



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

**CONTROL DE CALIDAD EN EL PROCESO DE FABRICACIÓN
DE PUERTAS Y VENTANAS DE MADERA, PARA LA
REALIZACIÓN DE ENSAYOS**

Luis Fernando Mazariegos Alvarado
Asesorado por el Ing. Saulo Moisés Méndez Garza

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**CONTROL DE CALIDAD EN EL PROCESO DE FABRICACIÓN
DE PUERTAS Y VENTANAS DE MADERA, PARA LA
REALIZACIÓN DE ENSAYOS**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR:

LUIS FERNANDO MAZARIEGOS ALVARADO
ASESORADO POR EL ING. SAULO MOISÉS MÉNDEZ GARZA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO INDUSTRIAL

GUATEMALA, AGOSTO DE 2009

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Inga. Glenda Patricia García Soria
VOCAL II	Inga. Alba Maritza Guerrero de López
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. José Milton De León Bran
VOCAL V	Br. Isaac Sultán Mejía
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

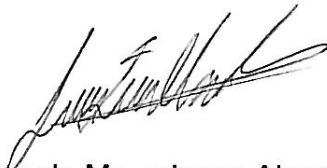
DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Cesar Augusto Akú Castillo
EXAMINADOR	Ing. Byron Gerardo Chocooj Barrientos
EXAMINADOR	Ing. Carlos Alex Olivares Ortíz
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

CONTROL DE CALIDAD EN EL PROCESO DE FABRICACIÓN DE PUERTAS Y VENTANAS DE MADERA, PARA LA REALIZACIÓN DE ENSAYOS,

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, el 26 de noviembre de 2007.



Luis Fernando Mazariegos Alvarado



Guatemala, 20 de marzo de 2009

Señor Director
Ing. José Francisco Gómez Rivera
Escuela de Mecánica Industrial
Facultad de Ingeniería, USAC

Respetable Director:

En mi calidad de asesor, tengo el agrado de dirigirme a usted para presentarle el trabajo de graduación del estudiante **Luis Fernando Mazariegos Alvarado**, denominado **CONTROL DE CALIDAD EN EL PROCESO DE FABRICACIÓN DE PUERTAS Y VENTANAS DE MADERA PARA LA REALIZACIÓN DE ENSAYOS**, previo a optar al examen público en la carrera de Ingeniería Industrial.

El presente trabajo cumple con los objetivos que dieron origen al mismo por lo tanto me permito recomendar su aprobación.

Me suscribo deferentemente,

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Saulo Moisés Méndez Garza".

Saulo Moisés Méndez Garza
Ingeniero Industrial, Colegiado 7165
Asesor de Trabajo de Graduación

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **CONTROL DE CALIDAD EN EL PROCESO DE FABRICACIÓN DE PUERTAS Y VENTANAS DE MADERA PARA LA REALIZACIÓN DE ENSAYOS**, presentado por el estudiante universitario **Luis Fernando Mazariegos Alvarado**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Firma manuscrita en tinta que dice "David Solares Cab".

Lic. David Solares Cabrera
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación
Escuela Mecánica Industrial

Guatemala, agosto de 2009.

/mgp

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el Visto Bueno del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística del trabajo de graduación titulado **CONTROL DE CALIDAD EN EL PROCESO DE FABRICACIÓN DE PUERTAS Y VENTANAS DE MADERA, PARA LA REALIZACIÓN DE ENSAYOS**, presentado por el estudiante universitario **Luis Fernando Mazariegos Alvarado**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

Ing. José Francisco Gómez Rivera
DIRECTOR
Escuela Mecánica Industrial

Guatemala, septiembre de 2009.



/mgp

Universidad de San Carlos
De Guatemala



Facultad de Ingeniería
Decanato

Ref. DTG.319.2009

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al trabajo de graduación titulado: **CONTROL DE CALIDAD EN EL PROCESO DE FABRICACION DE PUERTAS Y VENTANAS DE MADERA, PARA LA REALIZACIÓN DE ENSAYOS**, presentado por la estudiante universitario Luis Fernando Mazariegos Alvarado, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

A large, stylized handwritten signature in black ink, appearing to be 'Murphy Olympo Paiz Recinos'.

Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
DECANO



Guatemala, septiembre de 2009.

