1		30					Diam 10 in
Transporte de las láminas al área de armado	12	7	2					
Limpieza y lijado de láminas para una mejor adherencia	12		12					
Aplicar pegamento en las superficies	20		20					Resincola
Unir láminas para conformado de material compuesto	2		4					
Colocar moldes	4	3	10					
Prensado de las láminas con prensas manuales	2		20					
Espera de secado de pegamento	2		240					
Sacar el respaldo de las prensas	2		6					
Transporte de pieza al área de máquinas	2	7	1					
Canteado de un lado del respaldo	2		4					
Corte final a medida sierra circular	2		6					Diam 10 in
Lijado final de cantos	4		5					
Transporte de respaldo al área de armado	2	8	0.5					
Realizar detalles con tupi de mano	4		15					
Armado de las dos partes	2		20					
Espera de secado de pegamento	1		240					
Inspección	2		2					
Almacenaje	1		0					
<b>Total</b>		<b>40</b>	<b>645.5</b>					

Fuente: Realizado por el autor

Con los resultados obtenidos en los cursogramas analíticos para la fabricación de mesa de centro tipo C se pudo demostrar que con el método propuesto tenemos un ahorro en tiempos totales de un 6.04 % y una reducción notable en la cantidad de actividades como: canteado de la madera, trozado, cepillado, y cortes en la sierra de cinta. Como también se eliminó 6 actividades de transporte que eran empleadas para este fin.

Tabla 4-21 Cursograma analítico conformado mesa tipo V método actual

Cursograma Analítico Operario/Material/Equipo							
Diagrama número. 5	Hoja 1 de 1	Resumen					
Objeto	Actividad	Actual	Propuesta	Economía			
Mesa de centro tipo V	Operación 	17					
	Transporte 	10					
	Espera 	1					
Actividades preparado, cortes, armado	Inspección 	1					
	Almacenamiento 	1					
Método	Actual	Tiempo (min)	412				
Lugar: Muebles Marqueza		Costo de mano de obra	5.73				
Realizado por: Santiago Morales	fecha: 12/06/2014	Costo de materiales	18				
Aprobado por: Ing. Mg Guamanquispe J.	fecha: 12/06/2014	Costo totales	23.73				
Descripción	Cantidad	Distancia (m)	Tiempo (min)	Símbolos			Observaciones
							
Transporte de la materia prima (madera)	1	15	3				A mano
Canteado de madera	1		10				
Transporte de la madera ya canteada al área de corte	1	3	1				
Trozado de madera (sierra circular)	1		3				Diam 15 in
Corte de espesor sierra circular	2		10				Diam 15 in
Transporte de la madera	2	5	2				
Cepillado para obtener un espesor mas uniforme	2	5	7				
Transporte al área de los bancos	2	8	2				
Plantillar	2		15				
Transporte de la madera al área de máquinas	2	7	2				
Realizar corte con la sierra de cinta	6		30				
Colocar disco de lija	1		3				
Transporte de las piezas	6	4	1				
Lijado de piezas en partes convexas	6		12				
Transporte de piezas hasta el rodillo	6	3	1				
Lijado de piezas en partes cóncavas	6		12				
Transporte de piezas al área de trabajo	6	7	1				
Ensamble de piezas	6						
Igualar superficies con cepillo de mano	8		15				Mejor acople
Colado de las superficies	8		10				
Ensamblado de las piezas	2		10				Prensa manual
Espera de secado de pegamento	2		240				Resincola
Transporte de las partes de la mesa	2	8	0.5				
Corte final a medida sierra circular	2		4				Diam 12 in
Lijado final de cantos	4		5				
Transporte de respaldo al área de armado	2	8	0.5				
Lijar superficies con pulidora	4		10				lija # 60
Inspección	2		2				
Almacenaje	1		0				
Total		73	412				

Fuente: Realizado por el autor

Tabla 4-22 Cursograma analítico conformado mesa tipo V método propuesto

Cursograma Analítico Operario/Material/Equipo										
Diagrama número. 6	Hoja 1 de 1	Resumen								
Objeto	Actividad	Actual	Propuesta	Economía						
mesa de centro tipo V	Operación 	17	12	5						
	Transporte 	10	5	5						
	Espera 	1	1	0						
Actividades	Inspección 	1	1	0						
	Almacenamiento 	1	1	0						
preparado, cortes, armado	Distancia (m)	73	40	33						
	Tiempo (min)	412	368.5	43.5						
Método	propuesto	Costo de mano de obra	5.73	4.28	1.45					
Lugar: Muebles Marqueza	Realizado por: Santiago Morales	fecha: 14/06/2014	Costo de materiales	18	16.00					
	Aprobado por: Ing. Mg Guamanquispe J.	fecha: 14/06/2014	Costo totales	23.73	20.28					
					3.45					
Descripción	Cantidad	Distancia (m)	Tiempo (min)	Símbolos					Observaciones	
										
Transporte de la materia prima (triplex y MDF)	1	5	1							A mano
Trazado para posterior corte	1		5							
Transporte de planchas al área de máquinas	1	7	1							
Colocar sierra adecuada (sierra circular)	1	3	1							Diam 10 in
Primer corte de láminas (50x30) cm (sierra circular)	1		30							Diam 10 in
Transporte de las láminas al área de armado	12	7	2							
Limpieza y lijado de láminas para una mejor adherencia	12		12							
Aplicar pegamento en las superficies	20		20							Resincola
Unir láminas para conformado de material compuesto	2		4							
Colocar moldes	4	3	10							
Prensado de las láminas con prensas manuales	2		20							
Espera de secado de pegamento	2		240							
Sacar el respaldo de las prensas	2		6							
Transporte de pieza al área de máquinas	2	7	1							
Canteado de un lado del respaldo	2		4							
Corte final a medida sierra circular	2		6							Diam 10 in
Lijado final de cantos	4		5							
Transporte de respaldo al área de armado	2	8	0.5							
Almacenaje	1		0							
<b>Total</b>		<b>40</b>	<b>368.5</b>							

Fuente: Realizado por el autor

Con los resultados de obtenidos en los cursogramas analíticos para la fabricación de mesa de centro tipo V se pudo demostrar que con el método propuesto tenemos un ahorro en tiempos totales de 10.55 % y una reducción notable en la cantidad de actividades como: canteado de la madera, trozado, plantillado, cepillado, y cortes en la sierra de cinta. Como también se eliminó 5 actividades de transporte que eran empleadas para este fin.

#### 4.6 VERIFICACIÓN DE HIPÓTESIS

Después de haber realizados los ensayos a flexión estática y compresión perpendicular como un referente para el uso del material compuesto y que al ser comparada con la madera sólida se obtuvo valores aceptables representados en la Tabla 4-13.

Otro estudio que se realizó y el que nos permitió llegar hasta la comprobación de la hipótesis es el estudio de tiempos de producción el cual se obtuvo mediante la observación y la toma de datos, los cuales fueron representados en cursogramas analíticos (operario/material/equipo).

Esto ha servido para demostrar de manera cuantitativa y porcentual la reducción de tiempos y costos de producción al comparar el método actual con el método propuesto.

Tabla 4-23 Resumen de actividades respaldo de sillas

Resumen fabricación de respaldo de sillas				
Actividad	Actual	Propuesta	Economía	% ahorro
Operación	16	13	3	18.75
Transporte	10	5	5	50.00
Espera	1	1	0	0.00
Inspección	1	1	0	0.00
Almacenamiento	1	1	0	0.00
Distancia (m)	74	40	34	45.95
Tiempo (min)	422	342	80	18.96
Costo de mano de obra	6.07	3.4	2.67	43.99
Costo de materiales	6	5.88	0.12	2.00
Costo totales	12.07	9.28	2.78	23.12

Fuente: Realizado por el autor

Tabla 4-24 Resumen de actividades mesas de centro tipo U

Resumen fabricación de mesa de centro tipo U				
Actividad	Actual	Propuesta	Economía	% ahorro
Operación	18	14	4	22.22
Transporte	11	5	6	54.55
Espera	2	2	0	0.00
Inspección	1	1	0	0.00
Almacenamiento	1	1	0	0.00
Distancia (m)	73	40	33	45.21
Tiempo (min)	687	645.5	41.5	6.04
Costo de mano de obra	6.9	5.52	1.38	20.00
Costo de materiales	18	16	2	11.11
Costo totales	24.9	21.52	3.38	13.57

Fuente: Realizado por el autor

Tabla 4-25 Resumen de actividades mesa de centro tipo V

Resumen fabricación de mesa de centro tipo V				
Actividad	Actual	Propuesta	Economía	% ahorro
Operación	17	12	5	29.41
Transporte	10	5	5	50.00
Espera	1	1	0	0.00
Inspección	1	1	0	0.00
Almacenamiento	1	1	0	0.00
Distancia (m)	73	40	33	45.21
Tiempo (min)	412	368.5	43.5	10.56
Costo de mano de obra	5.73	4.28	1.45	25.31
Costo de materiales	18	16	2	11.11
Costo totales	23.73	20.28	3.45	14.54

Fuente: Realizado por el autor

Por lo que se comprueba que con el proceso de doblado de material compuesto por láminas de triplex y fibras de densidad media permitió reducir los tiempos de producción de muebles.

#### 4.6.1 VERIFICACIÓN DE LA HIPÓTESIS POR EL MÉTODO T DE STUDENT

Es una distribución de probabilidad que surge del problema de estimar la media de una población normalmente distribuida cuando el tamaño de la muestra es pequeño.

Es aplicada en los casos cuando la población estudiada sigue una distribución normal pero el tamaño muestral es demasiado pequeño como para que el estadístico en el que está basada la inferencia esté normalmente distribuido, utilizándose una estimación de la desviación típica en lugar del valor real.

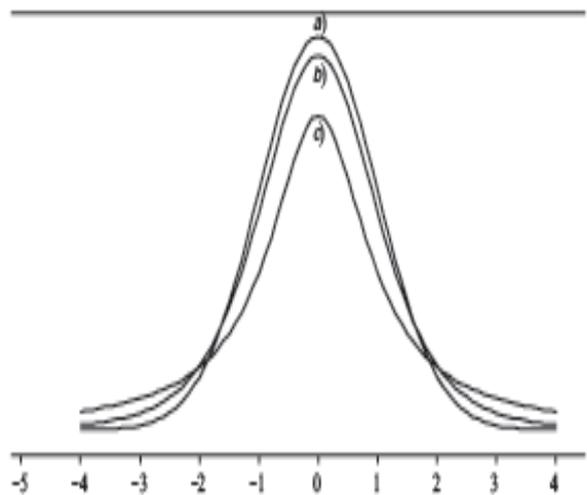


Figura 4-14 a) Curva normal estándar; b) t de student para  $v=5$ ; c) t student para  $v=1$

Fuente: Estadística de Schaum

Para la demostración se toma la hipótesis nula y la hipótesis alternativa de la siguiente manera:

$H_0$ : El estudio del proceso de doblado de material compuesto por láminas de triplex y fibras de densidad media como material alternativo a la madera sólida no permitirá reducir los tiempos de producción de muebles.

$H_A$ : El estudio del proceso de doblado de material compuesto por láminas de triplex y fibras de densidad media como material alternativo a la madera sólida permitirá reducir los tiempos de producción de muebles.

#### 4.6.1.1 Aplicación del método t de student en el estudio de tiempos

Tabla 4-26 Datos de entrada

variable 1	variable 2
100	81.05
100	93.96
100	89.45

Fuente: Realizado por el autor

Tabla 4-27 Resultados de t student

Prueba t para medias de dos muestras emparejadas		
	Variable 1	Variable 2
Media	100	88.153
Varianza	0	42.928
Observaciones	3	3
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	2	
Estadístico t	3.132	
P(T<=t) una cola	0.044	
Valor crítico de t (una cola)	2.920	
P(T<=t) dos colas	0.089	
Valor crítico de t (dos colas)	4.303	

Fuente: Realizado por el autor

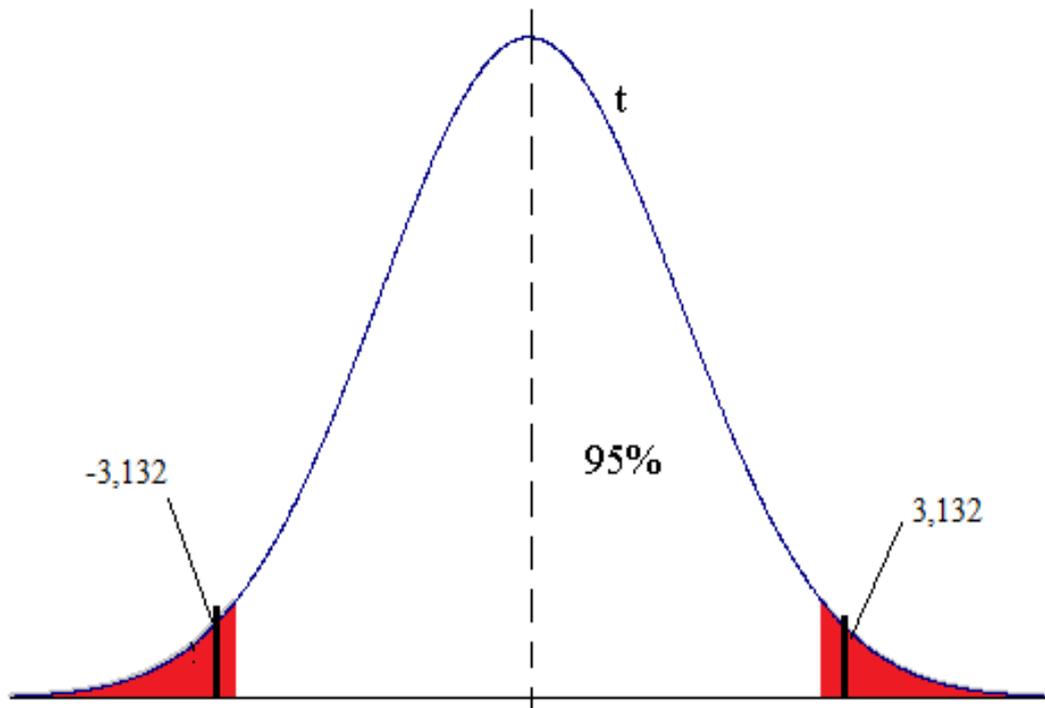


Figura 4-15 Curva de distribución t de student para tiempos de producción

Fuente: Realizado por el autor

Se acepta  $H_0$  si  $t_{PRUEBA} \leq t_{TABLAS}$

Se rechaza  $H_0$  si  $t_{PRUEBA} \geq t_{TABLAS}$

Al analizar los valores en la curva planteada, se observa claramente que:

$$t_{PRUEBA} \geq t_{TABLAS}$$

Por lo que con este análisis se rechaza la hipótesis nula, y para un nivel de significancia del 0.05 se aprecia que las diferencias son significativas por lo tanto los datos obtenidos aprueban que a través de un estudio de doblado de material compuesto se puede reducir los tiempos de producción de muebles.

## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1 CONCLUSIONES

Con los análisis realizados en el capítulo IV se concluye que:

1.- La aplicación de la norma ASTM D-143, para la caracterización de las propiedades mecánicas de la madera es aplicable de igual manera al material compuesto (triplex + MDF), considerando que la composición del material compuesto es en su mayor parte: madera particulada y laminada.

2.- Mediante el estudio del proceso de doblado del material compuesto se determinó que existe una reducción de (422 a 342) minutos que representa el 18,97 % de tiempo de trabajo en la elaboración de respaldos de sillas que al realizarlo con el proceso actual.

3.- Se determinó que para la elaboración de láminas compuestas es indispensable la aplicación de presión para el conformado y compactado de las mismas.

4.- Se determinó que en los ensayos de flexión estática el mejor comportamiento presento la madera sólida que tiene un esfuerzo máximo de flexión de 97,39 MPa, respecto al material compuesto que tiene un esfuerzo máximo de flexión de 48,97 MPa, esto se debe a la configuración de la fibra o grano, en la madera la orientación de las fibras es longitudinal, en cambio la composición del material compuesto es particulado y laminado.

5.- En los ensayos a compresión perpendicular los valores mayores de esfuerzo máximo de compresión fueron del material propuesto 630.74 MPa respecto a los de la madera sólida que fueron de 471.27 Mpa. Esto se debe a que el material compuesto esta previamente sometido a esfuerzos de compresión y altas temperaturas.

6.- Los ensayos escogidos fueron los de flexión y compresión, ya que al tratarse de un material compuesto tipo sándwich, solamente este tipo de ensayos nos permitieron analizar en su totalidad el material.

7.- Los valores obtenidos de las propiedades mecánicas del material compuesto por láminas de triplex y fibras de densidad media son aceptables, por lo que pueden ser usados como material alternativo a la madera sólida para fabricar muebles.

8.- Los tiempos de producción de muebles están determinados principalmente por las actividades realizadas, en el caso de fabricación con madera sólida existen 3 actividades de preparación previa de la madera que se eliminaría con el proceso propuesto como son: el canteado, cortes, cepillado.

9.- Se determinó que al utilizar madera sólida existe mayor cantidad de desperdicio de material.

10.- El uso de materiales prefabricados como el triplex y MDF son de gran ayuda para la reducción de tiempos de producción, y además permite una mejor utilización de los recursos naturales por las plantaciones renovables utilizadas para la fabricación de los mismos.

11.- La calidad superficial del material compuesto es mucho mejor en cuanto a una menor porosidad de las superficies, y a una menor presencia de fisuras y nudos.

12.- El tiempo de secado de la madera al aire libre es de (150-360) días por las condiciones climáticas que debe enfrentar, el secado en cámaras de convección es de 30 días a 80 °C, con el uso del material propuesto se eliminarían por completo estos tiempos por ser un producto listo para trabajar.

13.- Se determinó que el pegamento que presentó mejor comportamiento al ensayo de resistencia en agua sin despegarse fue Resincola con 86 horas.

14.- Para determinar la fuerza máxima requerida, se tomaron valores de carga utilizando 3 radios de curvatura y variando diferentes espesores  $F_{\text{máx}} = 7056 \text{ N}$

## **5.2 RECOMENDACIONES**

1.- Se recomienda que las probetas a ensayar se las realice con la mayor precisión dentro de las tolerancias especificadas en la norma.

2.- Los instrumentos a ser utilizados deben estar en perfecto estado y muy bien calibrados.

3.- la toma de datos de tiempos debe realizarse con la mayor precisión posible para ello se debe considerar cada actividad por separado y no al proceso completo como un todo.

4.- Analizar con mayor énfasis otras alternativas para la reducción de tiempos de producción de muebles como aplicar el sistema japonés 9S.

5.- Incentivar a las nuevas generaciones de nuestra facultad a profundizar sus conocimientos sobre los trabajos en madera, como innovación de la maquinaria, mejorando procesos, o con el uso de nuevos productos en esta industria, porque es un campo que va creciendo con fuerza en nuestra provincia.

## **CAPÍTULO VI**

### **PROPUESTA**

#### **DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA PRENSA DOBLADORA QUE PERMITA EL DOBLEZ Y CONFORMADO DEL MATERIAL COMPUESTO POR LÁMINAS DE TRIPLEX Y FIBRAS DE DENSIDAD MEDIA**

##### **6.1 DATOS INFORMATIVOS**

Las prensas son máquinas herramientas cuya función es deformar y compactar materiales mediante la aplicación de presión.

Este tipo de máquina es utilizada para la mayoría de las operaciones de trabajo en frío y ciertos casos en caliente, consiste de un bastidor que sostiene una bancada y un actuador, una fuente de potencia, y un mecanismo para mover el actuador.

En el caso de una prensa dobladora, esta debe estar equipada con matrices o punzones diseñados para ciertas operaciones específicas. La mayoría de operaciones de formado, doblado, punzonado, embutido y cizallado, se pueden efectuar en cualquier prensa normal.

Las prensas tienen capacidad para la producción rápida, puesto que el tiempo de operación es solamente el que necesita para una carrera del actuador, más el tiempo necesario para alimentar el material. Por consiguiente se pueden conservar bajos costos de producción, otra característica principal es su adaptabilidad especial para los métodos de producción en masa, como lo evidencia su amplia aplicación a nivel mundial en la manufactura de piezas para automóviles, aviones, artículos de ferretería, muebles, juguetes y utensilios de cocina. (Avallone, 1995)

## **6.2 ANTECEDENTES A LA PROPUESTA**

Hoy en la actualidad existe una tendencia a nivel mundial para la utilización de materiales contrachapados o prefabricados de madera como el triplex, MDF, aglomerados, melaminas, entre otros para la fabricación de tableros, divisiones, puertas y como parte de muebles.

Esto se debe a que el uso de este tipo de materiales permite menor desperdicio y menor tiempo de maquinado, destacando que las industrias para la fabricación de los mismos utilizan en su mayor parte bosques permutables o renovables predestinados para este fin, reduciendo así el impacto ambiental.

Sin embargo en nuestro medio, la utilización de estos materiales está limitada solo para partes rectas por lo que necesariamente se requiere el empleo de madera sólida para secciones curvadas, debido a la falta de maquinaria requerida para el doblado de materiales compuestos.

## **6.3 JUSTIFICACIÓN**

El diseño de una prensa dobladora para materiales compuestos fue esencial ya que de esta manera la mueblería Marqueza puede tener mayor eficiencia en el uso de sus recursos generando un menor desperdicio de material, también un ahorro energético en cuanto al uso de máquinas de corte y preparación de madera, otro aspecto es la reducción notable de las actividades, con esto se logra una mayor competitividad.

En la parte de innovación se puede decir que la implementación de la prensa permitirá la fabricación de muebles de una manera más rápida y económica puesto que todo lo mencionado anteriormente como ahorro involucran una reducción de costos y tiempos de producción.

Otro aspecto a mencionar es que con la propuesta dada para este estudio se puede brindar a la colectividad un cambio en los procesos con la utilización de maquinaria eficiente y a un precio accesible. Cabe recalcar que máquina antes mencionada es factible construirla ya que los materiales e implementos a utilizar son comerciales y de fácil adquisición.

## **6.4 OBJETIVOS**

### **6.4.1 OBJETIVO GENERAL**

Diseñar y construir una prensa que permita el curvar el material compuesto por láminas de triplex y fibras de densidad media.

### **6.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Entre los objetivos específicos se pueden mencionar los siguientes:

- Determinar los parámetros que influyen en el diseño.
- Seleccionar el tipo de prensa adecuada para el estudio.
- Diseñar cada uno de los elementos de la máquina.
- Construir y verificar el funcionamiento.

## **6.5 ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD**

Se determina que la elaboración de la propuesta es factible de realizarse, ya que se cuenta con bibliografía necesaria como guía para el diseño, también se cuenta con el recurso humano, y los materiales e instrumentos para la construcción son de fácil adquisición en el mercado.

Para la estructura de la máquina es necesaria la selección rigurosa, de perfiles, planchas, ángulos, ejes y electrodos, para la configuración de la misma.

En esta investigación es importante analizar la posible rentabilidad del proyecto y sobre todo si es viable o no, ya que al implementar el proceso de prensado se va invertir un capital y se espera obtener una rentabilidad a lo largo del tiempo.

Los parámetros que se usan para calcular la viabilidad del proyecto son el **VAN** (Valor Actual Neto) y el **TIR** (Tasa Interna de Retorno). La información obtenida será en términos de rentabilidad del proyecto y el tiempo que se tarda en recuperar la inversión, en la tabla 6-1 se muestra la valoración del VAN y la posible decisión a tomar.

Tabla 6-1 Valor actual neto

Valor	Significado	Decisión a tomar
$VAN > 0$	La inversión produciría ganancias por encima de la rentabilidad exigida	El proyecto puede aceptarse
$VAN < 0$	La inversión produciría pérdidas por debajo de la rentabilidad exigida	El proyecto debería rechazarse
$VAN = 0$	La inversión no produciría ni ganancias ni pérdidas	Dado que el proyecto no agrega valor monetario por encima de la rentabilidad exigida, la decisión debería basarse en otros criterios, como la obtención de un mejor posicionamiento en el mercado u otros factores.