/gdech

ACTO QUE DEDICO A:

- DIOS** Por darme la vida y por sus infinitas bendiciones.
- MIS PADRES** Mario Mazariegos y Daisy Alvarado
Por el amor y ejemplo que me han brindado durante toda mi vida.
- MIS HERMANOS** Jorge Mario y Julia Alejandra
Por su incondicional apoyo y por el cariño compartido.
- MI FAMILIA** Agradecimientos eternos.
- MIS AMIGOS** Por todas las vivencias compartidas a lo largo de mi carrera.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
GLOSARIO	VII
RESUMEN	XI
OBJETIVOS	XIII
INTRODUCCIÓN	XV

1. ANTECEDENTES GENERALES

1.1 La empresa.	1
1.1.1 Historia del Centro de Investigación de Ingeniería.	4
1.2 La madera y su aplicación en la industria de puertas y ventanas.	5
1.2.1 Concesiones forestales del departamento de El Petén.	6
1.2.1.1 Ámbito legal del manejo de áreas protegidas.	6
1.2.1.2 Concesiones laborantes.	8
1.2.1.2.1 Clasificación.	9
1.3 Materia prima.	10
1.3.1 Maderas por procesar.	10
1.3.1.1 Caoba.	11
1.3.1.2 Cedro.	12
1.3.1.3 Danto.	12
1.4 Definición de mercado.	13
1.4.1 Definición del producto.	14
1.4.2 Mercado potencial de la industria.	17

2. SITUACIÓN ACTUAL DEL PROCESO DE TRANSFORMACIÓN DE LA MADERA

2.1	Secado de la madera.	21
2.1.1	Humedad.	23
2.1.2	Secado al aire libre.	26
2.1.3	Secado artificial.	31
2.2	Maquinaria y equipo utilizado.	32
2.3	Mano de obra.	38
2.4	Proceso de fabricación de puertas y ventanas de madera.	39
2.4.1	Diagrama de operaciones.	41
2.4.2	Diagrama de flujo.	46

3. PROPUESTA DE UN CONTROL DE CALIDAD EN EL PROCESO DE ELABORACIÓN DE PUERTAS Y VENTANAS DE MADERA

3.1	Análisis de la calidad aplicado a la empresa.	51
3.2	Control de calidad.	53
3.2.1	En la recepción de la materia prima.	53
3.2.1.1	Diagnóstico de posibles fallas.	56
3.2.1.2	Hojas de registro.	58
3.2.1.3	Diagrama de causa y efecto.	59
3.2.1.4	Análisis y acciones correctivas.	60
3.2.1.5	Plan de diseño de muestreo.	61
3.2.1.6	Gráficas de control por variables.	63
3.2.2	En el proceso de transformación.	64
3.2.2.1	Variabilidad en mediciones.	64
3.2.2.2	Variabilidad en el proceso de fabricación.	64
3.2.2.2.1	Gráficas de control.	66
3.2.2.2.1.1	De marcas para distribución de frecuencia.	66

3.2.2.2.1.2	Por variables.	67
3.2.2.2.2	Acciones basados en la gráfica de control.	71
4.	IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA	
4.1	Estandarización del proceso.	73
4.1.1	Transformación de la madera.	73
4.1.2	Producto terminado.	75
4.2	Implementación de ensayos.	77
4.2.1	Normas para ensayo de materiales.	77
4.2.1.1	Ensayos para puertas y ventanas.	81
4.2.2	Control de calidad.	83
4.2.3	Proceso de ensayo sistematizado.	83
5.	SEGUIMIENTO O MEJORA CONTINUA	
5.1	Auditoría del control de calidad.	89
5.1.1	Costos involucrados.	89
5.1.1.1	Estudio económico.	90
5.1.1.1.1	Cantidad de inspección.	91
5.1.1.1.2	Tipo de inspección.	92
5.1.2	Resultados en costos.	92
5.1.2.1	Reducciones de costos.	92
	CONCLUSIONES	95
	RECOMENDACIONES	97
	BIBLIOGRAFÍA	99
	APÉNDICES	101
	ANEXO	105