Fuente: Principios de finanzas corporativas

## 6.6 FUNDAMENTACIÓN

### 6.6.1 DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS DE DISEÑO

#### 6.6.1.1 Selección de tipos de prensa

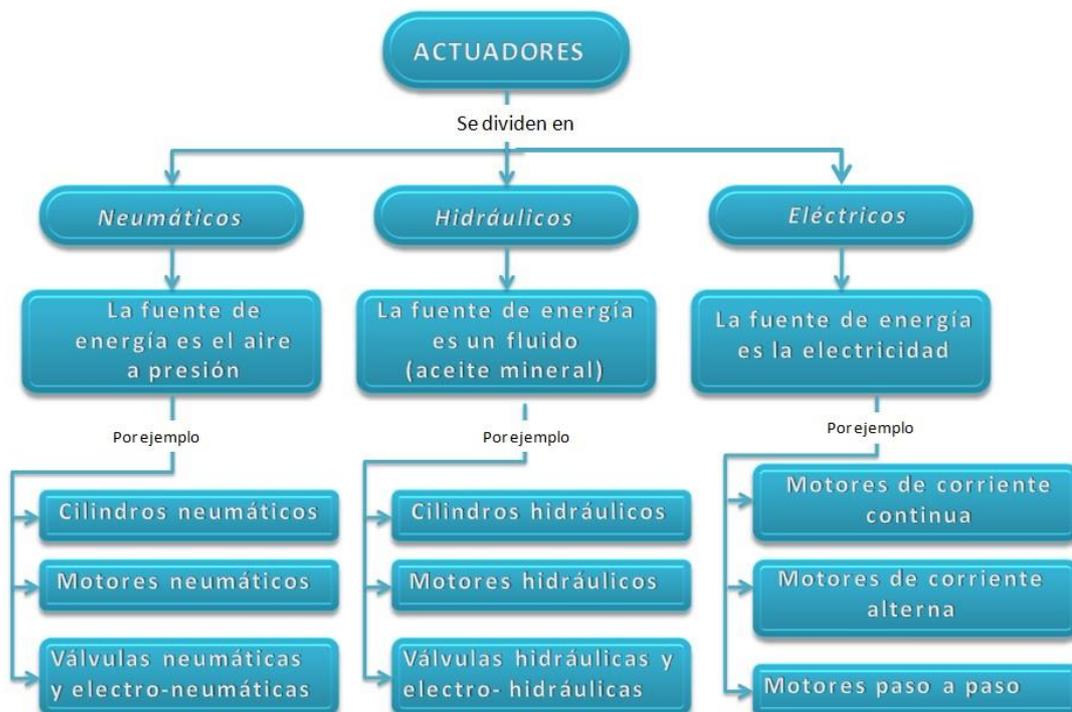


Figura 6-1 Clasificación según el tipo de actuador

Fuente: Mundo robótica sistemas y actuadores

## **Prensas hidráulicas**

Este tipo de prensas son de gran utilidad debido a su rapidez, confiabilidad y para grandes presiones que van desde 5 a 30 toneladas, aunque en ocasiones llegan a construirse de 100 a 200 toneladas de acuerdo a las necesidades.

El principio de la prensa hidráulica es la de un vaso comunicante, estos vasos comunicantes son impulsados por diferentes pistones, que mediante pequeñas fuerzas, permite alcanzar fuerzas mayores, los pistones son denominados pistones de agua, ya que son del tipo hidráulico, el fluido de trabajo es oleo hidráulico el mismo que debe ser de poca resistencia al flujo y lo más incomprensible posible.



Figura 6-2 Prensa hidráulica

## **Prensas neumáticas**

Este tipo de prensas generalmente es utilizado para trabajos puntuales de que requieran poca presión este tipo de sistemas se limitan a 3 Ton, son de gran utilidad para trabajos que requieran de higiene y de gran precisión como es en la industria farmacéutica y alimenticia. El fluido de trabajo es el aire neumático que debe ser eminentemente seco y libre de agentes agresivos y contaminantes.



Figura 6-3 Prensa neumática

### **Prensas eléctrica**

El funcionamiento de este tipo de prensa es el siguiente, el motor le aporta a la prensa una fuerza motriz que hace mover unas ruedas dentadas a partir de un árbol de transmisión, estas ruedas reducen el movimiento, en los ejes de las ruedas dentadas están sujetos los tornillos sin fin los cuales rotan produciendo el movimiento de la mesa móvil.



Figura 6-4 Prensa eléctrica

Tabla 6-2 Ventajas y desventajas entre los tipos de prensas

Tipo de actuador	Ventajas	Desventajas
Neumático	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bajo costo entre \$(1000-1500)</li> <li>• Velocidad (1.5)m/s Anexo M-6</li> <li>• Sencillo</li> <li>• Carga 3 Ton.</li> <li>• Presión 6 bar o 90 psi (Anexo M-5)</li> <li>• Menor mantenimiento</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Requerimiento de instalaciones especiales (compresores, líneas de alimentación, unidades FRL)</li> <li>• Ruidosos</li> </ul>
Hidráulico	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rapidez (0.5)m/s Anexo M-6</li> <li>• Alta capacidad de carga (5-200) Ton.</li> <li>• Presentan estabilidad frente a cargas eléctricas</li> <li>• Presión 260 bar, o 3770psi (Anexo M-2)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Requieren instalaciones especiales (instalación eléctrica, tanque de aceite, unidades de mantenimiento)</li> <li>• Son de difícil mantenimiento (cambio del fluido hidráulico)</li> <li>• Poco económicos \$(2000-3000) (Anexo M-1)</li> </ul>
Eléctrico	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Precisos y fiables</li> <li>• Silenciosos</li> <li>• Fácil instalación</li> <li>• Velocidades bajas</li> <li>• Ahorro de energía</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Costo de adquisición superiores al neumático e hidráulico (anexo M-3)</li> <li>• Potencia limitada hasta 10 Ton.</li> </ul>

Fuente: Realizado por el autor

### 6.6.1.2 Selección del sistema de prensado

Para la selección del tipo de prensa requerida se utilizó la matriz de ponderación mostrada en la tabla 6-2 en la cual se analiza criterios técnicos, de funcionamiento, rendimiento y la parte constructiva de cada alternativa, otro factor es la operabilidad, como también es necesario incluir el factor económico para el costo de inversión del equipo.

Ya conocidos los parámetros de ponderación y todas las características de cada una de las alternativas se realizó la calificación correspondiente.

Tabla 6-2 Valoración

Valoración	Presión	Funcionalidad	Rendimiento	Operacionalidad	Costo
1	Baja	Mala	Bajo	Malo	Alto
2	Moderada	Buena	Moderado	Bueno	Moderado
3	Alta	Excelente	Alto	Excelente	Bajo

Fuente: El autor

Tabla 6-3 Selección del tipo de prensa

Parámetros	Alternativas		
	Prensa Hidráulica	Prensa Neumática	Prensa eléctrica
Presión requerida	3	1	1
Funcionalidad	3	3	3
Rendimiento	2	2	2
Operacionalidad	2	2	2
Costo de construcción	2	3	1
Total	12	11	9

Fuente: El autor

Mediante la ponderación evaluada en la tabla anterior la mejor alternativa para el prensado es la prensa hidráulica con 12 puntos de valoración.

## 6.6.2 FUNCIONAMIENTO DE LA MÁQUINA

### 6.6.3 FUERZA REQUERIDA

Para calcular la presión requerida para el diseño, se utilizó la carga máxima obtenida en los ensayos tabla 4-16 calculada mediante:

$$P = \frac{F1}{A} \quad \text{Ecuación 6-1}$$

En la cual la fuerza máxima es de 7056 N

Las dimensiones de las probetas fueron (0,25x 0,08)m

Con esto el área a considerar es de 0,02 m<sup>2</sup>

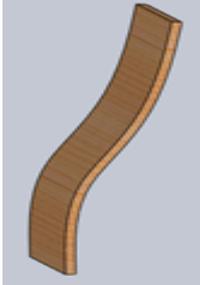
Entonces:

$$P1 = 352,8 \text{ KPa}$$

$$P1 = 3,597 \text{ Kg/cm}^2$$

Ahora con esta presión P1 calculamos la fuerza requerida en diversos muebles fabricados por la Mueblería Marquesa, a continuación se citan las áreas máximas de dobléz.

Tabla 6-4 Áreas máximas de dobles

Parte de Mueble	Dimensiones (m)	Área de dobles (m <sup>2</sup> )	Gráfica
Silla	1,1 x 0,35	0,385	
Mesa tipo U	0,8 x 0,40	0,32	
Mesa tipo V	0,70 x 0,40	0,0,28	

Fuente: Realizado por el autor

Entonces la fuerza requerida fue calculada con la máxima área de dobles, y la presión ya conocida de 352,8 KPa, mediante:

$$F = P1 \cdot A$$

$$F = 135,8 \text{ KN}$$

$$F = 13860 \text{ Kgf}$$

### 6.6.3.1 Cilindro hidráulico

Parámetros para la selección del cilindro

Tabla 6-5 Parámetros técnicos

Parámetros	Dimensión
Fuerza máxima	135,8 KN
Carrera máxima	500 mm

Fuente: Realizado por el autor

Mediante la tabla del anexo F en la figura F-1 se pudo seleccionar un cilindro con las siguientes características:

Norma ISO 6020/2 - 1991 DIN24554

Presión mínima: 15 bars

Presión nominal: 160 bars

Temperatura de fluido -20°C + 80°C

Fluido: Aceite mineral

Presión de prueba: 240 bars

Tolerancia para carrera: 0 + 2 mm Norma ISO 8131

Carrera máxima: 4000 mm

Ø Camisa - Pistón (mm):160mm

Ø Vástago: 100mm

Para determinar la serie del cilindro se utilizó la figura F-2 la cual nos da el siguiente código CD 45/70 D D 0500 N M SM 0 A 01.

### 6.6.3.2 Presión requerida

Sin tener en cuenta las pérdidas de presión por accesorios y con el área efectiva en el embolo del pistón de diámetro 0,106 m  $A_e = 0,00825m^2$ , entonces la presión necesaria en la entrada del pistón sería:

$$P = \frac{F}{A_e}$$

$$P = \frac{135800 \text{ N}}{0,00825m^2}$$

$$P = 15388,5 \text{ KPa}$$

$$P = 153 \text{ bar}$$

Perdidas por accesorios consideraremos un 5%.

$$P = 160 \text{ bar}$$

$$P = 2231,9 \text{ Psi}$$

Con esto se demuestra que el cilindro elegido es adecuado para la aplicación ya que la presión nominal de trabajo similar a la requerida.

## 6.6.4 SISTEMA HIDRÁULICO

### 6.6.4.1 Velocidad

$$v = \frac{L}{t} \quad \text{Ecuación 6-2}$$

Donde

L = carrera del vástago [m]

T = tiempo

$$v = \frac{0,50 \text{ m}}{20 \text{ s}}$$

$$v = 0,025 \text{ m/s}$$

$$v = 2,5 \text{ cm/s}$$

### 6.6.4.2 Caudal requerido

Con la velocidad media requerida y la del desplazamiento de salida del vástago que consume mayor caudal por ser la mayor área, calculamos el caudal que debe proporcionar la bomba.

$$Q = v \cdot A \quad \text{Ecuación 6-3}$$

$$Q = 0,025 \cdot (0,00825)$$

$$Q = 2.0625 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q = 12,37 \text{ l/min}$$

### 6.6.4.3 Selección de la bomba

Con los datos obtenidos procedemos a seleccionar la bomba del Anexo H en la tabla H-1, en la cual nos da una bomba de serie OT 200 P25 que trabaja a una presión máxima de 170 bar y a un caudal de 20 l/min.

### 6.6.4.4 Calculo de la potencia del motor

$$H = \frac{P \cdot Q}{n} \quad \text{Ecuación 6-4}$$

$$H = \frac{153 \times 10^5 \cdot 2,0625 \times 10^{-4}}{n}$$

$$H = \frac{3155,625}{0,83}$$

$$H = 3801,96 \text{ W}$$

$$H = 5,1 \text{ Hp}$$

Donde:

Q = Caudal

P = Presión

n = Eficiencia del motor

H = Potencia del motor

El motor es un motor 5.5CV-112M-4B5 4KW de potencia con las características que se muestran en el Anexo H figura H-4

Con la selección anterior recalculamos la eficiencia  $n_{\text{motor}}$

Entonces;

$$H_{\text{motor}} = \frac{H_{\text{req}}}{n_{\text{motor}}} \quad \text{Ecuación 6-5}$$

$$n_{\text{motor}} = 0,95$$

#### 6.6.4.5 Selección de la válvula de control

Para la selección de la válvula de control direccional se utilizó la figura F-3 la cual nos da parámetros para determinar el código de la válvula en este caso es ARON AD 3 L 15 EZ 004

#### 6.6.4.6 Selección de manguera

$$\text{Factor de seguridad} = \frac{\text{Presión de ruptura}}{\text{Presión de funcionamiento}}$$

Tabla 6-6 Factores de seguridad

Factor de seguridad	Presión de funcionamiento Kg/cm <sup>2</sup>
6	Menos de 70
4	70 a 170
2	Más de 170

Fuente: Guía de módulo neumática y oleohidráulica (Cabrera Anda, 2010, p. 55)

Como la presión de trabajo es 160bares o 163,15 kgf/cm<sup>2</sup> entonces la presión de ruptura será:

$$\text{Presión de ruptura} = 160 * 4$$

$$\text{Presión de ruptura} = 640 \text{ bares}$$

$$\text{Presión de ruptura} = 9280 \text{ Psi}$$

Para la selección de mangueras flexibles utilizamos el Anexo G, figura G-1 para determinar sus dimensiones:

La manguera seleccionada es una SAE 100 R1AT de diámetro interior: 1/2 pulg (12,7 mm) que satisface tanto la presión de trabajo como la de ruptura.

Para la selección de los demás elementos del sistema hidráulico como: acoples, manómetros, tanque de almacenamiento de aceite, entre otros elementos, se utilizó la presión de funcionamiento.

### 6.6.5 DISEÑO DEL CIRCUITO HIDRÁULICO

Un circuito hidráulico cuentan básicamente de las siguientes partes:

- Motor eléctrico
- Bomba
- Válvulas de control direccional
- Mangueras de presión
- Manómetro
- Actuador lineal
- Accesorios
- Aceite mineral
- Tanque de almacenamiento

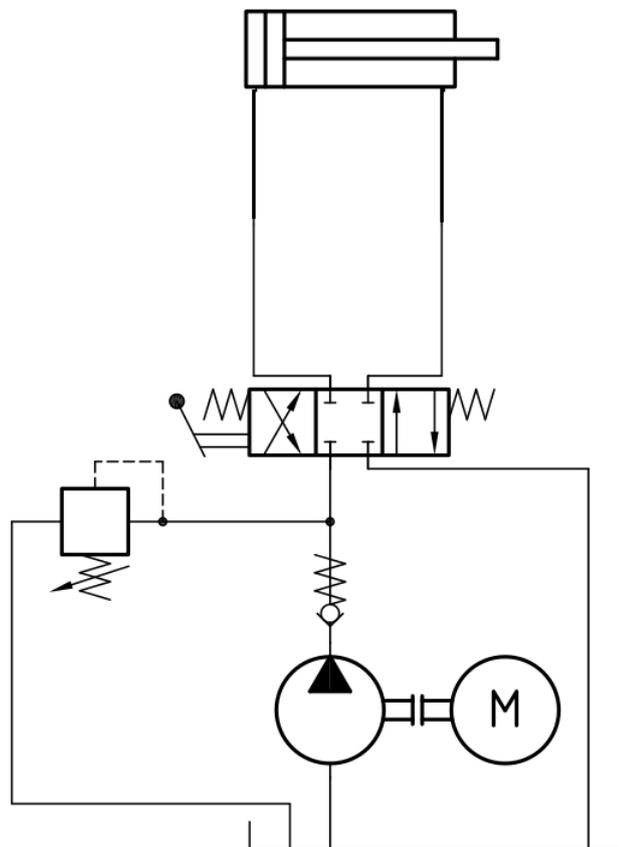


Figura 6-5 Esquema hidráulico

Fuente: Realizado por el autor

## 6.6.6 CÁLCULO DE LA ESTRUCTURA

La prensa consta de los siguientes elementos

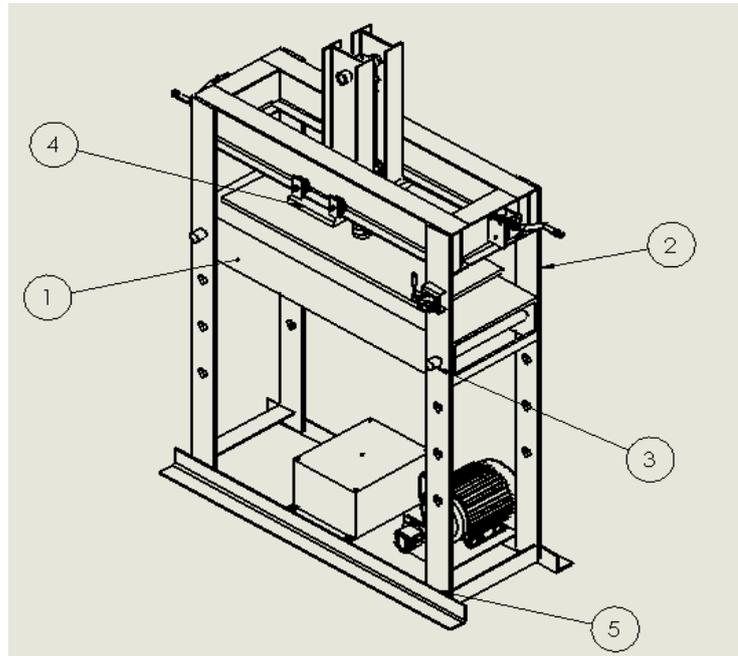


Figura 6-6 Esquema de la prensa

Fuente: Realizado por el autor

## 6.6.7 DISEÑO DE ELEMENTOS

### 6.6.7.1 Diseño elemento 1 (viga)

para el cálculo de la mesa, a esta se considerara como un perfil C con las medidas que se muestran en la figura.

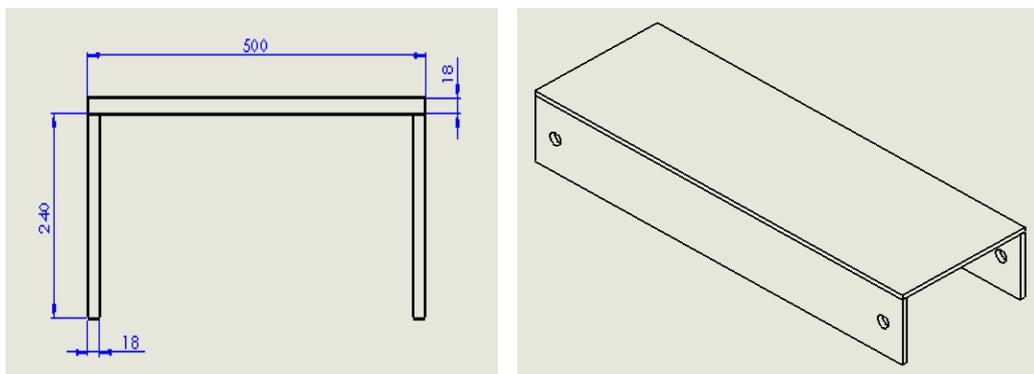
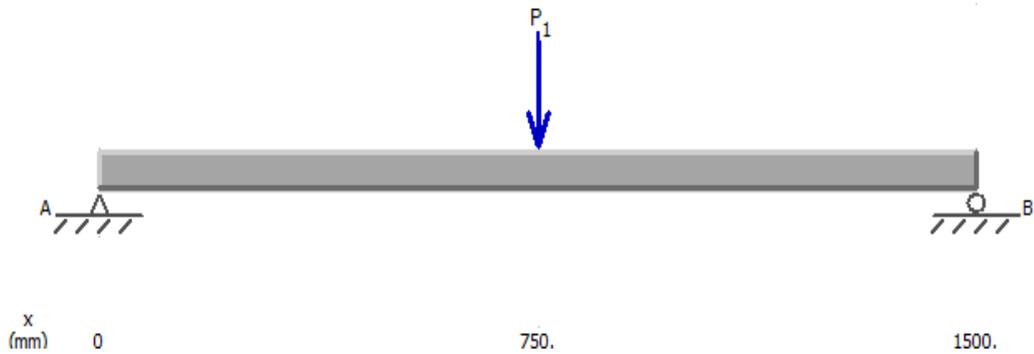


Figura 6-7 Mesa

Fuente: Realizado por el autor

Para los cálculos se tomara como una viga simplemente apoyada con una carga puntual en el centro por ser la situación más crítica.



Las reacciones en A y B, determinamos mediante:

$$\uparrow \Sigma F_v = 0$$

$$R_A + R_B = F$$

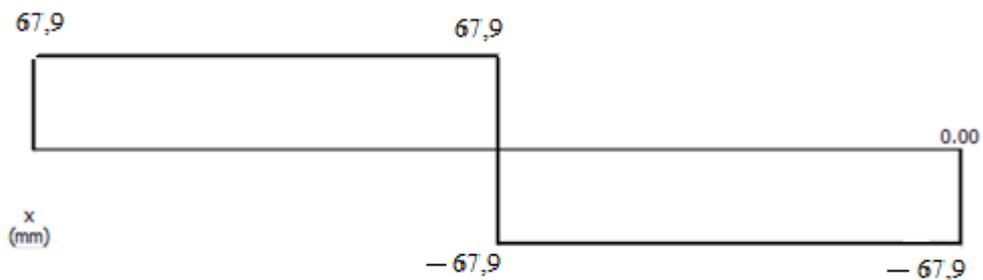
$$\curvearrow \Sigma M_A = 0$$

$$F \cdot \frac{L}{2} - R_B \cdot L = 0$$

La fuerza que soportara la mesa 135,8 KN

Donde la reacción  $R_A$ , es igual a:

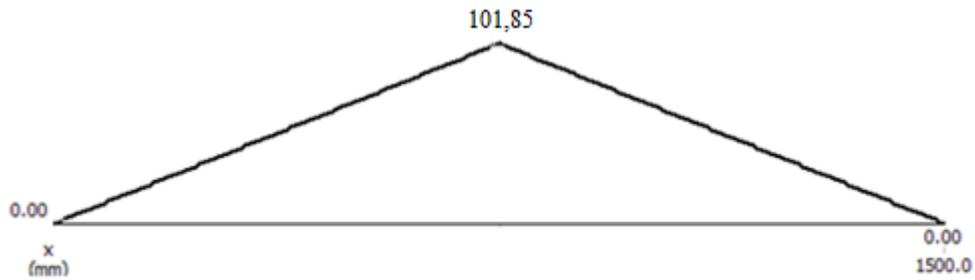
$$R_A = R_B = \frac{F}{2} = \frac{135,8}{2} = 67,9 \text{ KN}$$



$$M_1 = \frac{F \cdot L}{2} = \frac{135,8 \cdot 1,5}{2}$$

$$M_1 = 101,85 \text{ KN} \cdot \text{m}$$

$$M_1 = \frac{F \cdot L}{2} - \frac{F \cdot L}{2} = 0$$



El esfuerzo por flexión calculamos mediante:

$$\sigma = \frac{Mc}{I}$$

Donde:

M: momento flector máximo [N/m].

c: distancia máxima al eje neutro [m].

I: momento de inercia [m<sup>4</sup>].

$$c=185,81\text{mm}$$

Momento de inercia

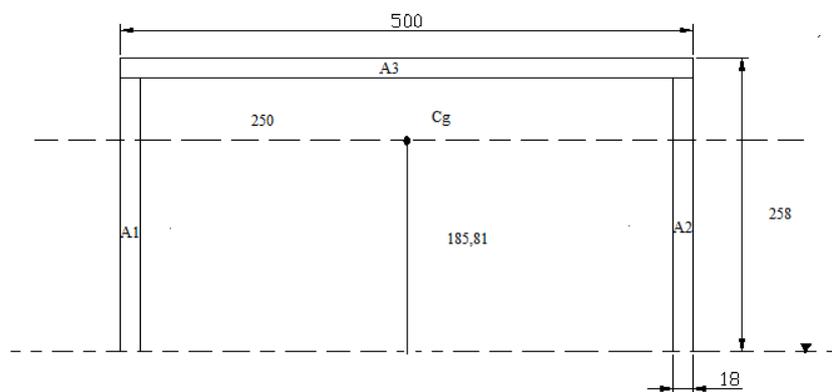


Figura 6-8 Sección para el cálculo de inercia

Fuente: Realizado por el autor

$$I_{xx} = \sum I_{cgxx} + \sum dy^2 \cdot A$$

Ecuación 6-6

Tabla 6-7 Cálculo del centro de gravedad

Elemento	A (mm <sup>2</sup> )	x (mm)	y (mm)	A.x	A.y
1	4320	9	120	38880	518400
2	4320	491	120	2121120	518400
3	9000	250	249	2250000	2241000
sumatoria	17640	750	489	4410000	3277800
<b>Xg</b>	<b>250</b>				
<b>Yg</b>	<b>185.816327</b>				

Fuente: Realizado por el autor

Tabla 6-8 Cálculo de la inercia del perfil C

Elemento	Ixx	y	A.Y <sup>2</sup>	Ixx+A.Y <sup>2</sup>
1	20736000	65.816327	18713328	39449328
2	20736000	65.816327	18713328	39449328
3	243000	62.183673	34801283	35044283
Sumatoria	41715000	193.816	72227939	113942939
			<b>Ixx total</b>	<b>0.00011394 m<sup>4</sup></b>

Fuente: Realizado por el autor

$$\sigma = \frac{Mc}{I} = \frac{101,85 \text{ N} \cdot \text{m} \cdot 0,1858 \text{ m}}{0,00011394 \text{ m}^4}$$

$$\sigma = 166,08 \text{ MPa}$$

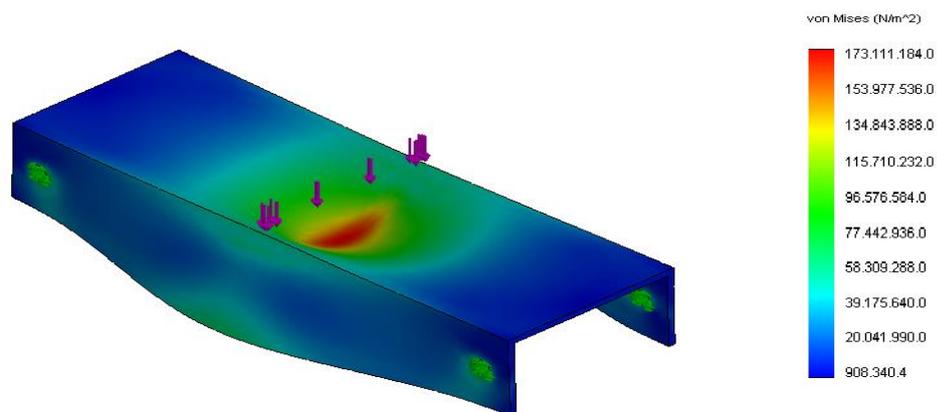


Figura 6-9 Esfuerzo von mises

Fuente: Realizado por el autor

Con el esfuerzo máximo calculado y el  $S_y$  del material ASTM A36 del Anexo K tabla K-2 calculamos el factor de seguridad

$$n = \frac{S_y}{\sigma_{\max}}$$

Donde

$n$ : factor de seguridad.

$S_y$ : resistencia a la fluencia = 36Kpsi o 248,21MPa.

$$n = \frac{248,21 \text{ MPa}}{166,08 \text{ MPa}}$$

$$n = 1,49$$

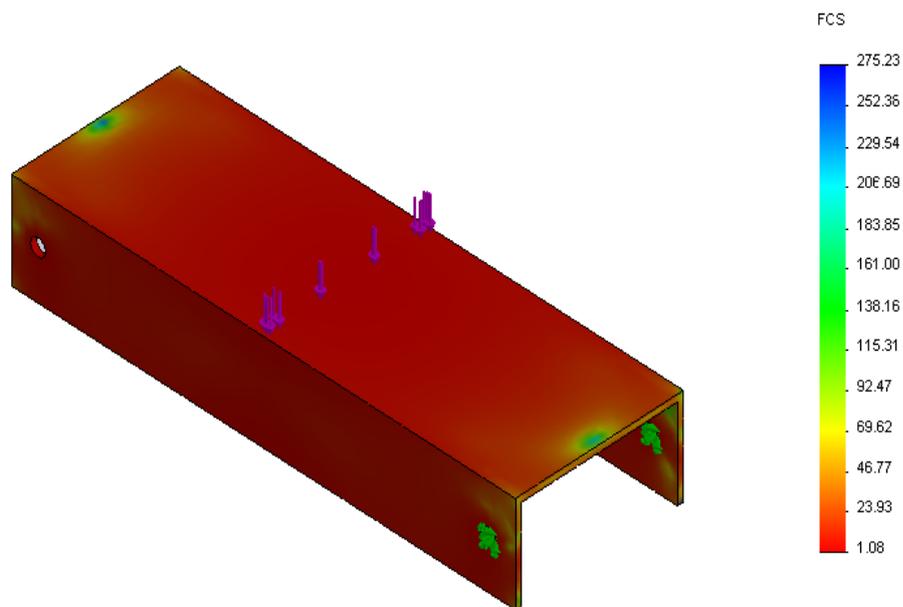


Figura 6-10 Factor de seguridad

Fuente: Realizado por el autor

Ya que el factor de seguridad es  $>1$  se aceptan las dimensiones propuestas

#### 6.6.7.2 Diseño elemento 2 (columna)

Para seleccionar las columnas, la carga total se divide para cuatro, debido a que son cuatro columnas las que están soportando las cargas.

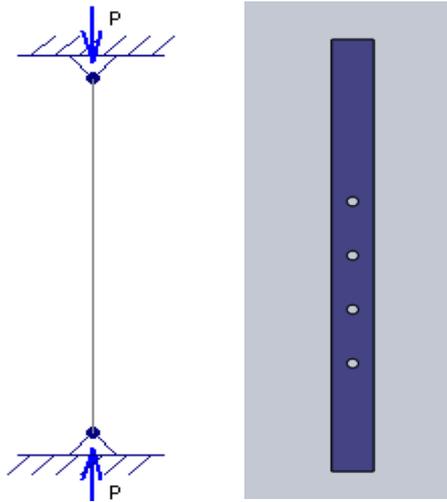


Figura 6-11 Columna de la prensa

Fuente: Realizado por el autor

$$F = 135,8 \text{ KN}/4$$

$$F = 33,95 \text{ KN}$$

Datos del perfil

$$\text{Perfil rectangular } 130 \times 15 \left\{ \begin{array}{l} A_g = 19,5 \text{ cm}^2 = 3,02 \text{ pulg}^2 \\ I_x = 6,59 \text{ plg}^4 \\ I_y = 0,087 \text{ plg}^4 \end{array} \right.$$

Calculamos  $r_x$

Donde:

$I$  = Inercia de la sección

$A$  = Área

$(K.L)/r$  = Relación de esbeltez

$F_a$  = Factor de esbeltez del manual ASD (KPsi)

$$r = \sqrt{\frac{I}{A}}$$

Ecuación 6-7

$$r_x = \sqrt{\frac{6,59}{3,02}}$$

$$r_x = 1,4771 \text{ plg}$$

$$r_y = \sqrt{\frac{0,087}{3,02}}$$

$$r_y = 0,1697 \text{ plg}$$

K = 0,80 Anexo K figura K-1

La altura crítica donde se aplicara la carga es a 1550mm o 61 pulg

Como es evidente que  $(Kl/r)_y > (Kl/r)_x$ , por que rige

$$\left[ \frac{KL}{r} \right]_y = \frac{(0,50) \cdot 61}{0,1697} = 179,72$$

Fa = 4,61 ksi del manual ASD Anexo K, tabla K-4

$$P = Fa \cdot A = 4,61 \cdot 3,02$$

$$P = 13.92 \text{ Klbf}$$

$$P = 62.01 \text{ KN}$$

P permisible 62.02 > 33,95 P requerida (es aceptable)

$$n = \frac{66,02}{33,95}$$

$$n = 1,94$$

### 6.6.7.3 Diseño elemento 3 (elementos de conexión)

Para el dimensionamiento del pasador nos basamos en la carga que soportaran los pasadores entre la mesa y las columnas, en la que se analiza la tensión tangencial en el pasador y la tensión de aplastamiento entre pasador y columna.

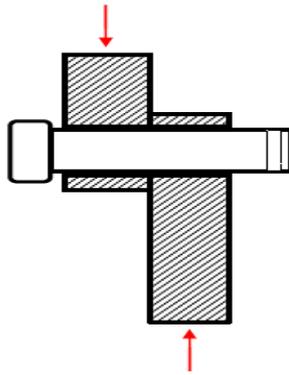


Figura 6-12 Pasador entre columna y viga

Fuente: Realizada por el autor

### Tensión tangencial en el pasador de la mesa

$$\tau_{\text{pas}} = \frac{F/4}{\pi d^2/4}$$

Donde:

F = Fuerza

d = Diámetro del pasador

n = factor de seguridad

Para el pasador se tomó un diámetro de 45 mm por tratarse de eje de carro reciclado de 48 mm y el maquinado de este material tipo de acero es muy costoso.

Y una carga de aplastamiento de 135,8 KN.

Reemplazando valores tenemos

$$\tau_{\text{pas}} = 21,346 \text{ MPa}$$

Ahora calculamos el factor de seguridad considerando las propiedades del pasador tomamos de un acero AISI 4340, Anexo K, tabla K-3.

$$n = \frac{S_{sy}}{\tau}$$

$$n = 38,64$$

### **Tensión de aplastamiento entre columna y el pasador**

$$\sigma_b = \frac{F/4}{td}$$

El área de aplastamiento es igual al espesor de la columna por el diámetro del pasador.

$$\sigma_b = \frac{135800/4}{(0,016 \text{ m})(0,045 \text{ m})}$$

$$\sigma_b = 47,15 \text{ MPa}$$

Considerando las propiedades mecánicas del acero AISI 4340 calculamos el factor de seguridad.

$$n = 17,497$$

### **Tensión de aplastamiento entre mesa y el pasador**

$$\sigma_b = \frac{F/4}{td}$$

El área de aplastamiento es igual al espesor de la columna por el diámetro del pasador.

$$\sigma_b = \frac{135800/4}{(0,018 \text{ m})(0,045 \text{ m})}$$

$$\sigma_b = 41,91 \text{ MPa}$$

Considerando las propiedades mecánicas del acero AISI 4340 calculamos el factor de seguridad.

$$n = 19,685$$

#### **6.6.7.4 Diseño elemento 4 (placa de soporte del pistón)**

Para el diseño de la placa soporte del cilindro consideramos una fuerza ejercida por el cilindro de 135,8 N, las cuales estarán soportadas en los dos perfiles como se muestra en la figura.

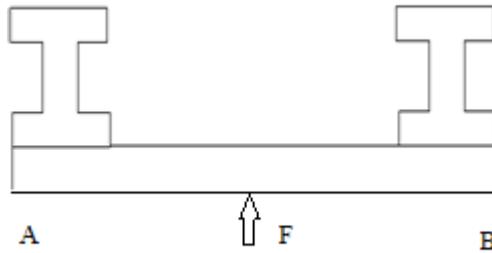
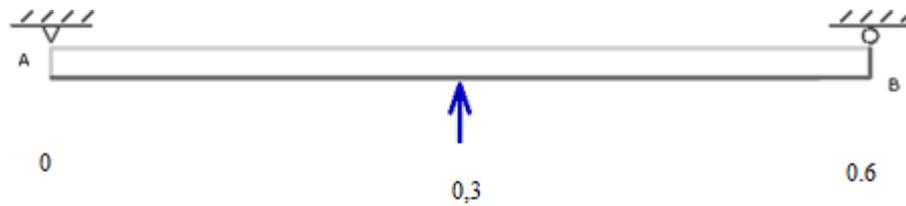


Figura 6-13 Placa de soporte del cilindro

Fuente: Realizada por el autor

Para el cálculo inicialmente nos imponemos las dimensiones de la placa soporte de 30 mm x 270 mm x 600 mm.

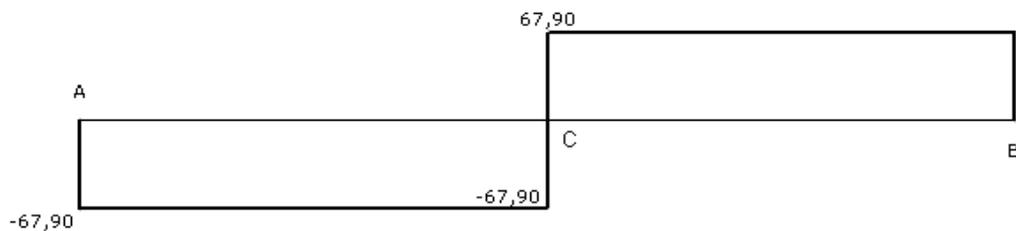


Las reacciones A y B determinamos mediante:

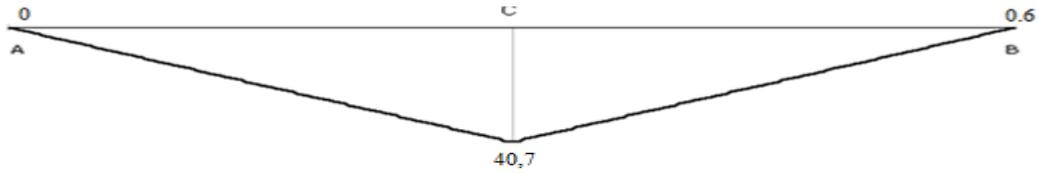
$$R_A + R_B = 135,8 \text{ KN}$$

La carga aplicada está ubicada a la mitad de la placa de soporte con la cual la reacción en A y B es igual a:

$$R_A = R_B = 67,9 \text{ KN}$$



Con la cual determinamos en momento máximo.



El momento máximo es 40,74 KNm.

Ahora calculamos el esfuerzo máximo ejercido sobre la placa soporte mediante la ecuación:

$$\sigma = \frac{Mc}{I}$$

El momento de inercia de la placa soporte calculamos mediante:

$$I = \frac{b * h^3}{12}$$

$$I = 0,000049 \text{ m}^4$$

Entonces el esfuerzo máximo será:

$$\sigma = 12,471 \text{ MPa}$$

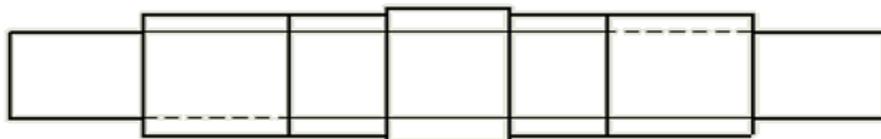
Considerando las propiedades de la placa soporte Acero ASTM A36, calculamos el factor de seguridad

$$n = \frac{S_y}{\sigma_{\max}}$$

$$n = \frac{248,21 \text{ MPa}}{12,471 \text{ MPa}}$$

$$n = 19,9$$

### Tensión tangencial en el pasador del pistón (Elemento 6)



### **Tensión tangencial en el pasador del pistón**

$$\tau_{pas} = \frac{F}{\pi d^2/4}$$

Para el pasador asumimos un diámetro de 40 mm ya que la fijación del pistón es una chamela rotula (MP5) con diámetro interno 40 mm y una carga de aplastamiento de 135,8 KN.

Reemplazando valores tenemos

$$\tau_{pas} = 108,12 \text{ MPa}$$

Ahora calculamos el factor de seguridad considerando las propiedades del pasador tomamos de un acero ASI 4340, Anexo K, tabla K-3.

$$n = \frac{S_{sy}}{\tau}$$

$$n = 7,61$$

### **Tensión de aplastamiento entre bocín y el pasador del pistón**

$$\sigma_b = \frac{F}{td}$$

El área de aplastamiento es igual al espesor de la columna por el diámetro del pasador.

$$\sigma_b = \frac{135800}{(0,13 \text{ m})(0,040 \text{ m})}$$

$$\sigma_b = 26,12 \text{ MPa}$$

Considerando las propiedades mecánicas del acero AISI 4340 calculamos el factor de seguridad

$$n = 31,58$$

### **Tensión de aplastamiento entre bocín 2 y el pasador del pistón**

$$\sigma_b = \frac{F/2}{td}$$

El área de aplastamiento es igual al espesor de la columna por el diámetro del pasador.

$$\sigma_b = \frac{135800/2}{(0,06 \text{ m})(0,040 \text{ m})}$$

$$\sigma_b = 28,29 \text{ MPa}$$

Considerando las propiedades mecánicas del acero AISI 4340 calculamos el factor de seguridad.

$$n = 29,16$$

### 6.6.8 CÁLCULO DE LA RESISTENCIA DE DISEÑO EN EL CORDÓN DE SOLDADURA.

En esta parte es necesario determinar la resistencia de diseño que presentarán los cordones de soldadura en la estructura de la máquina.

Por eso es necesario conocer las características del tipo de soldadura a ejecutarse, así también el electrodo a utilizar.

En la siguiente tabla se muestran las características de la soldadura.

Tabla 6-9 Características del tipo de soldadura y electrodo utilizado.

Características del tipo de soldadura.	
Tipo Soldadura	Soldadura de filete
Tipo superficie del cordón	cóncava
Proceso utilizado	GMAW
Tipo de electrodo	Indura 7018 $\phi$ ¼ (Tabla L-2 y L-3)
Resistencia a la tracción del electrodo	482 Mpa – 70 Kpsi

Fuente: Catálogo INDURA

Para obtener el valor de la resistencia de diseño en el cordón de soldadura es preciso utilizar la siguiente expresión:

$$R_d = \phi F_w * t * L$$

Ecuación 6-8

Donde:

$R_d$  = Resistencia de diseño [Ksi]

$\phi$  = factor de resistencia [adimensional]

$L$  = Longitud de soldadura [plg]

$$F_w = 0.60 F_{EXX}$$

Ecuación 6-9

Donde:

$F_w$  = Resistencia nominal para soldaduras a filete. [Anexo L] tabla L-1

$F_{EXX}$  = Resistencia mínima a la tensión (depende de tipo electrodo) [Ksi]

$$t = 0.707 * f$$

Ecuación 6-10

Donde:

$t$  = espesor de garganta efectiva. [plg]

$f$  = dimensión de filete de soldadura [plg]

La fracción numérica corresponde a un valor para un filete de 45°. Para encontrar la resistencia al diseño en el cordón de soldadura se cuenta con los siguientes valores.

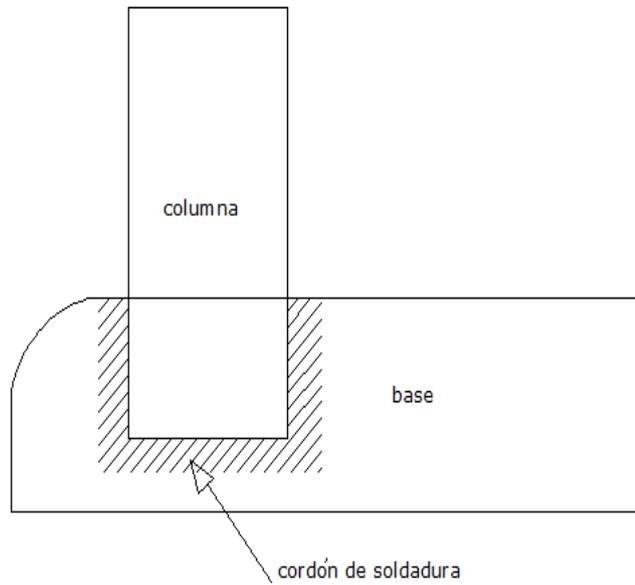


Figura 6-14 Representación esquemática de la soldadura entre el ángulo y la base

Fuente: Realizada por el autor

**Datos:**

Soldadura de filete a 45°.

Factor de resistencia  $\phi = 0.75$  (Anexo L) tabla L-1

$F_{EXX} = 70$  Ksi

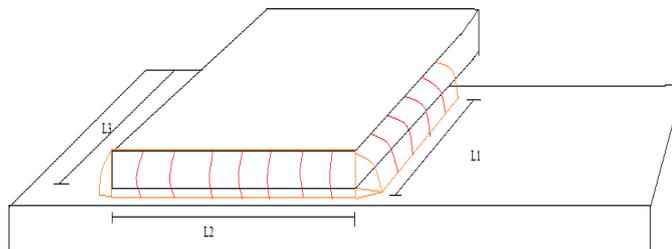


Figura 6-15 Longitudes de la soldadura entre el ángulo y la base

Fuente: Realizada por el autor

Longitud de soldadura obtenida en la sección inferior de la columna con el ángulo

base  $L = L1+L2+L3 = 10$  plg

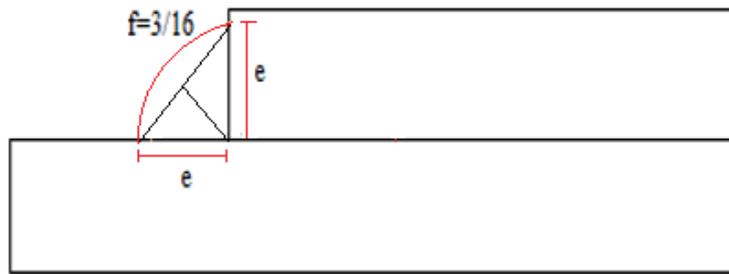


Figura 6-16 Filete de soldadura

Fuente: Realizada por el autor

### Solución:

Aplicando la Ecuación 6-10 tenemos.

$$t = 0.707 * \frac{3}{16} = 0,132 \text{ plg}$$

Luego utilizando la Ecuación 6-9 tenemos.

$$F_w = 0.60 * 70 \text{ Ksi} = 42 \text{ Ksi}$$

Por último empleando la Ecuación 6-8 obtenemos la resistencia de diseño.

$$R_d = 0.75 * 42 * 0.132 * 10 = \mathbf{41,8Ksi}$$

Este valor es aceptable ya que la resistencia al diseño de soldadura es mayor a la requerida

### 6.6.9 DISEÑO DEL CIRCUITO ELECTRICO

Un circuito eléctrico cuentan básicamente de las siguientes partes:

- Contactor LC1D18 (Anexo N-1)
- Contacto interruptor NC
- Relé térmico GV2P20 (Anexo N-2)
- Líneas de alimentación 220
- Motor monofásico 5Hp
- Contacto pulsador NA
- Cables #7 soporta 30 A (Anexo N-3)
- Caja

### 6.6.9.1 Circuito eléctrico de mando y potencia

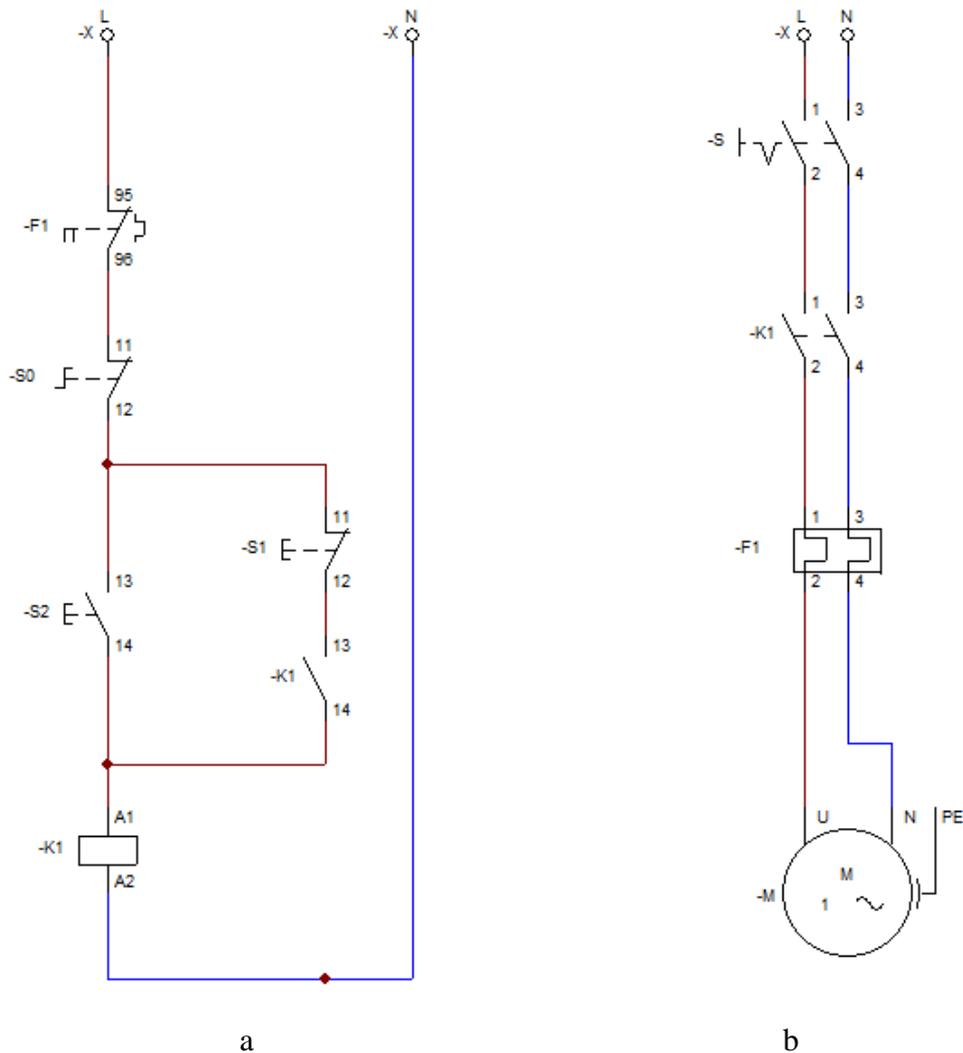


Figura 6-17 a) Circuito de mando b) circuito de potencia

Fuente: Realizada por el autor

## 6.7 ADMINISTRACIÓN

En la parte administrativa se tiene que realizar un análisis de costo, tanto para construir la máquina como para la realización de las pruebas.