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Organigrama del Centro de Investigación de Ingeniería - USAC.	3
2.	Apilado horizontal de la madera para el secado.	28
3.	Colocación de separadores en el apilado de la madera.	28
4.	Apilado en triángulo de la madera para el secado.	29
5.	Apilado de la madera para el secado en caballete.	30
6.	Diagrama de operaciones para la elaboración de puertas.	42
7.	Diagrama de operaciones para la elaboración de ventanas.	44
8.	Diagrama de flujo de operaciones para puertas.	47
9.	Diagrama de flujo de operaciones para ventanas.	49
10.	Diagrama de causa y efecto.	60
11.	Gráfica de control de medias.	70
12.	Gráfica de control de rangos .	71
13.	Proceso de ensayo sistematizado.	87

TABLAS

I.	Manejo de áreas protegidas en el departamento de El Petén.	8
II.	Crecimiento en la industria de la construcción en Guatemala.	17
III.	Empresas productoras de puertas o ventanas de madera.	18
IV.	Operaciones del proceso.	39
V.	VARIABLES a analizar dentro de cada área del proceso.	52

VI.	Clasificación de la madera en el taller de carpintería del CII.	55
VII.	Hoja de registro.	59
VIII.	Distribución de frecuencias en el corte de una pieza de madera.	67
IX.	Toma de datos para gráficos por variables.	69
X.	Medidas de puertas.	76
XI.	Normas internacionales.	81
XII.	Normas para ensayos de puertas y ventanas de madera.	82
XIII.	Estructura del desarrollo de ensayo.	85

GLOSARIO

AGUA DE CONSTITUCIÓN	Forma parte de los compuestos químicos que constituyen la madera y es parte integrante de la materia leñosa. No se puede eliminar si no es destruyendo al propio material.
AGUA DE SATURACIÓN	Impregna la pared de las células rellenoando los espacios sub microscópicos y microscópicos de la misma. Es la que se introduce dentro de la pared celular, siendo la causa de la contracción de la madera cuando la pierde y de su expansión o hinchamiento cuando la recupera.
AGUA LIBRE	Llena el lumen de las células o tubos y es absorbida por capilaridad. El agua libre no tiene más repercusión que la ocupación física de los huecos, y por consiguiente no influye en la expansión o merma de la madera ni en las propiedades mecánicas.
ALBURA	Es la madera tierna y blanquecina, entre la corteza y el corazón de un árbol, que forma cada año un círculo nuevo alrededor de dicho corazón.

CARCOMA	Nombre con el que vulgarmente se conocen los insectos de ciclo larvario de la familia de los anóbidos. Los daños que producen en la madera se caracterizan por la presencia de orificios de salida del insecto de entre 1,5 y 3 mm de diámetro.
CONTENIDO DE HUMEDAD	Es la relación entre el peso del agua contenida en una pieza de madera y su peso anhidro, expresada en tanto por ciento.
CONTROL DE CALIDAD	Es el conjunto de técnicas utilizadas para estandarizar algo. La función del control de calidad es conocer las especificaciones establecidas por la ingeniería del producto y proporcionar asistencia al departamento de fabricación, para que la producción alcance estas especificaciones.
DIAGRAMA DE FLUJO	Representa gráficamente todas las actividades que se realizan durante la elaboración de un producto, es decir, visualiza operaciones, inspecciones, transportes, almacenajes y demora a fin de analizar costos ocultos, actividades ocultas en el proceso productivo.
DIAGRAMA DE OPERACIONES	Es un gráfico que permite visualizar solo operaciones e inspecciones durante la elaboración de un producto, a fin de analizar las relaciones existentes entre operaciones.
DURAMEN	Es la zona interna de la madera en rollo que en el árbol en pie contiene células muertas y generalmente impregnadas con sustancias de diversa naturaleza.

PARENQUIMA Se denomina parénquima al tejido vegetal constituido por células de forma aproximadamente esférica o cúbica y con espacios de separación. Constituyen el tejido fundamental de la planta. Se localizan en todos los órganos vegetales, llenan espacios libres que dejan otros órganos y tejidos.

PSICÓMETRO Medidor utilizado para medir la humedad relativa.

RESUMEN

La industria maderera guatemalteca plantea la necesidad de implementar una serie de procedimientos que establezcan un control de calidad en la producción de los productos a base de madera para su desarrollo, el Centro de Investigaciones de Ingeniería desarrolla proyectos de investigación cuya finalidad es el desarrollo de dichos procedimientos. En el presente texto se desarrolla la implementación de un control de calidad en el proceso de transformación de la madera en puertas y ventanas.