### 6.7.1 COSTOS DE MATERIALES Y MANO DE OBRA

Los costos que conllevaría la construcción de esta máquina se detallan en las siguientes tablas, comprenden los costos de los elementos mecánicos, de los equipos hidráulicos y mano de obra.

Tabla 6-10 Costo de materiales de la estructura

Ítem	Descripción	Cantidad	Precio unitario (\$)	Costo total (\$)
1	Perfiles W	3	50	150
2	Angulo 10x10x8	2	35	70
3	Placa de acero	1	200	200
4	Perfil rectangular 130 x 16	4	40	160
5	Placa de acero de 600 x 270 x 30	1	90	90
6	Ruedas	4	5	20
7	Pacas de sujeción de ruedas	4	3	12
8	Placas para soldar perfil W	8	4	32
9	Ejes	2	40	80
10	Electrodos 7018	20	4	80
11	Placa soporte de sistema hidráulico	1	30	30
12	Brocas	4	5	20
13	Sierras de corte	3	8	24
14	Disco de corte	2	5	10
Costo total de equipos y materiales				978

Fuente: El autor

Tabla 6-11 Costo de materiales de la unidad hidráulica

Ítem	Descripción	Cantidad	Precio unitario (\$)	Costo total (\$)
1	Motor 5 hp e instalaciones	1	450	450
2	Bomba	1	350	350
3	cilindro hidráulico	1	320	320
4	Válvula de control direccional	1	180	180
4	manómetro	1	30	30
5	Mangueras de presión	6	12	72
6	Acoples	10	5	50
7	Válvula de alivio	1	40	40
8	Tanque de aceite	1	150	150
9	Aceite natural	5	30	150
10	Filtro	1	40	40
Costo total de equipos y materiales				1832

Fuente: El autor

Para la construcción de los equipos se estimó un total de 180 horas de trabajo detalladas en la siguiente tabla.

Tabla 6-12 Costo por mano de obra

Personal	Costo por hora (\$)	Horas de trabajo	Total (\$)
Mecánico	4	100	400
Ayudante	2	80	160
Costo total de la mano de obra			560

Fuente: El autor

Tabla 6-13 Costo de materiales y mano de obra para los ensayos

Ítem	Descripción	Cantidad	Precio unitario (\$)	Costo total (\$)
1	MDF	3	30	90
2	Triplex	3	15	45
3	Pegamento	2	8	16
4	Prensas manuales	4	15	60
4	Mano de obra	1	40	40
5	Maquinaria	3	10	30
Costo total de equipos y materiales				281

Fuente: El autor

Por lo tanto los costos totales para la construcción son los siguientes:

Tabla 6-14 Costos totales

Detalles	Costo (\$)
Materiales	987
Mano de obra	560
Sistema hidráulico	1832
Ensayos	281
Subtotal	3660
Imprevistos 10%	366
Total	4026

Fuente: El autor

## 6.8 CÁLCULO DEL VAN Y EL TIR

Para el cálculo del valor actual neto y de la tasa interna de retorno se toma en cuenta lo siguiente:

Tabla 6-15 Datos VAN-TIR

Datos	Valores
Número de periodos	10
Tipo de periodos	anual
Tasa de descuento	7,54% Anexo O

Fuente: El autor

Para proyectar el flujo neto de efectivo FNE se considera la inversión inicial como el año cero, para el costo de venta y el costo real del producto (silla), se utilizó el porcentaje medio de inflación de los últimos dos años, establecido por el banco central del Ecuador que es del 3,18 Anexo O en la figura O-1 representados a continuación.

Tabla 6-16 Flujo neto de efectivos

Año	Unidades	Costo PVP	Costo real	Ingresos	Egresos	FNE
1	300	25.00	18.00	7500.0	5400.0	2100.0
2	300	25.80	18.57	7738.5	5571.7	2166.8
3	300	26.62	19.16	7984.6	5748.9	2235.7
4	300	27.46	19.77	8238.5	5931.7	2306.8
5	300	28.33	20.40	8500.5	6120.3	2380.1
6	300	29.24	21.05	8770.8	6315.0	2455.8
7	300	30.17	21.72	9049.7	6515.8	2533.9
8	300	31.12	22.41	9337.5	6723.0	2614.5
9	300	32.11	23.12	9634.4	6936.8	2697.6
10	300	33.14	23.86	9940.8	7157.4	2783.4
Sumatoria	3000	288.98	208.07	86695.25	62420.58	24274.67

Fuente: El autor

Con estos datos calculamos el van y el tir para determinar si el proyecto es o no viable

Tabla 6-17 Resultados del VAN y TIR

DETALLE	PERIODOS ANUALES										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
FLUJO DE EFECTIVO PROYECTADO	-4026.00	2100.0	2166.8	2235.7	2306.8	2380.1	2455.8	2533.9	2614.5	2697.6	2783.4

<b>VAN</b>	4305.69	<b>VAN &gt; 0</b>	<b>Viable</b>
<b>TIR</b>	54%	<b>TIR &gt; Tasa</b>	<b>Viable</b>

Fuente: El autor

Con este cálculo se puede establecer que la inversión en la construcción de la prensa es viable ya que el valor actual neto es de 4305.69 que es mayor a cero y la tasa interna de retorno es de 54%, y es mayor a la tasa de interés actual del banco central del Ecuador que es de 7.54%, también se establece que la inversión inicial se recupera en los primeros dos periodos.

## **6.9 PREVISIÓN DE LA EVALUACIÓN**

La máquina diseñada en este proyecto investigativo es dirigida a las necesidades de la mueblería MARQUEZA de la parroquia Huambaló, y para todas aquellas pequeñas o medianas industrias dedicada a la construcción de muebles.

Considerando que los recursos naturales se están agotando y es por esta razón la prohibición de la tala de bosques nativos el sector debe alternar el uso de la madera con otro tipo de materiales como lo son los prefabricados y por qué no indagar en la búsqueda de nuevos materiales como la madera plástica.

En la parroquia Huambaló existen en la actualidad existen aproximadamente 130 talleres y fabricas dedicados a la construcción de muebles los cuales son clientes potenciales para este tipo de maquinaria, ya que su inversión es recuperable a mediano plazo.

También se recomienda que mediante trabajos futuros se diseñen equipos de una manera similar implementando procesos en otras áreas que permitan mejorar los resultados de tiempos y costos permitiendo mayor competitividad al sector.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Salvador Elías , R. (2008). Tamaño de una Muestra aplicada a la investigación Archivística. México D.F.: ENBA.
2. Andrew Pytel, F. S. (2011). Resistencia de materiales (Quinta ed.). Alfaomega.
3. ASHBY, M. a. (1999). Material Selection in Mecanical.
4. Askenland, D. (1998). Ciencia e Ingeniería de Materiales. International Thomson Editores.
5. Avallone, E. (1995). Manual del ingeniero mecánica Marks (Vol. 9). Mc. Graw Hill.
6. Ayala, R. (2010). Clasificación, utilización e importancia del encofrado como . Guayaquil.
7. Bosco, D. (1977). Tecnología de la madera (Tercera ed.).
8. (2010). Guía de módulo neumática y oleohidráulica. En S. Cabrera Anda. Ambato.
9. Cardona Henao, M. (2011). Ingeniería de Métodos y Medición del Trabajo: Eficiencia para Pequeña Industria. revista MM, 146-150.
10. Çengel, Y. A. (2009). Termodinámica (Sexta ed.). España McGraw-Hill: McGraw-Hill.
11. Centro Nacional de la Madera . (2009). Antioquia.
12. consulting group. (2014). Importancia de la productividad. Obtenido de bussines solutions: [www.bscgla.com](http://www.bscgla.com)
13. CORPEL. (2007). Transformacion y comercializacion de la madera en el Ecuador. En C. d. inversiones. Quito.

14. Covaleda, H. J. (2005). LA CADENA FORESTAL Y MADERA EN COLOMBIA. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 1.
15. CPTS. (2005). Guía técnica para la producción más limpia para mataderos de bovinos. 100-105.
16. Fernández Díez, P. (s.f.). Departamento de Ingeniería Eléctrica y Energética, Universidad de Cantabria, Ingeniería térmica y de fluidos. Obtenido de <http://libros.redsauce.net/>;
17. Foust, A., & Wenzel, L. (2006). Principios de operaciones unitarias (Décima ed.). Mexico: COMPAÑÍA EDITORIAL CONTINENTAL.
18. Isaac, A. (1995). Introducción a la ciencia, Capítulo 11, Las proteínas. Obtenido de <http://www.librosmaravillosos.com>
19. Jacome, H. (2010). Muebles de madera sólida para exportación. Boletín mensual de análisis sectorial de MIPYMES, 3-5.
20. Jiménez, D., & Sette, R. (1996). Tratamiento de aguas residuales (Segunda ed.). Editorial Reverte S. A.
21. Krajewski Lee, R. L. (s.f.). Administración de Operaciones. México: Person Educación.
22. Larry, K. L.-R. (2008). Administración de Operaciones. México: Person Educación.
23. López Vázquez, R., & CaspVanaclocha, A. (2008). Tecnología de mataderos. España: Mundi-Prensa.
24. López, C. C. (2007). Localización y Distribución Industria.
25. Madrid, A. (1999). Aprovechamiento de los subproductos cárnicos. AMV Ediciones.
26. Marriot, P. (2007). Operaciones unitarias (Tercera ed.). McGraw-Hill.
27. McCabe, W. (2003). Operaciones básicas ingeniería química (Vol. I).

28. Michael, a. J. (2011). Material Selection in Mecanical Desing. (ASHBY, Ed.)
29. Muñoz, C. (2013). Ingeniería química. Madrid: UNED-Universidad nacional de educacion a distancia.
30. Nalvarte Armas. , J. G. (2013). Estudio de las propiedades mecánicas de diez especies maderables potenciales de Lima.
31. Nonhebel, G. (1979). El secado de sólidos en la industria química. España: Editorial Reverte.
32. Ricci, O. E. (2012). Avicultura. Obtenido de [www.engormix.com/MA-avicultura/industria-carnica/articulos/harina-sangre-t4049/471-p0.htm](http://www.engormix.com/MA-avicultura/industria-carnica/articulos/harina-sangre-t4049/471-p0.htm)
33. Richard B. Chase, N. J. (2004). Administración de la producción y operaciones para una ventaja competitiva. McGraw-Hill, 2004.
34. Sala, R., & Barroeta, A. C. (s.f.). En Manual de microscopía de piensos. Servei de Publicacions.
35. Sandoval-Torres, S. (2009). Modelación matemática del secado convencional de madera.
36. Seplandes, Secretaria Nacional de Planificacion y Desarrollo. (2009). Plan Nacional para el buen vivir. Quito.
37. Shigley. (2008). Mechanical Engineering Desing (Eighth ed.). McGraw-Hill.
38. Shigley, J. (2006). Diseño de ingeniería mecánica. Mexico.
39. Sole, A. C. (2007). Neumatica e Hidraulica. España.
40. Solórzano, C. (2006). Producción para Competir: El Análisis del Proceso. México: INCAE.
41. Stryer, L. (1993). Bioquímica (Séptima ed.). Reverte.

42. Túnez Fiñana, M. M. (s.f). Departamento de bioquímica y biología molecular, Facultad de Medicina. Obtenido de <http://www.uco.es/organiza/departamentos/bioquimica-biol-mol/>
43. Vanaclocha, C. (2008). Procesos de conservación de alimentos (Segunda ed.). Mundi Prensa.
44. Wylie, S. &. (2000). Fundamentos de Mecánica de Fluidos (Octava ed.). McGraw-Hill.

## ANEXOS

### ANEXO A

Tabla A-1 Determinar el nivel de confianza

TABLA DE APOYO AL CALCULO DEL T AMANO DE LA MUESTRA POR NIVELES DE CONFIANZA									
Certeza	95%	94%	93%	92%	91%	90%	80%	62.27%	50%
Z	1.96	1.88	1.81	1.75	1.69	1.65	1.28	1	0.6745
Z <sup>2</sup>	3.84	3.53	3.28	3.06	2.86	2.72	1.64	1	0.45
E	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09	0.1	0.2	0.37	0.5
e <sup>2</sup>	0.0025	0.0036	0.0049	0.0064	0.0081	0.1	0.04	0.1369	0.25

Fuente: tomada de ( Salvador Elías , 2008)

## ANEXO B

Tabla B-1 formato para ensayos de flexión

ENSAYO DE FLEXIÓN				
#	Deflación (mm)	Carga (Kg)	$\sigma$ maxf (Mpa)	Módulo de flexión (Mpa)
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				
21				
22				
23				
24				
25				
26				
<b>Promedio</b>				

Fuente: autor

## ANEXO C

Tabla C-1 formato para ensayos a compresión

ENSAYOS A COMPRESIÓN						
N	Deformación (10 <sup>-4</sup> pulg)	Carga (Kg)	Área (m <sup>2</sup> )	Esfuerzo (N/m <sup>2</sup> )	Deform. Unitar	Módulo de elasticidad (Pa)
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						

Fuente: autor

## ANEXO D

Tabla D-1 ficha técnica

		<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA</b>					
<b>ENSAYO DE COMPRESIÓN PERPENDICULAR</b>					<b>E.F .N°001</b>		
<b>DATOS INFORMATIVOS DEL ESPÉCIMEN A ENSAYAR</b>							
<b>Tipo de estudio:</b>		De laboratorio	<b>N° de probeta:</b>				
<b>Solicitado por:</b>		U.T.A. / F.I.C.M.	<b>Fecha de elaboración:</b>				
<b>Centro de estudio y análisis:</b>			Laboratorio Ingeniería Civil				
<b>Realizado por:</b>		Santiago Morales	<b>Supervisado por:</b>	Ing. Guamanquispe J.			
<b>Lugar:</b>		Universidad Técnica de Ambato					
<b>Dimensiones:</b>		Ancho		Largo		Espesor	
<b>RESULTADOS</b>							
<b>FOTOGRAFÍAS</b>							
<b>GRÁFICAS</b>							
<b>OBSERVACIONES</b>							

Fuente: autor



## ANEXO F

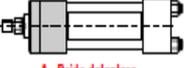


**CILINDROS HIDRÁULICOS**  
**HYDRAULIC CYLINDERS**

**CD & MD**  
ISO 6020/2 DIN 24554



**Q - Ejecución Tirantes Proiong.**  
Q - Bore Cylinder Extend. Tie-rods



**A - Brida delantera**  
A - Front flange Mounting



**B - Brida trasera**  
B - Rear flange Mounting



**U - Charnela macho**  
U - Eye Mounting



**E - Patas**  
E - Foot



**M - Charnela Hembra**  
M - Female clevis



**D - Charnela Rótula**  
D - Spherical Eye Mounting



**G - Muñón Delantero**  
G - Front Trunnions



**H - Muñón Intermedio**  
H - Int. Trunnions Mounting



**L - Muñón Trasero**  
L - Rear Trunnions

CARACTERÍSTICAS										
Norma	ISO 6020/2 - 1991 DIN24554									
Tipo de construcción	Tapas y fijaciones con tirantes									
Presión mínima	15 bars									
Presión nominal	160 bars									
Presión de prueba	240 bars									
Posición de montaje	s/pedido									
Temperatura de fluido	-20°C + 80°C con juntas tipo M									
	-20°C + 150°C con juntas tipo W									
Fluido	Aceite mineral									
Viscosidad	12...90 m.m <sup>2</sup> /s									
Filtración	Grado de filtración según NAS 1638									
Tipo de estanqueidad	Ver código para pedido									
Ø Camisa - Pistón (m/m)	25	32	40	50	63	80	100	125	160	200
Ø Vástago	12/18	14/22	18/28	22/36	28/45	36/56	45/70	59/90	70/110	90/140
Velocidad max. (m/s) tipo M	0,5			0,4			0,25			
Velocidad max. (m/s) tipo Y	1						0,7			
Tolerancia para carrera	0 + 2 mm Norma ISO 8131									
Carrera máxima	4000 mm									

Figura F-1 Cilindros hidráulicos

Fuente: catálogo cilcoil



**DESIGNACIÓN CILINDROS CD/MD**

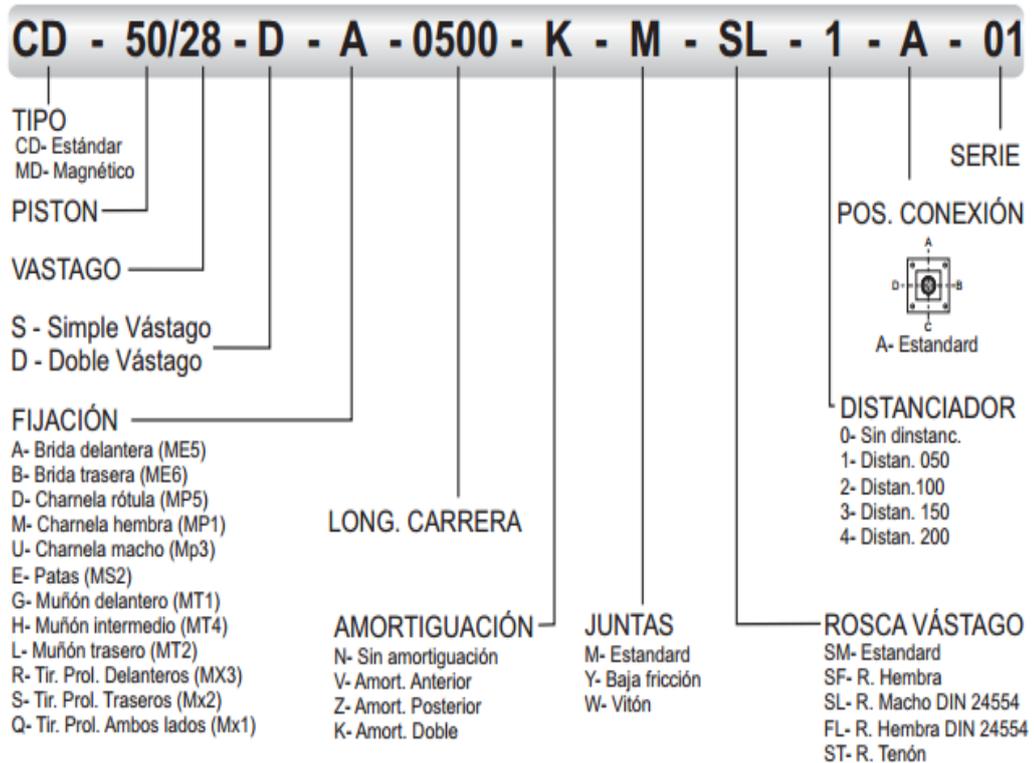


Figura F-2 Designación de la serie para cilindros hidráulicos CD/MD

Fuente: catálogo cilcoil

VALVULAS CONTROL DIRECCION - PLACAS BASE  
**TIPO: AD3L CETOP3 NG6**  
 PILOTAJE CON LEVA MANUAL

VALVULAS CONTROL DIRECCION - PLACAS BASE  
**TIPO: AD5L CETOP5 NG10**  
 PILOTAJE CON LEVA MANUAL

Referencia	Caudal	Presión	Mando
.ARON-	60L/M	320BAR	MANUAL

Referencia	Caudal	Presión	Mando
.ARON-	100L/M	320BAR	MANUAL

SELECCIÓN DE UN CÓDIGO PARA AD3L Y AD5L

Referencia	TIPO	TAMAÑO	TIPO MANDO	CORREDERA	TIPO MONTAJE	CON/SIN PALANCA	VARIANTES	Nº SERIE
	AD		L			Z		4

3	CETOP 3
5	CETOP 5

Tipo de cursor	Diagrama	Tipo de cursor	Diagrama
01		15	
02		16	
03		17	
04*			
44*		Tipo de cursor	
05		15	
66		16	

C	
E	
F	

00 = Sin variantes  
 M1 = Disposición para Micro interruptor NATIONAL AMI 107  
 D1 = Con enclavamiento

Válvulas Control Dirección - Placas Base

Figura F-3 selección válvulas de control direccional

Fuente: Catálogo Teconasa hidráulica

## ANEXO G

Tabla G-1 especificaciones técnicas para selección de mangueras de alta presión

### Manguera con una trenza de acero SAE 100 R1AT

 Hidráulica

## M001M



N° Código	Diámetro interior manguera		Número de la medida	Presión de trabajo		Presión mínima de rotura		Cambio longitud (%) bajo presión	Ø exterior trenzado alambre (mm)	Ø exterior manguera (mm)	Radio mínimo de curvatura (mm)
	pulgadas	milímetros		Kg/cm <sup>2</sup>	Lb/pulg <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	Lb/pulg <sup>2</sup>				
03C1T-05	3/16"	4,8	3	250	3620	1000	14500	+0, -6	9,5	10,8	89
04C1T-06	1/4"	6,4	4	225	3260	900	13050	+0, -6	10,8	13,0	100
05C1T-08	5/16"	7,9	5	215	3110	850	12320	+2, -4	12,4	14,6	114
06C1T-10	3/8"	9,5	6	180	2610	720	10440	+2, -4	14,8	17,0	127
08C1T-13	1/2"	12,7	8	160	2320	640	9280	+2, -4	17,9	20,1	178
10C1T-16	5/8"	15,9	10	130	1880	520	7540	+2, -4	21,3	23,5	200
12C1T-19	3/4"	19,1	12	105	1520	420	6090	+2, -4	25,2	27,4	240
16C1T-25	1"	25,4	16	88	1270	350	5070	+2, -4	33,1	35,3	300
20C1T-32	1-1/4"	31,8	20	63	910	250	3620	+2, -4	40,6	43,3	419
24C1T-38	1-1/2"	38,1	24	50	720	200	2900	+2, -4	47,0	49,7	500
32C1T-51	2"	50,8	32	40	580	160	2320	+2, -4	60,4	63,1	630
38C1T-60	2-3/8"	60,0	38	50	720	200	2900	+2, -4	68,8	71,5	650
40C1T-63	2-1/2"	63,5	40	50	720	200	2900	+2, -4	73,0	75,7	760
48C1T-76	3"	76,2	48	35	500	140	2030	+2, -4	85,0	87,7	900

RECOMENDADA PARA: Mandos hidráulicos de media presión donde circulan aceites, fuel-oil, nafta o agua. Por su construcción con una trenza de acero, tenemos la ventaja de su peso liviano y flexibilidad, aún a plena carga. Es usada en todos los equipos fijos o móviles accionados con energía hidráulica: máquinas industriales, metalúrgicas, viales, agrícolas, prensas, criques, etc. Cumple con la norma DIN EN 853 1SN y con la ISO1436-1 1SN / R1AT. Cumple y excede la clasificación SAE 100R1AT de la norma SAE J517.

Fuente: <http://www.sccovarrubias.cl/Manguera%20Hidrau.pdf>

## ANEXO H

# MOTORES ELÉCTRICOS

### MOTORES ELÉCTRICOS

MOTOR ALUMINIO 1450RPM A 230/400 V TRIF

..CV...-B5



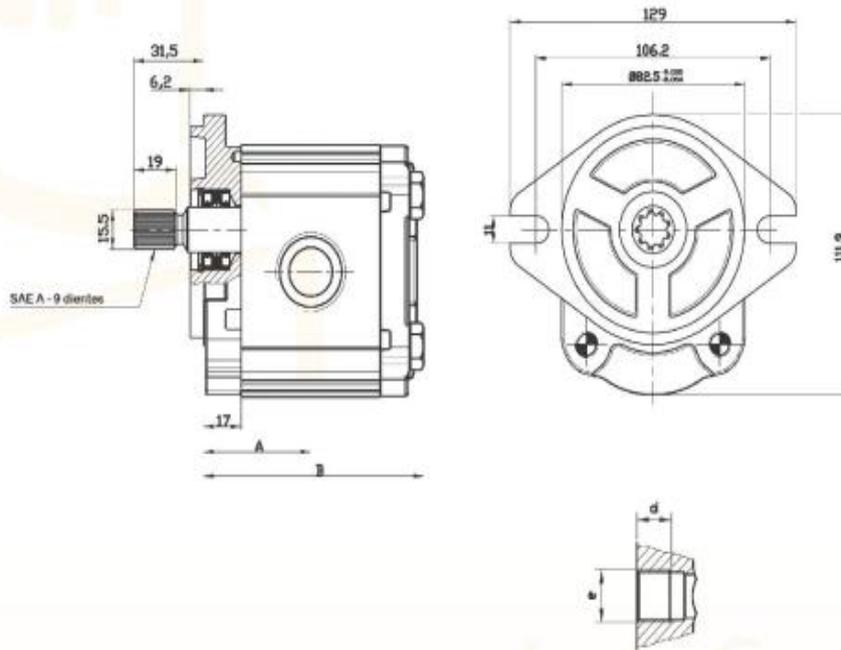
Referencia	øBrida	kw	Talla
1/4CV-63B-4B5	140	0,18	63A
1/3CV-71A-4B5	160	0,25	71A
1/2CV-71B-4B5	160	0,37	71B
3/4CV-80A-4B5	200	0,55	80A
1CV-80B-4B5	200	0,75	80B
1.5CV-90S-4B5	200	1,1	90S
2CV-90L-4B5	200	1,5	90L
3CV-100LA-4B5	250	2,2	100L
4CV-100L-4B5	250	3	100L
5.5CV-112M-4B5	250	4	112M
7.5CV-132S-4B5	300	5,5	132S
10CV-132M-4B5	300	7,5	132M
15CV-160M-4B5	350	11	160M

Figura H-1 Motores

Fuente: Catálogo Teconasa hidráulica

Referencia	SERIE	BOMBA	CILINDRADA	GIRO	/	CUERPO	ENGRANAJE	BRIDA SAE A
	OT200	P	CM3/REV	D/I	/	G/P	21	52

VERSIÓN: G21 S2



Tipo	Cilindrada (cc/giro)	Presión máxima continua P1 (bar)	Presión de punta P3 (bar)	Velocidad máxima (giros/min.)	Dimension (mm)		Toma de aspiración		Toma de presión	
					A	B	e	d	e	d
OT 200 P04	04,10	250	300	4000	41,00	84,50	G1/2	14	G1/2	14
OT 200 P06	06,20	250	300	3500	42,50	87,50	G1/2	14	G1/2	14
OT 200 P08	08,20	250	300	3500	44,00	90,50	G1/2	14	G1/2	14
OT 200 P11	11,20	250	300	3500	46,15	94,80	G1/2	14	G1/2	14
OT 200 P14	14,00	240	300	3000	48,15	98,80	G3/4	16	G1/2	14
OT 200 P16	16,00	240	300	3000	49,80	101,7	G3/4	16	G1/2	14
OT 200 P20	20,00	200	240	3000	52,50	107,5	G3/4	16	G1/2	14
OT 200 P22	22,50	170	210	2500	58,35	119,2	G3/4	16	G1/2	14
OT 200 P25	25,10	170	210	2500	60,25	123,0	G3/4	16	G1/2	14
OT 200 P28	28,00	140	180	2500	62,35	127,2	G3/4	16	G1/2	14
OT 200 P30	30,00	130	170	2000	63,75	130,0	G3/4	16	G1/2	14

Figura H-2 Selección de bombas

Fuente: Catálogo Teconasa hidráulica

## ANEXO I

Tabla I-1 información técnica de pegamentos para madera

PEGANTE	PROPORCION MEZCLA EN PARTES		TIEMPO DE SECADO (min)	TIEMPO DE PRENSADO (min)	PRESION DE PEGADO (N/mm <sup>2</sup> )
	PEGANTE	ENDURECEDOR			
MELAMINHA RZLEIM II (MUF)	100	80	60	210	1
RECORCIN - HARZLEIM (PRF)	100	25	15	240	1
1K - POLYURET HAN I (PU)	1	N/A	15	30	1

Fuente: <http://www.pinturascondor.com>

Tabla I-2 información técnica de pegamento RESINCOLA

Adhesivos RESINCOLA especialmente para carpintería y parquet. Parquet PR141 y Madera PRM-45	
<b>Usos recomendados</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pegante multipropósito desarrollado especialmente para emplearse en la fabricación de muebles de madera (PRM-45), pisos de madera (PR141), puertas, uniones y ensamblajes de muebles, tela, porcelana, papel, cartulina y manualidades en general.</li> </ul>
<b>Ventajas técnicas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Presenta resistencia a la humedad y algunos agentes químicos.</li> <li>• Forma una película transparente.</li> <li>• No tiene rellenos.</li> <li>• No ensucia.</li> <li>• El tiempo de secado es moderado de 2 a 4 horas y presenta una adhesión firme y resistente.</li> <li>• No se daña por enfriamiento.</li> </ul>
<b>Ventajas comerciales</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Seca más rápido al tener mayor cantidad de sólidos que la competencia.</li> <li>• La adhesión es más fuerte que la competencia.</li> <li>• No mancha, la competencia puede dejar marcas en la aplicación.</li> <li>• Mayor rendimiento que los competidores.</li> <li>• Excelente desempeño en superficies de madera.</li> <li>• El tiempo de secado dependerá de la cantidad de producto aplicado.</li> </ul>
<b>Preparación de la superficie</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Asegúrese que la superficie a pintar esté libre de: grasas, moho, aceites, suciedad, polvo, otros contaminantes.</li> <li>• La madera debe estar seca y no tener evidencia de exudación de resinas.</li> <li>• Proteja la madera del ataque de polillas, comején y humedad con nuestro preservante</li> <li>• T-KILL (PM90).</li> <li>• Para uniones más firmes se recomienda utilizar presión.</li> </ul>

Fuente: <http://www.pinturascondor.com>

**NOTICE: This standard has either been superseded and replaced by a new version or Contact ASTM International ([www.astm.org](http://www.astm.org)) for the latest information.**



Designation: D 143 – 94

## Standard Methods of Testing 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 approval.

### 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 (lb) 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>

<sup>1</sup> These methods are under the jurisdiction of ASTM Committee D-7 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.

- 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 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.

<sup>3</sup> Annual Book of ASTM Standards, Vol 03.01.

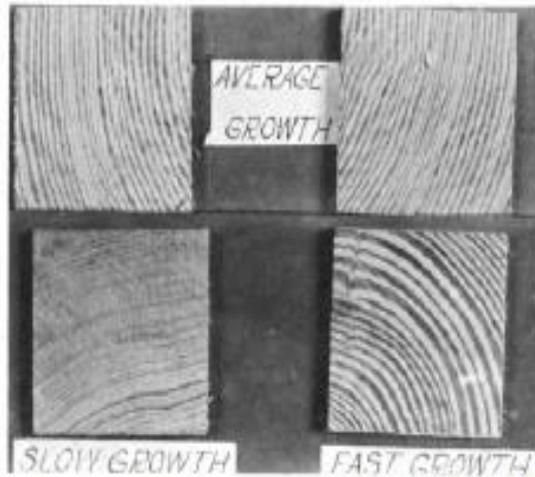


FIG. 1 Cross Sections of Bending Specimens Showing Different Rates of Growth of Longleaf Pine (2 by 2-in. (50 by 50-mm) Specimens)



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

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

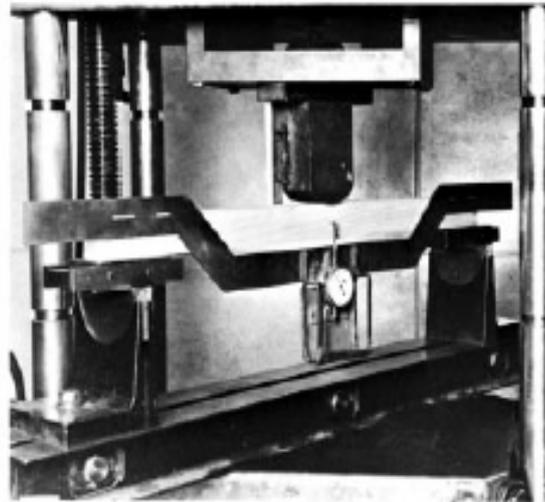


FIG. 3 Static Bending Test Assembly Showing Method of Load Application, Specimen Supported on Rollers and Laterally Adjustable Knife Edges, and Method of Measuring Deflection at Neutral Axis by Means of Yoke and Dial Attachment (Adjustable scale mounted on loading head is used to measure increments of deformation beyond the dial capacity.)

that shown in Fig. 4 shall be used for applying the load for 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 approximately 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

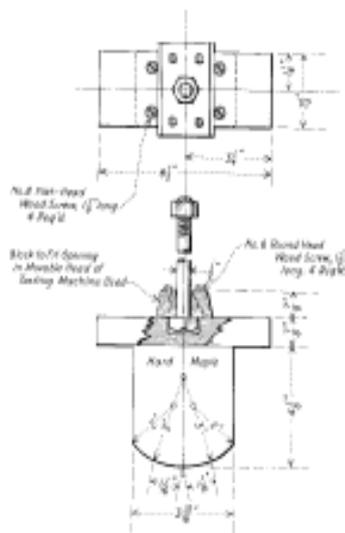


FIG. 4 Details of Bearing Block for Static Bending Tests

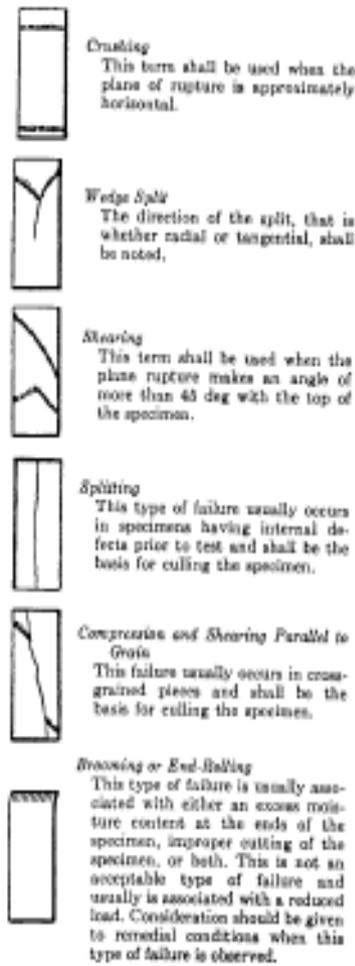


FIG. 10 Types of Failures in Compression

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).

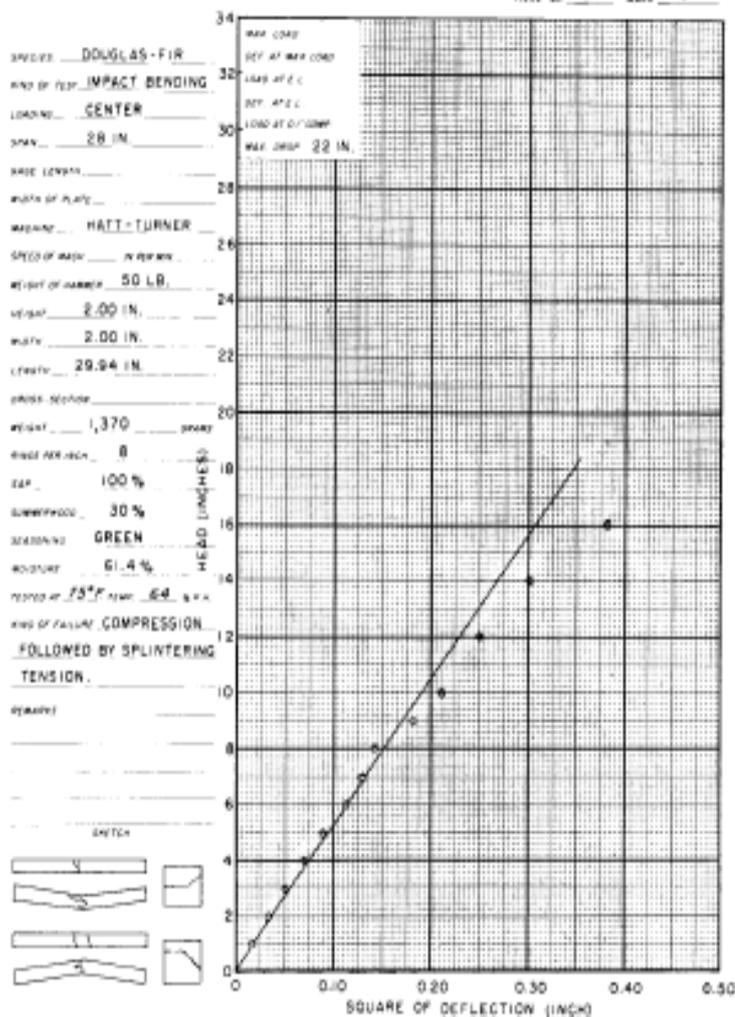


FIG. 13 Sample Data Sheet for Impact Bending Test

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).

13. *Hardness*

13.1 *Site 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"

## ANEXO K

Tabla K-1 propiedades de las secciones

### Part 1 Properties of Sections

$A$  = area

$G$  = location of centroid

$I_x = \int y^2 dA$  = second moment of area about x axis

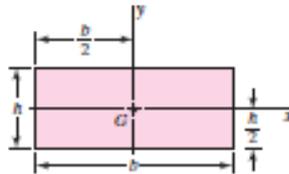
$I_y = \int x^2 dA$  = second moment of area about y axis

$I_{xy} = \int xy dA$  = mixed moment of area about x and y axes

$J_G = \int r^2 dA = \int (x^2 + y^2) dA = I_x + I_y$   
= second polar moment of area about axis through  $G$

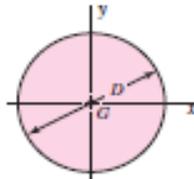
$k_x^2 = I_x/A$  = squared radius of gyration about x axis

Rectangle



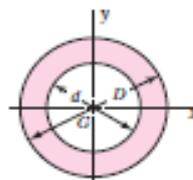
$$A = bh \quad I_x = \frac{bh^3}{12} \quad I_y = \frac{b^3h}{12} \quad I_{xy} = 0$$

Circle



$$A = \frac{\pi D^2}{4} \quad I_x = I_y = \frac{\pi D^4}{64} \quad I_{xy} = 0 \quad J_G = \frac{\pi D^4}{32}$$

Hollow circle



$$A = \frac{\pi}{4}(D^2 - d^2) \quad I_x = I_y = \frac{\pi}{64}(D^4 - d^4) \quad I_{xy} = 0 \quad J_G = \frac{\pi}{32}(D^4 - d^4)$$

Fuente: (Shigley J., 2006)

Tabla K-2 Propiedades típicas de aceros

ASTM Number	Tensile Strength $S_{ut}$ , kpsi	Compressive Strength $S_{uc}$ , kpsi	Shear Modulus of Rupture $S_{sur}$ , kpsi	Modulus of Elasticity, Mpsi		Endurance Limit* $S_e$ , kpsi	Brinell Hardness $H_B$	Fatigue Stress-Concentration Factor $K_f$
				Tension†	Torsion			
20	22	83	26	9.6-14	3.9-5.6	10	156	1.00
25	26	97	32	11.5-14.8	4.6-6.0	11.5	174	1.05
30	31	109	40	13-16.4	5.2-6.6	14	201	1.10
35	36.5	124	48.5	14.5-17.2	5.8-6.9	16	212	1.15
40	42.5	140	57	16-20	6.4-7.8	18.5	235	1.25
50	52.5	164	73	18.8-22.8	7.2-8.0	21.5	262	1.35
60	62.5	187.5	88.5	20.4-23.5	7.8-8.5	24.5	302	1.50

Fuente: Shigley, Mechanical Engineering Design.Eighth Editions

Tabla K-3 Propiedades típicas de aceros

Grade (a)	Orientation (b)	Description (f)	Hardness HB	Tensile Strength $S_{ut}$		Reduction in Area %	True Strain at Fracture $\epsilon_f$	Modulus of Elasticity E		Fatigue Strength Coefficient $\sigma_f'$		Fatigue Strength Exponent b	Fatigue Ductility Coefficient $\epsilon_f'$	Fatigue Ductility Exponent c
				MPa	ksi			GPa	10 <sup>6</sup> psi	MPa	ksi			
1144	L	DAT	305	1035	150	25	0.29	200	28.8	1585	230	-0.09	0.27	-0.53
1541F	L	G&T forging	290	950	138	49	0.68	205	29.9	1275	185	-0.076	0.68	-0.65
1541F	L	G&T forging	260	890	129	60	0.93	205	29.9	1275	185	-0.071	0.93	-0.65
4130	L	G&T	258	895	130	67	1.12	220	32	1275	185	-0.083	0.92	-0.63
4130	L	G&T	365	1425	207	55	0.79	200	29	1695	246	-0.081	0.89	-0.69
4140	L	G&T, DAT	310	1075	156	60	0.69	200	29.2	1825	265	-0.08	1.2	-0.59
4142	L	DAT	310	1060	154	29	0.35	200	29	1450	210	-0.10	0.22	-0.51
4142	L	DAT	335	1250	181	28	0.34	200	28.9	1250	181	-0.08	0.06	-0.62
4142	L	G&T	380	1415	205	48	0.66	205	30	1825	265	-0.08	0.45	-0.75
4142	L	G&T and deformed	400	1550	225	47	0.63	200	29	1895	275	-0.09	0.50	-0.75
4142	L	G&T	450	1760	255	42	0.54	205	30	2000	290	-0.08	0.40	-0.73
4142	L	G&T and deformed	475	2035	295	20	0.22	200	29	2070	300	-0.082	0.20	-0.77
4142	L	G&T and deformed	450	1930	280	37	0.46	200	29	2105	305	-0.09	0.60	-0.76
4142	L	G&T	475	1930	280	35	0.43	205	30	2170	315	-0.081	0.09	-0.61
4142	L	G&T	560	2240	325	27	0.31	205	30	2655	385	-0.089	0.07	-0.76
4340	L	HR, A	243	825	120	43	0.57	195	28	1200	174	-0.095	0.45	-0.54
4340	L	G&T	409	1470	213	38	0.48	200	29	2000	290	-0.091	0.48	-0.60
4340	L	G&T	350	1240	180	57	0.84	195	28	1655	240	-0.076	0.73	-0.62
5160	L	G&T	430	1670	242	42	0.87	195	28	1930	280	-0.071	0.40	-0.57
52100	L	SH, G&T	518	2015	292	11	0.12	205	30	2585	375	-0.09	0.18	-0.56
9262	L	A	260	925	134	14	0.16	205	30	1040	151	-0.071	0.16	-0.47
9262	L	G&T	280	1000	145	33	0.41	195	28	1220	177	-0.073	0.41	-0.60
9262	L	G&T	410	565	227	32	0.38	200	29	1855	269	-0.057	0.38	-0.65
950C (H)	IT	HR plate	159	565	82	64	1.03	205	29.6	1170	170	-0.12	0.95	-0.61
950C (H)	L	HR bar	150	565	82	69	1.19	205	30	970	141	-0.11	0.85	-0.59
950X (d)	L	Plate channel	130	440	64	65	1.06	205	30	625	91	-0.075	0.35	-0.54
950X (d)	L	HR plate	136	530	77	72	1.24	205	29.5	1005	146	-0.10	0.85	-0.61
950X (d)	L	Plate channel	225	695	101	68	1.15	195	28.2	1055	153	-0.08	0.21	-0.53

Fuente: Shigley, Mechanical Engineering Design.Eighth Editions

Tabla K-4 Relación de esbeltez Fa para acero A36

Table C-36 Allowable Stress For Compression Members of 36-ksi Specified Yield Stress Steel*									
$\frac{Kl}{r}$	$F_a$ (ksi)	$\frac{Kl}{r}$	$F_a$ (ksi)	$\frac{Kl}{r}$	$F_a$ (ksi)	$\frac{Kl}{r}$	$F_a$ (ksi)	$\frac{Kl}{r}$	$F_a$ (ksi)
1	21.56	41	19.11	81	15.24	121	10.14	161	5.76
2	21.52	42	19.03	82	15.13	122	9.99	162	5.69
3	21.48	43	18.95	83	15.02	123	9.85	163	5.62
4	21.44	44	18.86	84	14.90	124	9.70	164	5.55
5	21.39	45	18.78	85	14.79	125	9.55	165	5.49
6	21.35	46	18.70	86	14.67	126	9.41	166	5.42
7	21.30	47	18.61	87	14.56	127	9.26	167	5.35
8	21.25	48	18.53	88	14.44	128	9.11	168	5.29
9	21.21	49	18.44	89	14.32	129	8.97	169	5.23
10	21.16	50	18.35	90	14.20	130	8.84	170	5.17
11	21.10	51	18.26	91	14.09	131	8.70	171	5.11
12	21.05	52	18.17	92	13.97	132	8.57	172	5.05
13	21.00	53	18.06	93	13.84	133	8.44	173	4.99
14	20.95	54	17.99	94	13.72	134	8.32	174	4.93
15	20.89	55	17.90	95	13.60	135	8.19	175	4.88
16	20.83	56	17.81	96	13.48	136	8.07	176	4.82
17	20.78	57	17.71	97	13.35	137	7.96	177	4.77
18	20.72	58	17.62	98	13.23	138	7.84	178	4.71
19	20.66	59	17.53	99	13.10	139	7.73	179	4.66
20	20.60	60	17.43	100	12.98	140	7.62	180	4.61
21	20.54	61	17.33	101	12.85	141	7.51	181	4.56
22	20.48	62	17.24	102	12.72	142	7.41	182	4.51
23	20.41	63	17.14	103	12.59	143	7.30	183	4.46
24	20.35	64	17.04	104	12.47	144	7.20	184	4.41
25	20.28	65	16.94	105	12.33	145	7.10	185	4.36
26	20.22	66	16.84	106	12.20	146	7.01	186	4.32
27	20.15	67	16.74	107	12.07	147	6.91	187	4.27
28	20.08	68	16.64	108	11.94	148	6.82	188	4.23
29	20.01	69	16.53	109	11.81	149	6.73	189	4.18
30	19.94	70	16.43	110	11.67	150	6.64	190	4.14
31	19.87	71	16.33	111	11.54	151	6.55	191	4.09
32	19.80	72	16.22	112	11.40	152	6.46	192	4.05
33	19.73	73	16.12	113	11.26	153	6.38	193	4.01
34	19.65	74	16.01	114	11.13	154	6.30	194	3.97
35	19.58	75	15.90	115	10.99	155	6.22	195	3.93
36	19.50	76	15.79	116	10.85	156	6.14	196	3.89
37	19.42	77	15.69	117	10.71	157	6.06	197	3.85
38	19.35	78	15.58	118	10.57	158	5.98	198	3.81
39	19.27	79	15.47	119	10.43	159	5.91	199	3.77
40	19.19	80	15.36	120	10.28	160	5.83	200	3.73

\*When element width-to-thickness ratio exceeds noncompact section limits of Sect. B5.1, see Appendix B5.  
Note:  $C_b = 1.26.1$

Fuente: Shigley, Mechanical Engineering Design.Eighth Editions

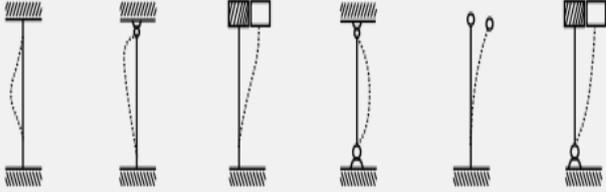
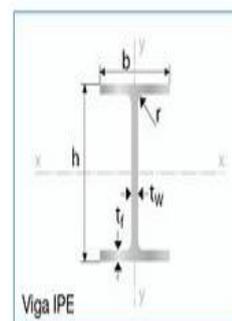
La forma pandeada de la columna se indica con la línea punteada						
Valor teórico de K	0.5	0.7	1.0	1.0	2.0	2.0
Valor recomendado de K para el diseño	0.7	0.8	1.2	1.0	2.1	2.0
Condición de los apoyos		Rotación y traslación restringidas				
		Rotación libre y traslación restringida				
		Rotación restringida y traslación libre				
		Rotación y traslación libres				

Figura K-2 longitudes efectivas de columnas

Fuente: Mc Cormac

# Productos Laminados Vigas IPE/IPN

Designación	Dimensiones					Radio	Área	Peso	Propiedades Elásticas						Módulo Plástico	
	Altura		Ala						Eje y-y			Eje x-x			Zy	Zx
	h	t <sub>w</sub>	b	t <sub>f</sub>	r	A	P	I	W	I	I	W	I	Zy	Zx	
	mm	mm	mm	mm	mm	cm <sup>2</sup>	kg/m	cm <sup>4</sup>	cm <sup>3</sup>	cm	cm <sup>4</sup>	cm <sup>3</sup>	cm	cm <sup>3</sup>	cm <sup>3</sup>	
IPE 60	80	3,80	46	5,20	5,00	7,64	6,00	80,10	20,00	3,24	8,50	3,70	1,05	23,20	5,80	
IPE 100	100	4,10	55	5,70	7,00	10,30	8,10	171,00	34,20	4,07	15,90	5,80	1,24	39,40	9,10	
IPE 120	120	4,40	64	6,30	7,00	13,20	10,40	318,00	53,00	4,90	27,70	8,60	1,45	60,70	13,60	
IPE 140	140	4,70	73	6,90	7,00	16,40	12,90	541,00	77,30	5,74	44,90	12,30	1,65	88,30	19,20	
IPE 160	160	5,00	82	7,40	9,00	20,10	15,80	869,00	109,00	6,58	68,30	16,70	1,84	124,00	26,10	
IPE 180	180	5,30	91	8,00	9,00	23,90	18,80	1.317,00	146,00	7,42	101,00	22,20	2,05	166,00	34,60	
IPE 200	200	5,60	100	8,50	12,00	28,50	22,40	1.943,00	194,00	8,26	142,00	28,50	2,24	221,00	44,60	
IPE 220	220	5,90	110	9,20	12,00	33,40	26,20	2.772,00	252,00	9,11	205,00	37,30	2,48	285,00	58,10	
IPE 240	240	6,20	120	9,80	15,00	39,10	30,70	3.892,00	324,00	9,97	284,00	47,30	2,69	367,00	73,90	
IPE 270	270	6,60	135	10,20	15,00	45,90	36,10	5.790,00	429,00	11,20	420,00	62,20	3,02	484,00	97,00	
IPE 300	300	7,10	150	10,70	15,00	53,80	42,20	8.356,00	557,00	12,50	604,00	80,50	3,35	628,00	125,00	
IPE 330	330	7,50	160	11,50	18,00	62,60	49,10	11.770,00	713,00	13,70	788,00	98,50	3,55	804,00	154,00	
IPE 360	360	8,00	170	12,70	18,00	72,70	57,10	16.270,00	904,00	15,00	1.043,00	123,00	3,79	1.019,00	191,00	
IPE 400	400	8,60	180	13,50	21,00	84,50	66,30	23.130,00	1.156,00	16,50	1.318,00	146,00	3,95	1.307,00	229,00	
IPE 450	450	9,40	190	14,60	21,00	98,80	77,60	33.740,00	1.500,00	18,50	1.676,00	176,00	4,12	1.702,00	276,00	
IPE 500	500	10,20	200	16,00	21,00	116,00	90,70	48.200,00	1.928,00	20,40	2.142,00	214,00	4,31	2.194,00	336,00	
IPE 550	550	11,10	210	17,20	24,00	134,00	106,00	67.120,00	2.441,00	22,30	2.668,00	254,00	4,45	2.787,00	401,00	
IPE 600	600	12,00	220	19,00	24,00	156,00	122,00	92.080,00	3.069,00	24,30	3.387,00	308,00	4,66	3.512,00	486,00	
IPN 200	200	7,50	90	11,30	7,50	33,40	26,20	2.140,00	214,00	8,00	117,00	28,00	1,87	250,00	43,50	
IPN 300	300	10,80	125	16,20	10,80	69,00	54,20	9.800,00	653,00	11,90	451,00	72,20	2,56	762,00	121,00	



## Aplicaciones

- Estructuras.
- Soporte de polipasto en puente grúas o teclas.
- Puentes
- Rieles.

Figura K-3 Propiedades de vigas

Fuente: Mc Cormac

## ANEXO L

Tabla L-1 resistencia de diseño de soldadura

**TABLA 14.1 RESISTENCIA DE DISEÑO DE SOLDADURAS**

Tipos de soldadura y esfuerzo [a]	Material	Factor $\phi$ de resistencia	Resistencia nominal $F_{BW}$ o $F_w$	Nivel de resistencia requerido [b,c]
<b>Soldadura de ranura con penetración completa</b>				
Tensión normal al área efectiva	Base	0.90	$F_y$	Debe usarse soldadura "compatible".
Compresión normal al área efectiva	Base	0.90	$F_y$	Puede usarse un metal de aportación (electrodo) con un nivel de resistencia igual o menor que el "compatible".
Tensión o compresión paralela al eje de la soldadura				
Cortante en el área efectiva	Base; electrodo de soldadura	0.9 0.80	$0.60F_y$ $0.60F_{EXX}$	
<b>Soldaduras de ranura con penetración parcial</b>				
Compresión normal al área efectiva	Base	0.90	$F_y$	Puede usarse un metal de aportación (electrodo) con un nivel de resistencia igual o menor que el "compatible".
Tensión o compresión paralela al eje de la soldadura [d]				
Cortante paralelo al eje de la soldadura	Base; electrodo de soldadura	0.75	[e] $0.60F_{EXX}$	
Tensión normal al área efectiva	Base; electrodo de soldadura	0.90 0.80	$F_y$ $0.60F_{EXX}$	
<b>Soldaduras de filete</b>				
Cortante en el área efectiva	Base; electrodo de soldadura	0.75	[e] $0.60F_{EXX}$	Puede usarse un metal de aportación (electrodo) con un nivel de resistencia igual o menor que el "compatible".
Tensión o compresión paralela al eje de la soldadura [d]	Base	0.90	$F_y$	
<b>Soldaduras de tapón o muesca</b>				
Cortante paralelo a las superficies de contacto (sobre el área efectiva)	Base; electrodo de soldadura	0.75	[e] $0.60F_{EXX}$	Puede usarse un metal de aportación (electrodo) con un nivel de resistencia igual o menor que el "compatible".

Fuente: Mc Cormac

Tabla L-2 Selección de electrodos

ELECTRODO CORRECTO PARA USO EN TRABAJOS EN ACERO DULCE					
Tipo Hobart	No AWS y ASTM	Aplicación	Posición para soldar	Polaridad corriente	Gama de medidas
	E-6010	Para soldaduras para probar con rayos X, de tubos, estructurales y generales. Penetración profunda, escoria ligera y deposición promedio.	Todas las posiciones	CC inversa	3/32 - 1/4 pulg.
611 335A	E-6011	Básicamente igual que el E6010; también se usa con ca. Cuando se usa con cc de polaridad directa se logra un arco intenso para trabajo en lámina y de mucha velocidad.	Todas las posiciones	CA; CC directa o inversa	3/32 - 1/4 pulg.
12 212A 12A	E-6012	Para excelente calidad en uso general, en soldadura de filete y para puentear aberturas en piezas de ajuste difícil. Penetración mediana, escoria semigruesa y buena deposición.	Todas las posiciones	CA; CC polaridad directa	3/32 - 5/16 pulg.
413 447A 13A	E-6013	Para trabajo general de alta calidad y pocas salpicaduras. El tipo de uso más fácil por operadores inexpertos. Penetración suave. Escoria gruesa, buena deposición. El Hobart No 13A es para lámina.	Todas las posiciones hasta 3/16"	CA; CC polaridad directa o inversa	1/16 - 5/16 pulg.
111 111 HT	E-6020 E-7020	Para filete horizontal a alta velocidad y soldaduras en posición plana. Calidad para rayos X, sólo en placa gruesa. Penetración profunda, escoria gruesa, excelente deposición. Lo sustituyen gradualmente el E6024 y el E6027.	Filete horizontal plano	CA; CC polaridad directa	1/8 - 5/16 pulg.
14A	E-6014 E-7014	Para fabricación general donde intervienen deposición rápida y soldadura en posición incómoda. Mínima salpicadura, penetración suave y escoria semigruesa. Se puede usar técnica de arrastre.	Todas las posiciones hasta 3/16"	CA; CC polaridad directa o inversa	3/32 - 5/16 pulg.
24 24A	E-6024 E-7024	Para soldadura de filete en acero dulce, generalmente placa gruesa. Excelente deposición, buena calidad, penetración suave, escoria gruesa. Excelente aspecto de la soldadura. Se puede usar técnica de arrastre.	Filete horizontal plano	CA; CC polaridad directa o inversa	3/32 - 5/16 pulg.
27	E-6027 E-7027	Otro electrodo con recubrimiento grueso de hierro en polvo para deposición rápida en especial en soldaduras de filete ranurado o filetes horizontales planos o cóncavos. Este electrodo tiene excelente ductilidad y ha sustituido al E6020 en muchas aplicaciones. Se puede usar técnica de arrastre.	Filete horizontal plano	CA; CC polaridad directa o inversa	1/8 - 5/16 pulg.
Sulkote	E-4510 E-4520	Este electrodo con polvo ligero es excelente en soldaduras que se van a galvanizar o pintar. No tiene resistencia o ductilidad en comparación con electrodos recubiertos.	Todas las posiciones	CC polaridad directa	1/8 - 5/32 pulg.
710	E-7010-A1	Para soldaduras con calidad de rayos X y alta resistencia a la tracción. La adición de 0.5% de molibdeno lo hace adecuado para aceros de baja aleación de muchos tipos. Penetración profunda, escoria delgada, deposición promedio.	Todas las posiciones	CC polaridad inversa	1/8 - 3/16 pulg.
LH-718	E-6018 E-7018	Este electrodo de bajo hidrógeno, con hierro en polvo, es excelente para aceros de baja aleación y aceros dulces en donde se necesita calidad y confiabilidad. Muy buena deposición, penetración mediana, escoria mediana. Aprobado por MIL -22200 IB.	Todas las posiciones	CA; CC polaridad inversa	3/32 - 1/4 pulg.
LH-728	E-6028 E-7028	Un nuevo electrodo que combina la alta velocidad de deposición del No. 24 con la calidad de bajo hidrógeno del LH-718. Se puede usar la técnica de arrastre.	Filete horizontal plano	CA; CC polaridad inversa	1/8 - 5/8 pulg.

Fuente: Manual ACESCO

Tabla L-3 Selección de electrodos

Diámetro de electrodo	Rango del espesor del material aplicable
1/8"	1/16" a 3/32" (1.5 mm a 2.5 mm)
3/32"	1/8" a 5/32" (3.0 mm a 4.0 mm)
5/32"	5/32" a 1/4" (4.0 mm a 6.5 mm)
5/32" a 3/16"	3/16" a 3/8" (5.0 mm a 9.5 mm)
3/16" a 1/4"	1/4" a 1/2" (6.0 mm a 13.0 mm)
1/4"	3/8" a 1" (9.5 mm 25 mm)

Fuente: Manual ACESCO

## ANEXO M

**Prensa con accionamiento eléctrico**



**50 Ton**

- Bastidor: 880 x 1885 mm.
- Peso: 224 Kg.
- Ref. KP0-50E

**PANTALLAS PROTECTORAS PRENSAS KP**

- Kit de protección frontal con pantalla de policarbonato
- Varias posiciones de trabajo
- Adaptables a los modelos KP

**Kit panel frontal**

Comprende panel dedicado policarbonato, soportes y manivela

- Pantalla: 720 x 700 mm.
- Peso: 23 Kg.
- Ref. AS172F

**299 €**

**Serie estándar K**



**30 Ton**

- Bastidor: 670 x 1880 mm.
- Peso: 131 Kg.
- Ref. KMG-30

**Modelo con hidráulico independiente**

- Mesa de trabajo ajustable en altura
- Husillo de aproximación rápida

**30 Ton**

- Bastidor: 670 x 1820 mm.
- Peso: 135 Kg.
- Ref. KCK-30

**695 €**

**MEGA 4**

Figura M-1 costos de prensas hidráulicas

Fuente: MEGA equipamiento hidráulico de taller.

PROFI PRESS 30-60-100-160-200-300 TON											
											
<b>Available in / Verfügbar in</b> - 30 TON M/H-2 - 60 TON ECONOMIC - 60 TON M/H-M/C-2 - 100 TON ECONOMIC - 100 TON M/H-M/C-2 - 100 TON M/H-M/C-2 D=1500MM - 160 TON M/H-M/C-2 - 160 TON M/H-M/C-2 D=1500MM - 200 TON M/H-M/C-2 D=1300MM - 300 TON M/H-M/C-2 D=1750MM											
<b>Special versions of this press are available on request.</b> <b>Auf Anfrage sind Sonderausführungen dieser Presse erhältlich.</b>											
<b>A</b> Hydraulic unit / Hydraulische argregaat <b>B</b> Table adjustment / Tafel verstellung <b>C</b> Movable cylinder (left-right) / Verschiebbare Zylinder (links-rechts) <b>D</b> Cylinder fixed / Zylinder blockkierung <b>E</b> Set of V-blocks (2 pcs) / V-Block-Satz (2 Stück)											
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <span>30 TON M/H-M/C-2</span> </div>											
SPECIFICATIONS / TECHNISCHE DATEN		30 TON M/H-2	60 TON M/H-M/C-2	60 TON ECONOMIC	100 TON M/H-M/C-2	100 TON ECONOMIC	100 TON M/H-M/C-2 D=1500	160 TON M/H-M/C-2 D=1500	160 TON M/H-M/C-2 D=1300	200 TON M/H-M/C-2 D=1750	300 TON M/H-M/C-2 D=1750
Pressure force / Presskraft	[kN]	294	588	588	981	981	981	1570	1570	1962	2943
Pressure max. / Druck max.	[bar]	221	259	259	258	258	258	255	255	243	260
Cylinder stroke / Kolbenhub	[mm]	380	380	380	380	380	380	400	400	400	500
Oil delivery / Öllieferung	[ltr/min]	2.82/11.84	2.82/11.84	2.82	5.64/17.2	5.64	5.64/17.2	7.1/27.6	7.1/27.6	7.1/27.6	7.1/27.6
Oil tank capacity / Öltankinhalt - Oil type / Öltyp: TL-46	[dm <sup>3</sup> ]	51	51	51	51	51	51	51	51	51	70
Press speed / Pressgeschwindigkeit	[mm/sec]	3.57	2.07	2.07	2.47	2.47	2.47	2.40	2.40	1.84	1.74
Cylinder lowering speed / Vorschubgeschwindigkeit	[mm/sec]	15.00	8.69	2.07	7.54	2.47	7.54	7.48	7.48	5.73	4.9
Return speed / Rücklaufgeschwindigkeit	[mm/sec]	18.11	10.79	2.57	9.06	2.97	9.06	9.35	9.35	7.08	5.67
Motor power / Motorleistung	[kW]	1.5	1.5	1.5	2.2	2.2	2.2	3	3	3	5.5
Voltage / Spannung	[V]	400/3	400/3	400/3	400/3	400/3	400/3	400/3	400/3	400/3	400/3
Frequency / Frequenz	[Hz]	50/60	50/60	50/60	50/60	50/60	50/60	50/60	50/60	50/60	50/60
Revolutions per minute / Drehzahl pro Minute	[rpm]	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000
Insulation protection / Schutzklasse	[IP]	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54
Insulation classification / Isolationsklasse		I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
Fixed cylinder / Fester Zylinder		✓		✓		✓					
Movable cylinder / Verschiebbarem Zylinder			✓		✓		✓	✓	✓	✓	✓
Speeds / Geschwindigkeit		2	2	1	2	1	2	2	2	2	2
Working width / Arbeitsbreite	[mm]	750	750	750	1100	1100	1500	1100	1500	1300	1750
Weight / Gewicht	[kg]	385	540	480	970	800	1145	1195	1430	1690	2320
<b>Diameters / Durchmesser</b>											
Diameter of cylinder / Zylinderdurchmesser	[mm]	130	170	170	220	220	220	280	280	325	380
Diameter of piston rod / Durchmesser der Kolbenstange	[mm]	55	75	75	90	90	90	125	125	140	180
Diameter of piston head / Durchmesser der Kolbenbodens	[mm]	80	100	100	120	120	120	160	160	175	210

Figura M-2 características de prensas hidráulicas

Fuente: Direct Industry, <http://www.directindustry.es/>



### 6.11 DESCRIPCIÓN

AGME desarrolla prensas eléctricas para procesos que requieren una monitorización constante de la fuerza aplicada, posición, tiempo de prensado y velocidad. Con estas prensas se pueden aplicar fuerzas desde 0,5 KN hasta 120 KN. Los accionamientos son eléctricos y no requieren de ninguna otra fuente de energía. Neumática o hidráulica.

Se pueden captar y registrar los datos del proceso, permitiendo también enviarlos a un PC para ser tratados. Las prensas eléctricas permiten chequear las curvas de prensado tras la operación facilitando la monitorización de la calidad del producto. La programación se realiza de forma muy sencilla mediante consola con teclado y monitor LCD.

Además de un mayor control del aseguramiento de la calidad, otras ventajas de trabajar con prensas eléctricas son:

- Seguridad, ahorro de energía y limpieza:

Ambiente de trabajo silencioso y limpio

Consumen el 10-20% de energía de lo que consumen otro tipo de prensas.

Reducción de costes de operación aunque su costo de adquisición supera a las prensas Neumática o hidráulica.

Facilidad de montaje

- Alta precisión: respetabilidad +/- 0.005 mm

- Amplia variedad de modos de prensado: velocidad constante con parada por posición, carga y distancia.

- Existencia de modelos preparados para salas blancas.

Figura M-3 características de prensas electrica

Fuente: <http://www.directindustry.es/prod/agme/prensa-electrica-16221-472017.html>



**Características**

- Tipo de proceso : remachar, de embutido, para desbarbar, para embutir
- Accionamiento: neumática

**Descripción**

*Esta es una traducción automática. Para ver el texto original en inglés [haga clic aquí](#)*

El modelo de S2PBT es una prensa neumática que es ideal para el uso en diversas clases de usos que incluye clavar, ajustando, dibujando, afinando, clasificando, enderezándose, doblándose, y así como cortar con tintas. La unidad tiene un área de funcionamiento que miden 160 milímetros x 160 milímetros, y tiene una altura de funcionamiento extrema de 400 milímetros. Tiene un movimiento configurable del estante de 63 milímetros, y tiene una fuerza de funcionamiento de 250 kilogramos.

El modelo se equipa de una caña esas medidas 33 milímetros x 27 milímetros de diámetro. También viene con una garganta esas medidas 145 milímetros.

Más información en la página web de SOMAUT S.r.l. [🔗](#)

Figura M-4 características de prensas neumática

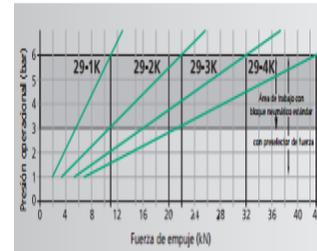
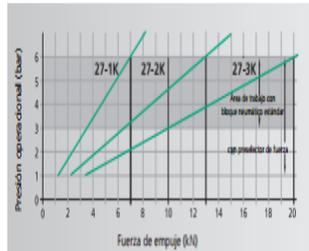
Fuente: <http://www.directindustry.es/prod/somaut-srl/prensa-embutido-remachar-desbarbar-embutir-34301-1028449.html>

## PneumaticPress SCHMIDT®

Efecto directo con fuerza constante en toda la carrera

### Características

- Eje cilíndrico antirotación
- Posición del husillo ajustable en punto muerto inferior mediante tope mecánico de presión (1 línea división = 0,05 mm) en escala
- Tabla transversal con tornillo de fijación en la mesa de la prensa



Modelo prensa		27-1K	27-2K	27-3K	29-1K	29-2K	29-3K	29-4K
Carrera de trabajo	<b>A</b> mm	50, 75, 100 160, 200 250, 300	50, 75 100, 125 160, 200	50, 75 100, 125 160	50, 75 100, 160 200, 300	50, 75 100, 125 160, 200	50, 75 100, 125 160	50, 75 100
Fuerza nominal a 6 bar	kN	7	13	20	11	22	32	43
Escote	<b>C</b> mm	131	131	131	140	140	140	140
Suplemento escotes $\phi$	mm	151	151	151	160, 180	160, 180	160, 180	160
Plato de montaje adicional para las profundidades de escotes		$\phi$	$\phi$	$\phi$	$\phi$	$\phi$	$\phi$	$\phi$
Taladro husillo	$\phi$ mm	20H7	20H7	20H7	20H7	20H7	20H7	20H7
Diámetro del husillo	$\phi$ mm	40	40	40	50	50	50	50
<b>Altura de trabajo</b>	<b>F</b>							
Columna No. 34	mm	90-270	90-270	90-270				
Columna No. 301 $\phi$	mm	160-400	160-400	160-400				
Columna No. 301-500 $\phi$	mm	310-550	310-550	310-550				
Columna No. 29	mm				80-290	80-290	80-290	80-290
Columna No. 29-500 $\phi$	mm				150-500	150-500	150-500	150-500
Columna No. 29-600 $\phi$	mm				250-600	250-600	250-600	250-600
Peso (estándar)		85	85	85	120	120	120	120
<b>Modelo soporte vertical</b>		27-1K-FL	27-2K-FL	27-3K-FL	29-1K-FL	29-2K-FL	29-3K-FL	29-4K-FL
Cilindro	<b>Z</b> $\phi$ mm	132	132	132	170	170	170	170
Pletina	<b>FL</b> $\phi$ mm	180	180	180	220	220	220	220
Entrecaras	<b>SW</b> mm	140	140	140	180	180	180	180
Saliente de centrado	<b>ZA</b> $\phi$ mm	68	68	68	80	80	80	80

Características columnas	Modelo prensa	Altura columna M (mm)	Tamaño mesa B x T (mm)	Taladro mesa D $\phi$ mm	Altura mesa K (mm)	Superficie montaje B x L (mm)
No. 34	27	630	200 x 160	25H7	111	200 x 370
No. 301	27	830	250 x 200	40H7	145	250 x 460
Columna No. 301-500 $\phi$	27	990	250 x 200	40H7	145	250 x 480
Base especial de montaje con tres ranuras longitudinales $\phi$			300 x 220 400 x 230	40H7 40H7		
Columna No. 29	29	690	300 x 220	40H7	141	300 x 460
Columna No. 29-500 $\phi$	29	990	300 x 220	40H7	166	300 x 540
Columna No. 29-600 $\phi$	29	1110	300 x 220	40H7	166	300 x 565
Base especial de montaje con tres ranuras longitudinales $\phi$			355 x 225 400 x 230	40H7 40H7		

Figura M-5 características de prensas neumática

Fuente: [http://www.schmidttechnology.de/es/maschinen/download/3\\_Prensas\\_Neumaticas\\_es.pdf](http://www.schmidttechnology.de/es/maschinen/download/3_Prensas_Neumaticas_es.pdf)

*Tabla 1.1 Características comparativas de los sistemas neumático e hidráulico*

	Neumática	Hidráulica
Efecto de las fugas	Solo pérdida de energía	Contaminación
Influencia del ambiente	A prueba de explosión. Insensible a la temperatura	Riesgo de incendio en caso de fuga. Sensible a cambios de la temperatura
Almacenaje de energía	Fácil	Limitada
Transmisión de energía	Hasta 1.000 m.. Caudal $v = 20 - 40$ m/s. Velocidad de la señal $20 - 40$ m/s	Hasta 1.000 m.. Caudal $v = 2 - 6$ m/s. Velocidad de la señal hasta 1.000 m/s
Velocidad de operación	$V = 1,5$ m/s	$V = 0,5$ m/s
Coste de la alimentación	Muy alto	Alto
Movimiento lineal	Simple con cilindros. Fuerzas limitadas. Velocidad dependiente de la carga	Simple con cilindros. Buen control de velocidad. Fuerzas muy grandes
Movimiento giratorio	Simple, ineficiente, alta velocidad	Simple, par alto, baja velocidad
Exactitud de posición	1/10 mm posible sin carga	Puede conseguirse 1 mm
Estabilidad	Baja, el aire es compresible	Alta, ya que el aceite es casi incompresible, además el nivel de presión es más alto que en el neumático

Figura M-6 características comparativas de los sistemas neumáticos e hidráulicos

Fuente: (Sole, 2007)

## ANEXO N

### comando de motores y circuitos de distribución

(Aptos para coordinación Tipo 2)

#### Contadores LC1D09 a D150.

Referencia TeSys	HP220V	HP440V	AC3	AC1	Contactos Auxiliares	Precio
LC1D09	3	5.5	9	25	1NA+1NC	145.500
LC1D12	4	7.5	12	25	1NA+1NC	177.600
LC1D18	5.5	12	18	32	1NA+1NC	232.200
LC1D25	7.5	15	25	40	1NA+1NC	318.900
LC1D32	10	20	32	50	1NA+1NC	471.900
LC1D38	12	25	38	50	1NA+1NC	552.100
LC1D40	15	30	40	60	1NA+1NC	589.600
LC1D50	20	40	50	80	1NA+1NC	691.200
LC1D65	25	50	65	80	1NA+1NC	868.800
LC1D80	30	61	80	125	1NA+1NC	1.109.600
LC1D95	34	68	95	125	1NA+1NC	1.155.600
LC1D115	40	80	115	200	1NA+1NC	1.560.100
LC1D150	54	108	150	200	1NA+1NC	1.776.200

Voltios 24 48 110 220 440  
 Para completar: LC1D09 a D95 B7 E7 F7 M7 R7 50/60 Hz  
 LC1D115 a D150 B6 E6 F6 M6 R6 60 Hz

Versiones en cc favor consultarnos.

Figura N-1 Contactores

Fuente: Sistemas electrónicos y automáticos

Referencia	HP 220V/440V	Regulación (A)	I corte 415V	Precio
GV2P03	0.1/0.12	0.25 - 0.44	> 100KA	268.600
GV2P04	0.1/0.24	0.40 - 0.63	> 100KA	283.600
GV2P05	0.25/0.5	0.63 - 1	> 100KA	319.900
GV2P06	0.34/0.75	1 - 1.6	> 100KA	319.900
GV2P07	0.5/1.5	1.6 - 2.5	> 100KA	319.900
GV2P08	1/2	2.5 - 4	> 100KA	319.900
GV2P10	1.5/4	4 - 6.3	> 100KA	319.900
GV2P14	3/5	6.3 - 10	> 100KA	399.100
GV2P16	4/10	9 - 14	> 100KA	479.400
GV2P20	5/10	13 - 18	50KA	514.700
GV2P21	7/12	17 - 23	50KA	539.300
GV2P22	7/15	20 - 25	50KA	762.900
GV2P32	10/20	24 - 32	50KA	1.028.300

#### Relés térmicos Telemecanique

Figura N-2 Relés térmicos

Fuente: Sistemas electrónicos y automáticos

<b>Número AWG</b>	<b>Diámetro (mm)</b>	<b>Sección (mm<sup>2</sup>)</b>	<b>Capacidad (A)</b>
4/0	11,86	107,2	319
3/0	10,4	85,3	240
2/0	9,226	67,43	190
0	8,252	53,48	150
1	7,348	42,41	120
2	6,544	33,63	96
3	5,827	26,67	78
4	5,189	21,15	60
5	4,621	16,77	48
6	4,115	13,3	38
7	3,665	10,55	30

Figura N-3 numeración de cables

Fuente: [www.websoldaduras.com.ar](http://www.websoldaduras.com.ar)

## ANEXO O

mayo-2015			
1. TASAS DE INTERÉS ACTIVAS EFECTIVAS VIGENTES			
Tasas Referenciales		Tasas Máximas	
Tasa Activa Efectiva Referencial para el segmento:	% anual	Tasa Activa Efectiva Máxima para el segmento:	% anual
Productivo Corporativo	8.45	Productivo Corporativo	9.33
Productivo Empresarial	9.53	Productivo Empresarial	10.21
Productivo PYMES	11.15	Productivo PYMES	11.83
Consumo	15.82	Consumo	16.30
Vivienda	10.76	Vivienda	11.33
Microcrédito Acumulación Ampliada	22.07	Microcrédito Acumulación Ampliada	25.50
Microcrédito Acumulación Simple	24.67	Microcrédito Acumulación Simple	27.50
Microcrédito Minorista	27.75	Microcrédito Minorista	30.50
2. TASAS DE INTERÉS PASIVAS EFECTIVAS PROMEDIO POR INSTRUMENTO			
Tasas Referenciales	% anual	Tasas Referenciales	% anual
Depósitos a plazo	5.51	Depósitos de Ahorro	1.23
Depósitos monetarios	0.55	Depósitos de Tarjetahabientes	1.26
Operaciones de Reporto	0.08		
3. TASAS DE INTERÉS PASIVAS EFECTIVAS REFERENCIALES POR PLAZO			
Tasas Referenciales	% anual	Tasas Referenciales	% anual
Plazo 30-60	4.37	Plazo 121-180	5.96
Plazo 61-90	4.88	Plazo 181-360	6.61
Plazo 91-120	5.65	Plazo 361 y más	7.54

Figura O-1: Tasa de interés mayo 2015

Fuente: Banco central del Ecuador

FECHA	VALOR	FECHA	VALOR
Marzo-31-2015	3.76%	Marzo-31-2014	3.11%
Febrero-28-2015	4.05%	Febrero-28-2014	2.85%
Enero-31-2015	3.53%	Enero-31-2014	2.92%
Diciembre-31-2014	3.67%	Diciembre-31-2013	2.70%
Noviembre-30-2014	3.76%	Noviembre-30-2013	2.30%
Octubre-31-2014	3.98%	Octubre-31-2013	2.04%
Septiembre-30-2014	4.19%	Septiembre-30-2013	1.71%
Agosto-31-2014	4.15%	Agosto-31-2013	2.27%
Julio-31-2014	4.11%	Julio-31-2013	2.39%
Junio-30-2014	3.67%	Junio-30-2013	2.68%
Mayo-31-2014	3.41%	Mayo-31-2013	3.01%
Abril-30-2014	3.23%	Abril-30-2013	3.03%
		<b>Promedio</b>	<b>3.18%</b>

Figura O-2: Inflación del Ecuador de los últimos dos años

Fuente: Banco central del Ecuador

## ANEXO FOTOS



Ensayos a compresión



Probetas para ensayos a compresión



Máquina universal



Probetas posterior al ensayo de compresión



Probetas para ensayos a flexión



Probeta expuesta a cargas





Molde con radio de curvatura 200 mm



Ensayo de prensado para determinación de cargas



Determinación de carga



Colado de las láminas



Exposición del pegamento en agua



Probetas para ensayo de pegamento



Construcción de la prensa



Perforado de partes



Perforado soporte de ruedas



Esmerilado de partes



Medición del diámetro del eje



Torneado del eje AISI 4340



Estructura soldada



Estructura, mesa y carrito acoplados



Sistema hidráulico motor, bomba y tanque



Tecla



Placa base del motor



Instalación de mangueras de presión



Mando direccional



Máquina terminada



Prueba de funcionamiento



Respaldos de sillas curvados



Respaldos de sillas



Curvado de láminas

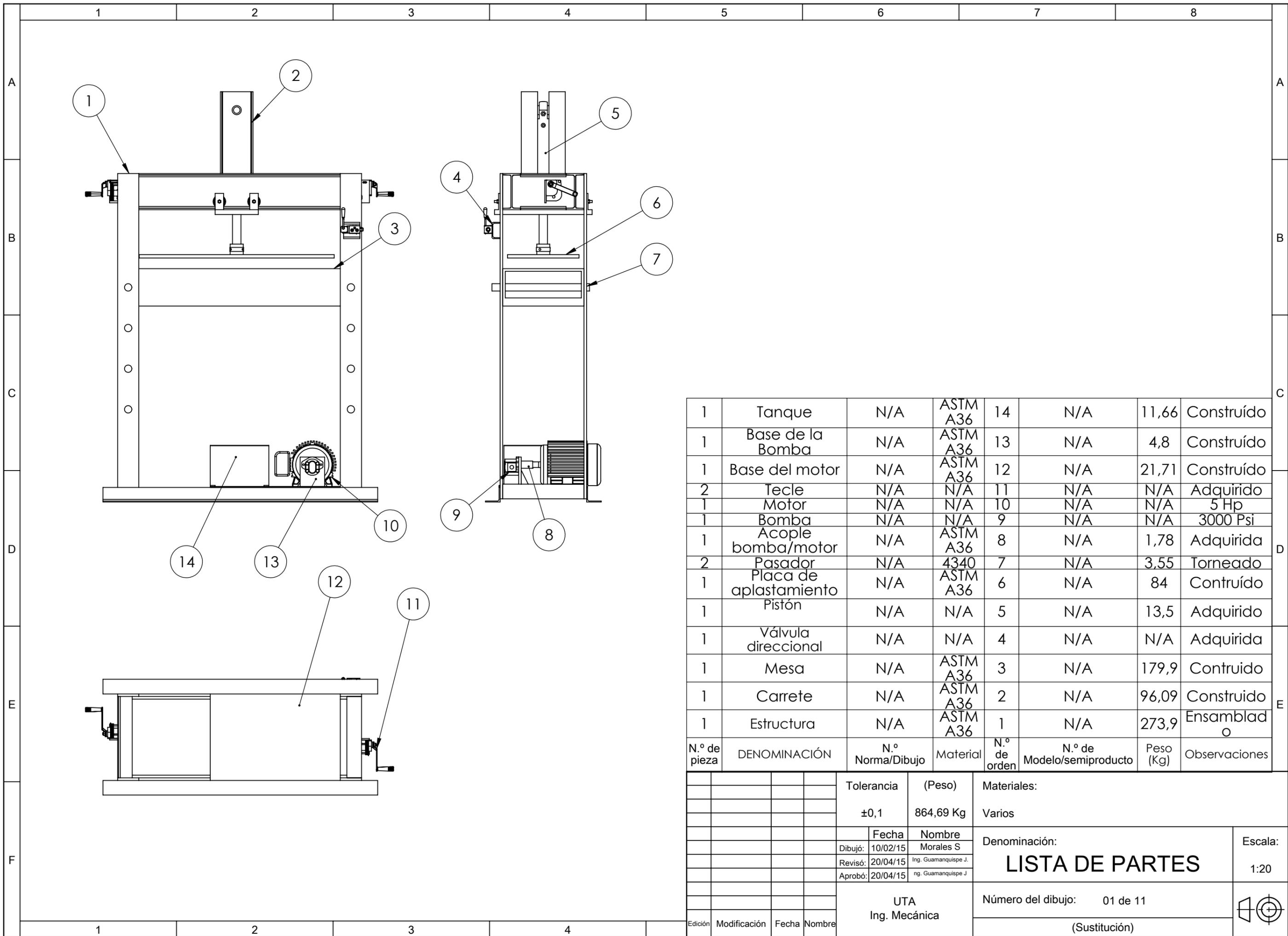


Trazado posterior



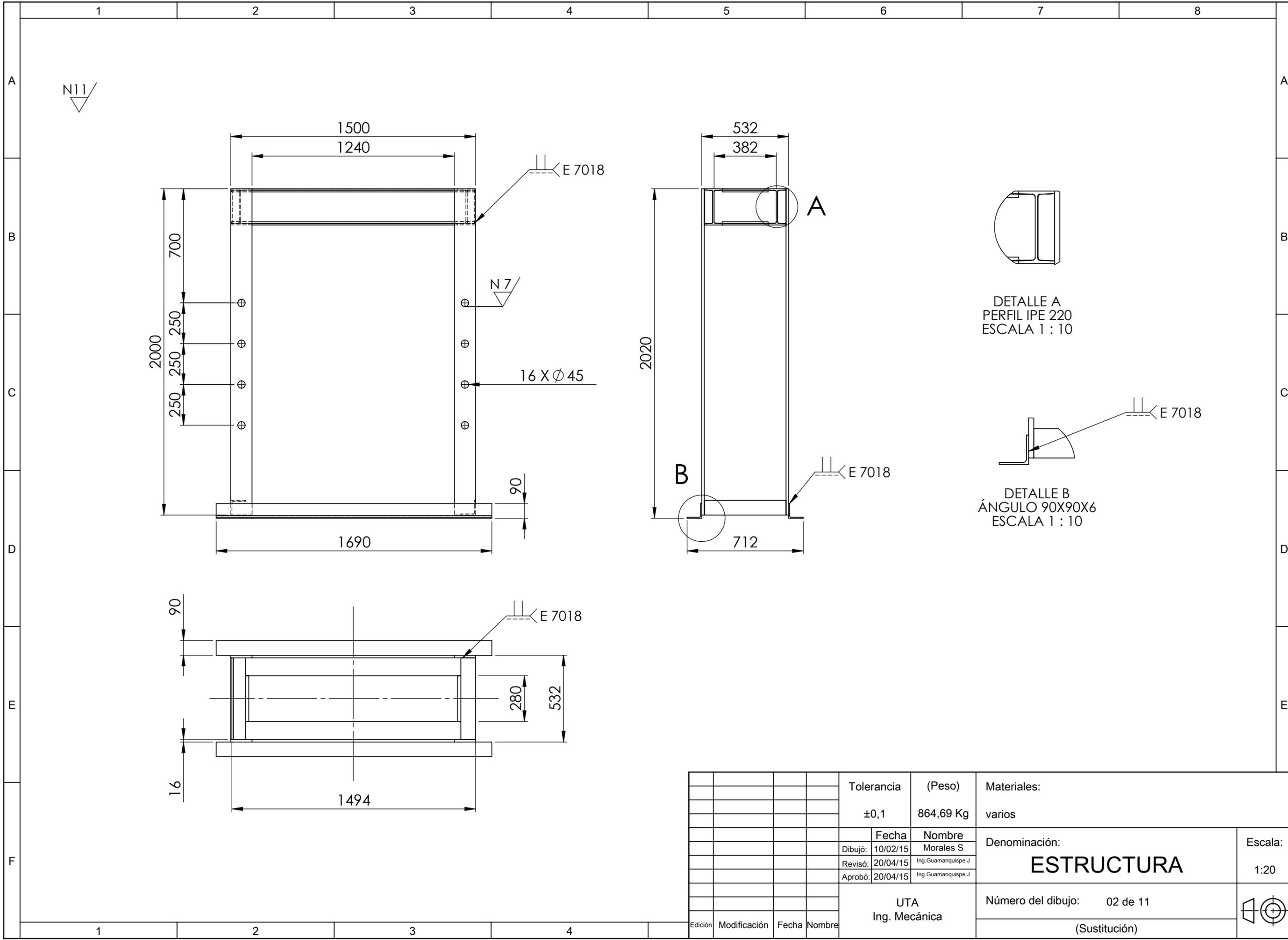
Silla terminada

## **ANEXO PLANOS**



N.º de pieza	DENOMINACIÓN	N.º Norma/Dibujo	Material	N.º de orden	N.º de Modelo/semiproducto	Peso (Kg)	Observaciones
1	Tanque	N/A	ASTM A36	14	N/A	11,66	Construído
1	Base de la Bomba	N/A	ASTM A36	13	N/A	4,8	Construído
1	Base del motor	N/A	ASTM A36	12	N/A	21,71	Construído
2	Tecla	N/A	N/A	11	N/A	N/A	Adquirido
1	Motor	N/A	N/A	10	N/A	N/A	5 Hp
1	Bomba	N/A	N/A	9	N/A	N/A	3000 Psi
1	Acople bomba/motor	N/A	ASTM A36	8	N/A	1,78	Adquirida
2	Pasador	N/A	4340	7	N/A	3,55	Torneado
1	Placa de aplastamiento	N/A	ASTM A36	6	N/A	84	Contruído
1	Pistón	N/A	N/A	5	N/A	13,5	Adquirido
1	Válvula direccional	N/A	N/A	4	N/A	N/A	Adquirida
1	Mesa	N/A	ASTM A36	3	N/A	179,9	Contruído
1	Carrete	N/A	ASTM A36	2	N/A	96,09	Construído
1	Estructura	N/A	ASTM A36	1	N/A	273,9	Ensamblado

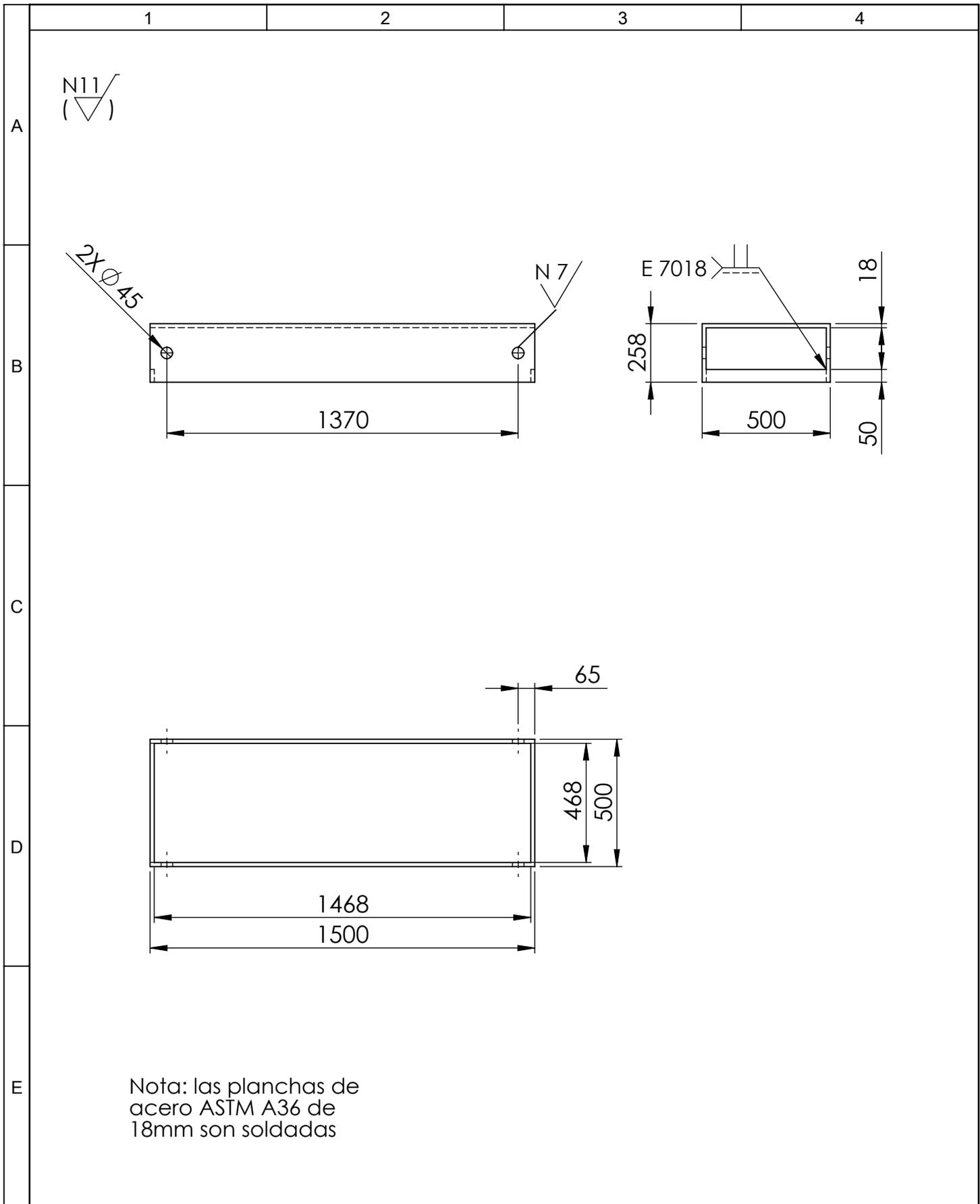
Tolerancia		(Peso)		Materiales:	
±0,1		864,69 Kg		Varios	
Fecha		Nombre		Denominación:	
Dibujó: 10/02/15		Morales S		LISTA DE PARTES	
Revisó: 20/04/15		Ing. Guamanquispe J.		Escala:	
Aprobó: 20/04/15		Ing. Guamanquispe J.		1:20	
UTA Ing. Mecánica				Número del dibujo: 01 de 11	
Edición				(Sustitución)	
Modificación					
Fecha					
Nombre					

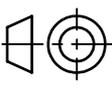


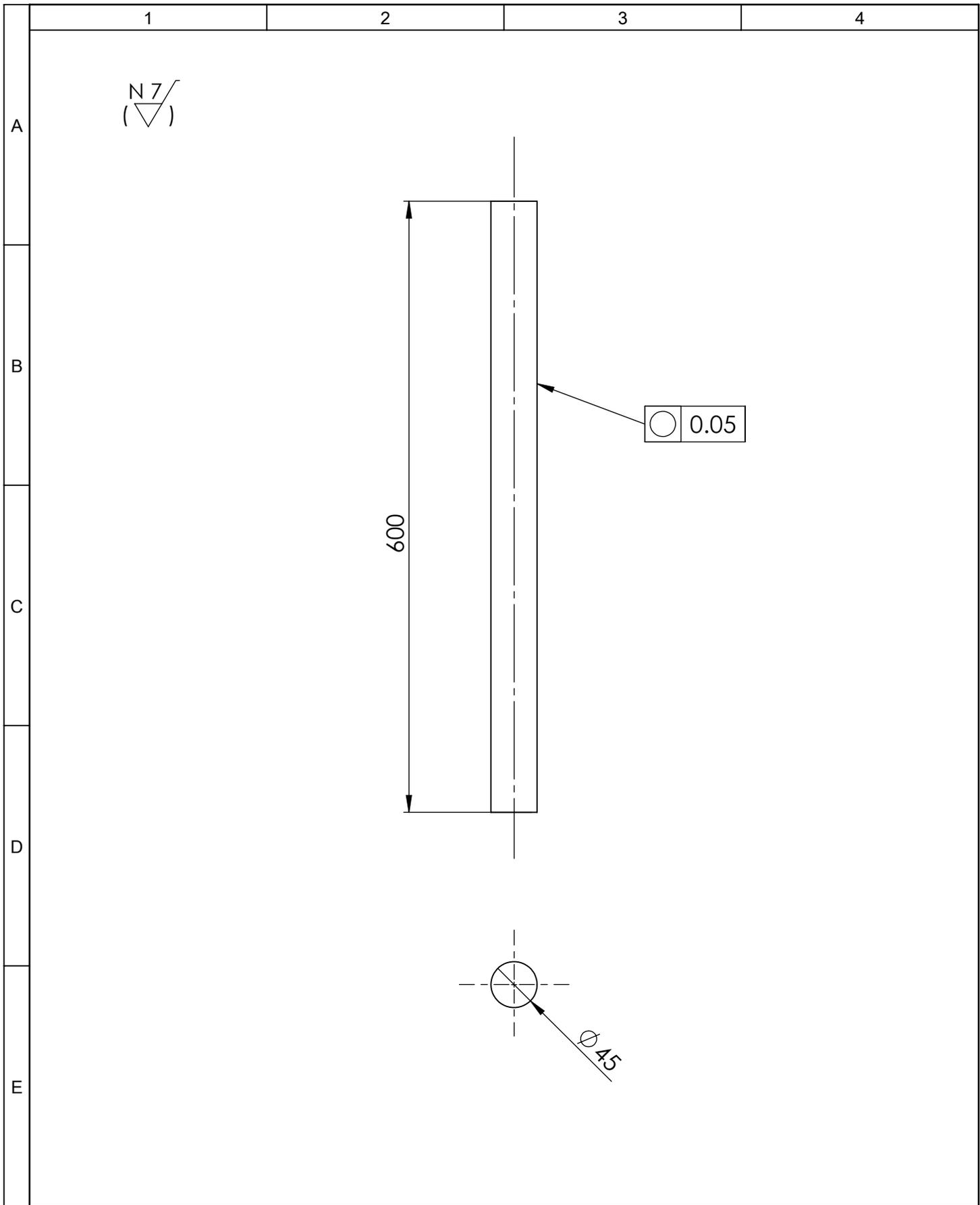
DETALLE A  
PERFIL IPE 220  
ESCALA 1 : 10

DETALLE B  
ÁNGULO 90X90X6  
ESCALA 1 : 10

				Tolerancia	(Peso)	Materiales:	
				±0,1	864,69 Kg	varios	
					Fecha	Nombre	Denominación:
				Dibujó:	10/02/15	Morales S	<b>ESTRUCTURA</b>
				Revisó:	20/04/15	Ing. Guamanquispe J	
				Aprobó:	20/04/15	Ing. Guamanquispe J	
				UTA Ing. Mecánica		Número del dibujo:	02 de 11
						(Sustitución)	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre				Escala: 1:20

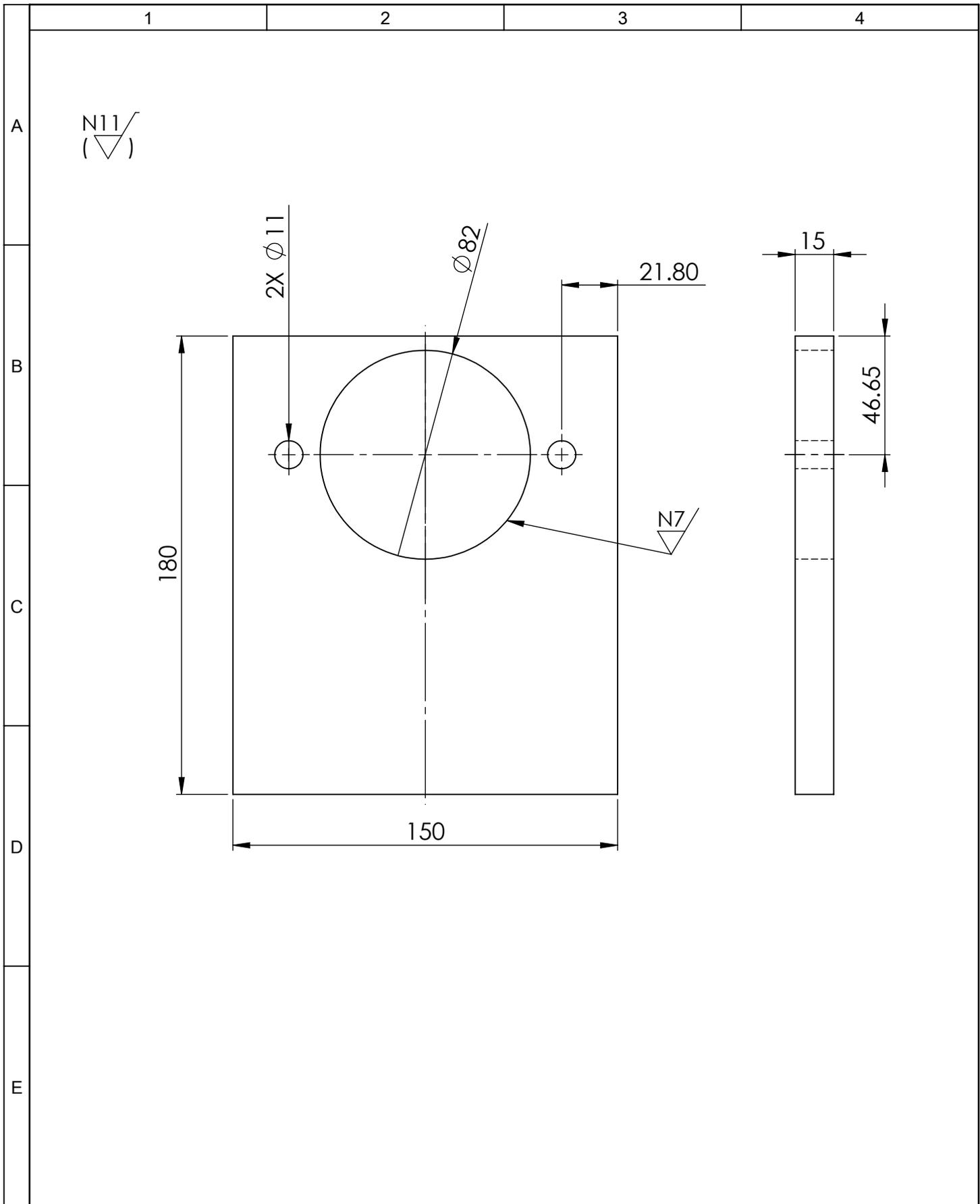


				Tolerancia	(Peso)	Materiales:	
				±0,1	179,9 Kg	Plancha de Acero Laminada en caliente ASTM A36	
				Fecha	Nombre	Denominación:	Escala:
			Dibujó:	10/02/15	Morales S		
			Revisó:	20/04/15	Ing. Guamanquispe J		
			Aprobó:	20/04/15	Ing. Guamanquispe J		
				UTA Ing. Mecánica		Número del dibujo:	03 de 11
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	
							

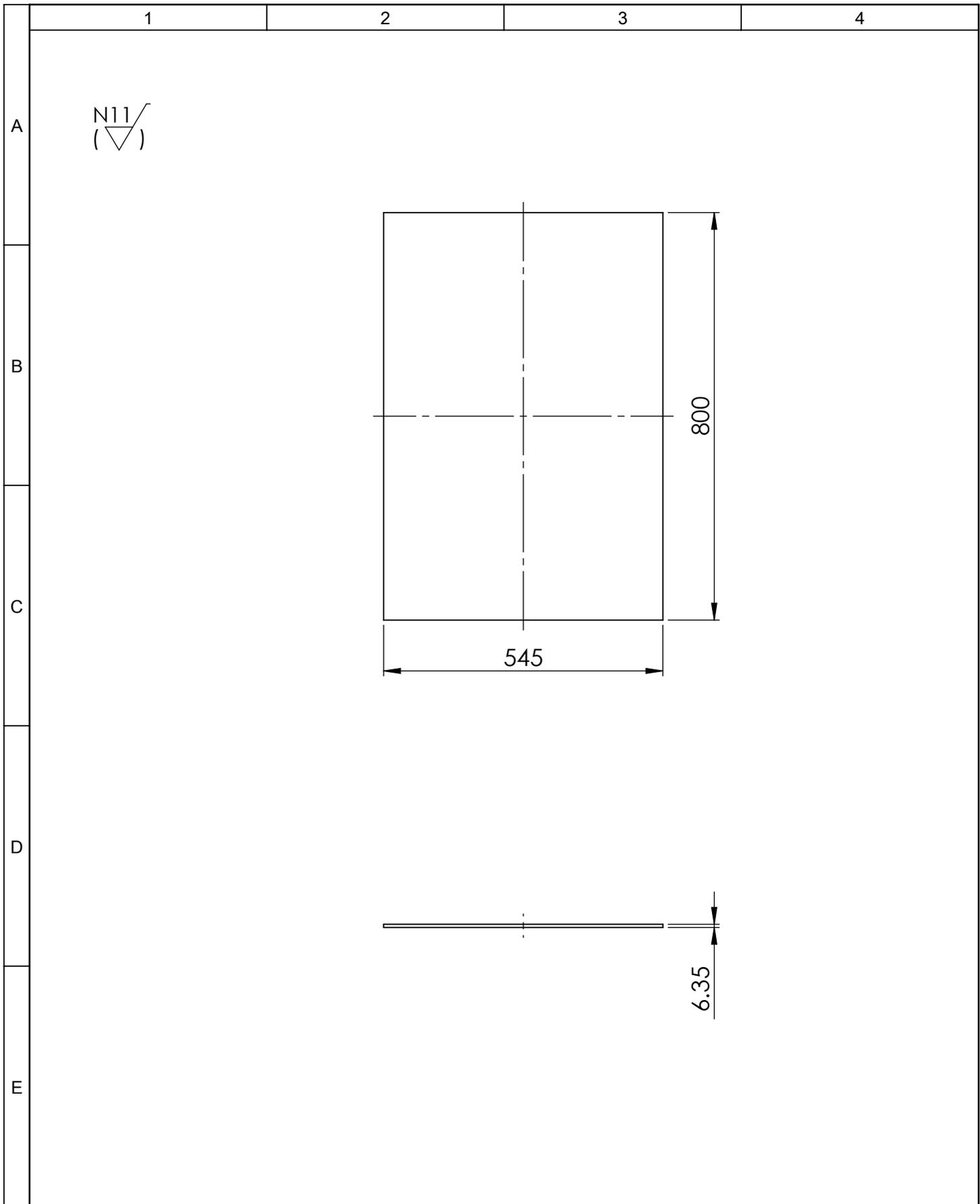


				Tolerancia	(Peso)	Materiales:	
				±0,1	3,55 Kg	Eje de Acero AISI 4340	
				Fecha	Nombre	Denominación:	Escala:
				Dibujó: 10/02/15	Morales S.		
				Revisó: 20/04/15	Ing. Guamanquispe J		
				Aprobó: 20/04/15	Ing. Guamanquispe J	PASADOR	1:5
				UTA Ing. Mecánica			
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	

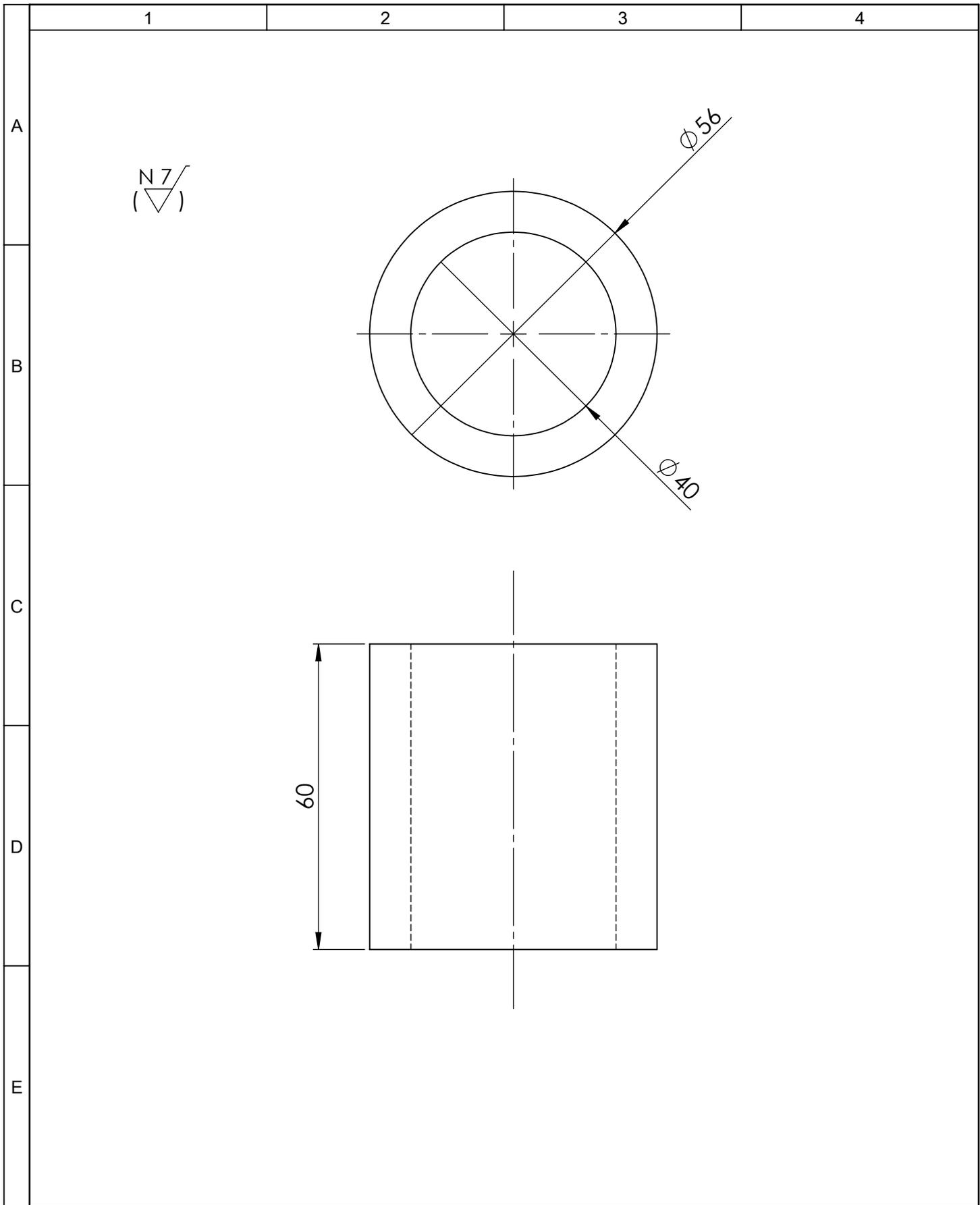




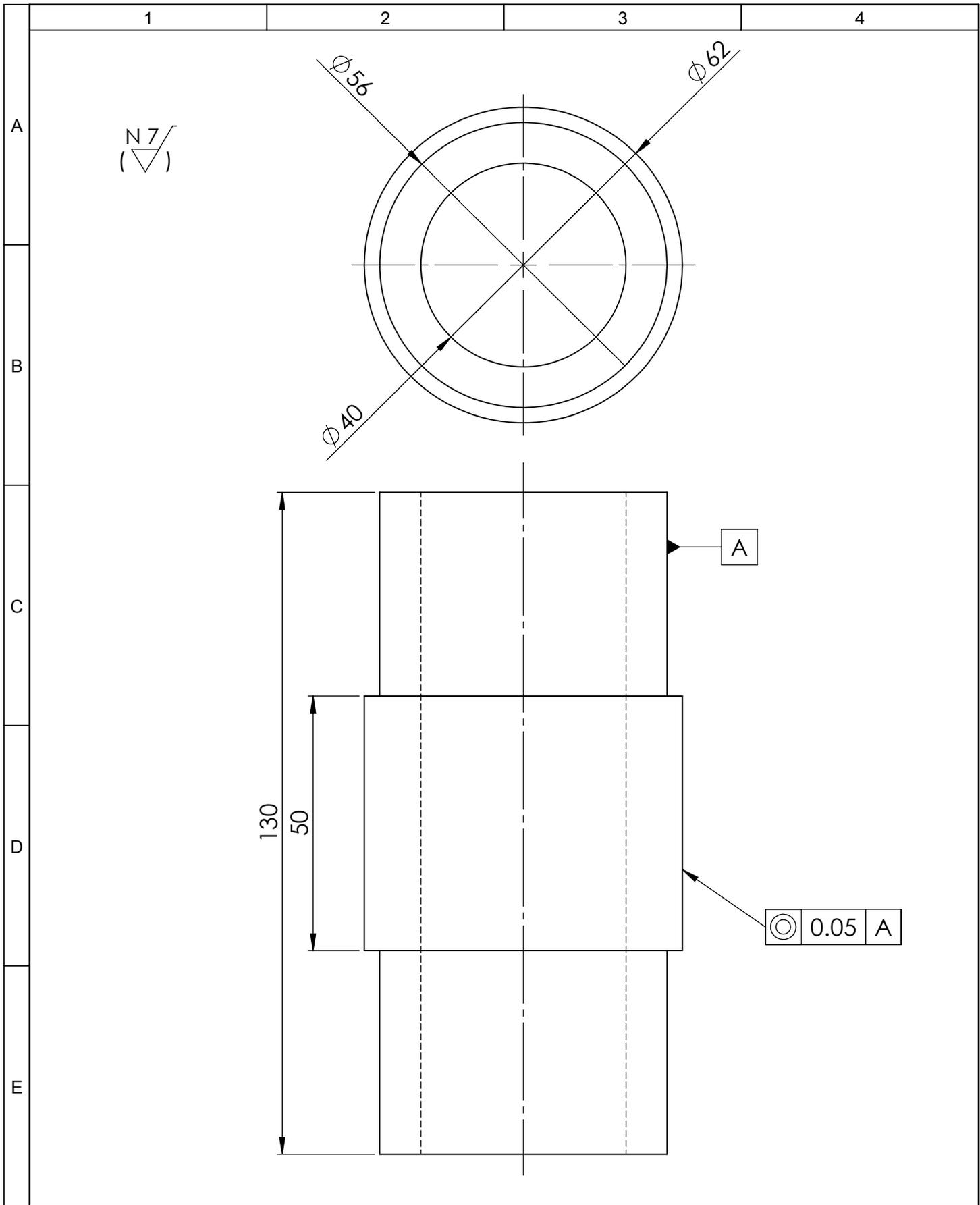
				Tolerancia	(Peso)	Materiales:	
				±0,1	4,8 Kg	Placa de Acero ASTM A36 e=15mm	
				Fecha	Nombre	Denominación:	Escala:
			Dibujó:	10/02/15	Morales S.		
			Revisó:	20/04/15	Ing. Guamanquispe J		
				Aprobó:	20/04/15	Ing. Guamanquispe J	1:2
				UTA		Número del dibujo:	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre	Ing. Mecánica		06 de 11	
						(Sustitución)	



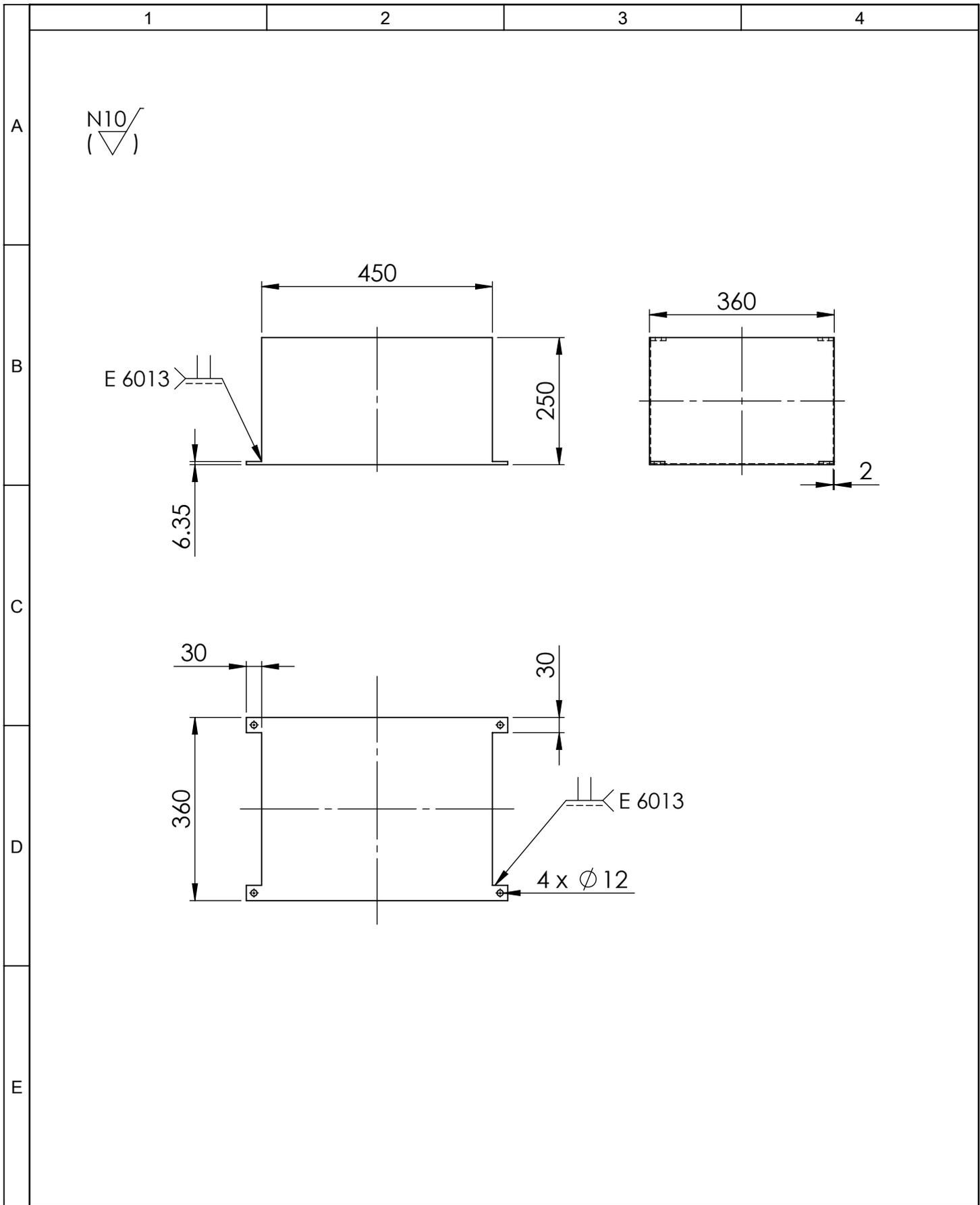
				Tolerancia	(Peso)	Materiales:	
				±0,1	21.71 Kg	Plancha de Acero ASTM A36 e=1/4	
				Fecha	Nombre	Denominación:	Escala:
			Dibujó:	10/02/15	Morales S.		
			Revisó:	20/04/15	Ing. Guamanquispe J.		
				Aprobó:	20/04/15	Ing. Guamanquispe J.	1:10
				UTA		Número del dibujo:	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre	Ing. Mecánica		07 de 11	
							(Sustitución)



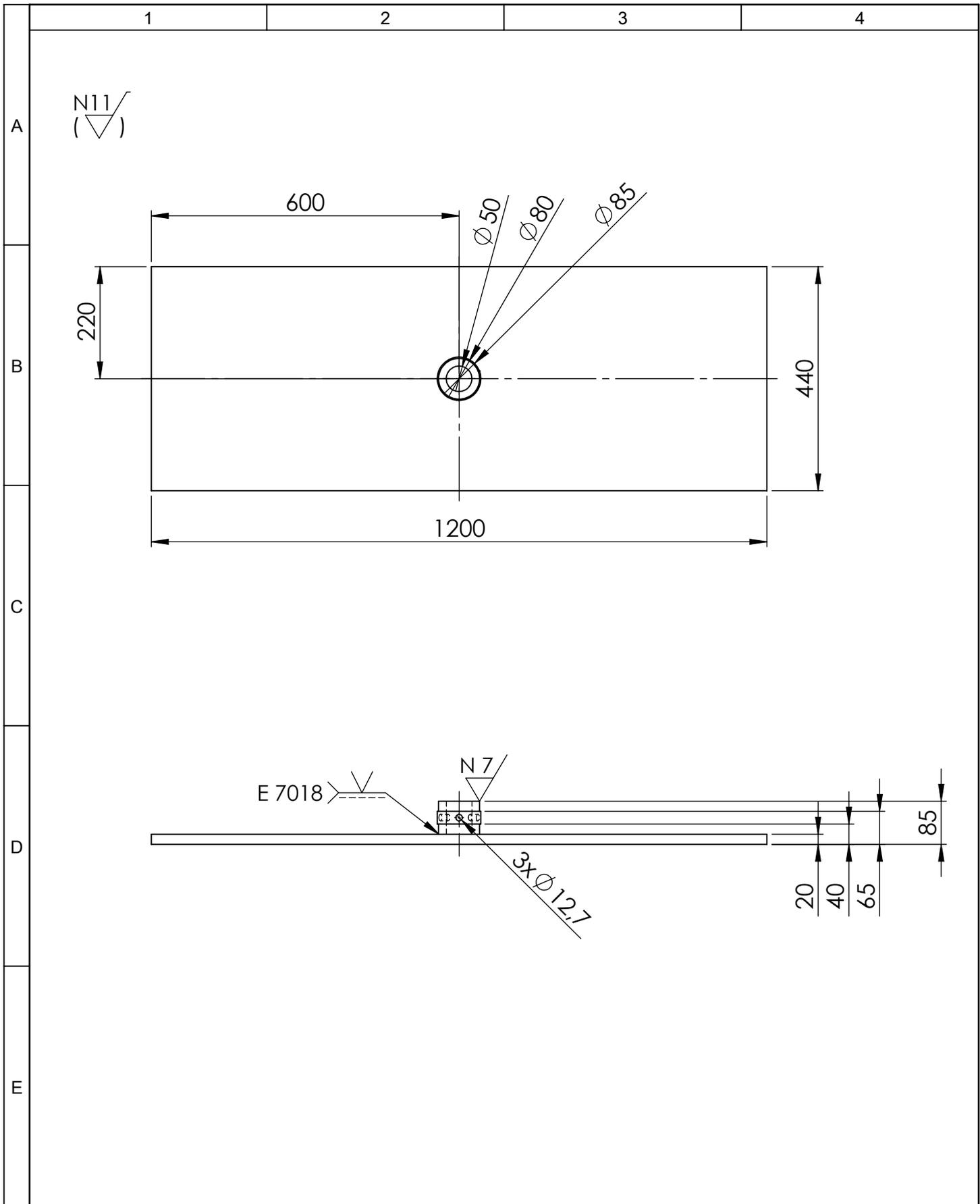
				Tolerancia	(Peso)	Materiales:			
				±0,1	0,5	Eje de Acero ASTM A36			
					Fecha	Nombre	Denominación:  Bocín		Escala:  1:1
				Dibujó:	10/02/15	Morales S.			
				Revisó:	20/04/15	Ing. Guamanquispe J.			
				Aprobó:	20/04/15	Ing. Guamanquispe J.	Número del dibujo: 08 de 11		
Edición	Modificación	Fecha	Nombre	UTA Ing. Mecánica					



				Tolerancia	(Peso)	Materiales:	
				±0,1	14,49 Kg	Eje de Acero ASTM A36	
				Fecha	Nombre	Denominación:	Escala:
			Dibujó:	10/02/15	Morales S		
			Revisó:	20/04/15	Ing. Guamanquispe J.		
				Aprobó:	20/04/15	Ing. Guamanquispe J.	1:1
				UTA		Número del dibujo:	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre	Ing. Mecánica		09 de 11	
						(Sustitución)	



				Tolerancia	(Peso)	Materiales:	
				±0,1	11.66 Kg	Plancha de Acero ASTM A36 e = 2mm PLacas de Acero ASTM A36 e = 1/4 in	
				Fecha	Nombre	Denominación:	Escala:
			Dibujó:	10/02/15	Morales S.		
			Revisó:	20/04/15	Ing. Guamanquispe J		
				Aprobó:	20/04/15	Ing. Guamanquispe J	1:10
				UTA Ing. Mecánica		Número del dibujo: 10 de 11	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	



				Tolerancia	(Peso)	Materiales:	
				±0,1	84 Kg	Plancha Acero ASTM A36 20 mm	
				Fecha	Nombre	Denominación:	Escala:
				Dibujó: 10/02/15	Morales S.	<b>PLANCHA DE APLASTAMIENTO</b>	1:10
				Revisó: 20/04/15	Ing. Guamanquispe J.		
				Aprobó: 20/04/15	Ing. Guamanquispe J.		
				UTA Ing. Mecánica		Número del dibujo: 11 de 11	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	