Se identifican a las concesiones forestales del departamento de El Petén, como el mecanismo que utiliza el Estado para la explotación de este recurso natural, tanto a nivel comunitario como industrial. Además se presentan los diagramas de operaciones de proceso y los diagramas de flujo de proceso de la elaboración de puertas y ventanas de madera, los cuales fueron realizados mediante el análisis de las operaciones realizadas en el taller de carpintería del Centro de Investigaciones de Ingeniería.

Se realizó un análisis de las herramientas estadísticas y administrativas para el control de la calidad aplicadas al proceso de transformación de la madera, mediante la identificación de variables y la implementación de procedimientos tanto en la inspección de la materia prima como en el proceso.

Finalmente, se presenta un proceso sistematizado para la elaboración de ensayos físico mecánicos a puertas y ventanas de madera, mediante el cual se eligen las características del producto a evaluar y los procedimientos de ensayo a ser aplicados.

OBJETIVOS

GENERAL:

Proporcionar mediante la implementación de un control de calidad en el proceso de fabricación de puertas y ventanas de madera, para la realización de ensayos, una guía a través de la cual la industria maderera guatemalteca pueda tecnificarse, brindando así un respaldo para sus productos, avalado con procesos de calidad y normas internacionales de ensayo.

ESPECÍFICOS:

1. Definir las características de puertas y ventanas de madera, las cuales intervienen directamente en el proceso de comercialización.
2. Definir criterios en la selección de diseños, los cuales determinan las propiedades estructurales de puertas y ventanas de madera.
3. Analizar el proceso necesario para la transformación de la materia prima en puertas y ventanas de madera.
4. Identificar las variables a evaluar en la materia prima que repercutan en el proceso de transformación de puertas y ventanas de madera.
5. Aplicar los conocimientos de control de calidad en la elaboración de puertas y ventanas de madera.
6. Definir criterios en la selección de ensayos normalizados a ser aplicados a puertas y ventanas de madera.
7. Establecer un proceso sistematizado para la aplicación de ensayos a puertas y ventanas de madera.

INTRODUCCIÓN

La implementación de un control de calidad dentro de un proceso de producción, implica el conocimiento detallado de las variables que intervienen en el mismo y el desarrollo del potencial del recurso humano, material y tecnológico disponible.

El presente trabajo de graduación comprende una guía acerca de los antecedentes del aprovechamiento de la madera para la fabricación de puertas y ventanas. Describiendo las materias primas que históricamente se han utilizado y proponiendo ciertos tipos de maderas para el aprovechamiento, dentro de la industria maderera.

Dentro del proceso de transformación de la madera se han identificado las operaciones necesarias para poder llevar a término el producto. Definiendo un proceso sistematizado en el cual se incluyen recursos humanos, materiales y tecnológicos.

Se ha establecido el adecuado control de calidad a implementarse en el proceso de fabricación de puertas y ventanas, tomando como materias primas, maderas provenientes de las concesiones forestales de El Petén.

Como parte del respaldo que un producto puede brindar a sus clientes se encuentran los resultados de investigaciones realizadas sobre dichos productos, de este modo se establecen los procedimientos de ensayos de puertas y ventanas de madera, como parte del control de calidad del producto y como certificación de la calidad de los mismos.

1. ANTECEDENTES GENERALES

1.1. La empresa

El Centro de Investigaciones de Ingeniería, cuyas siglas son CII, es una Dependencia de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

Políticas:

El Centro de Investigaciones de Ingeniería, fundamentalmente da seguimiento a lo establecido por la Universidad de San Carlos de Guatemala, apoyando el cumplimiento de las políticas de investigación, extensión y docencia, como función primordial para la obtención de resultados positivos para el desarrollo del país, según está indicado en el Punto Segundo del Acta 48-91, de la sesión celebrada por el consejo Superior Universitario con fecha 25 de octubre de 1,991.

Además, es política del Centro de Investigaciones de Ingeniería, el darle cumplimiento y seguimiento a cada uno de los objetivos trazados, para el óptimo desempeño de labores.

Para el cumplimiento de esas políticas, el CII, ha establecido relaciones de cooperación con el Ministerio de Comunicaciones, Infraestructura y Vivienda y con la Municipalidad de Guatemala.

También se tiene una relación de prestación de servicios con otras instituciones estatales, municipales, sector privado de la construcción y otras industrias, así como el público en general que solicite los servicios del CII.

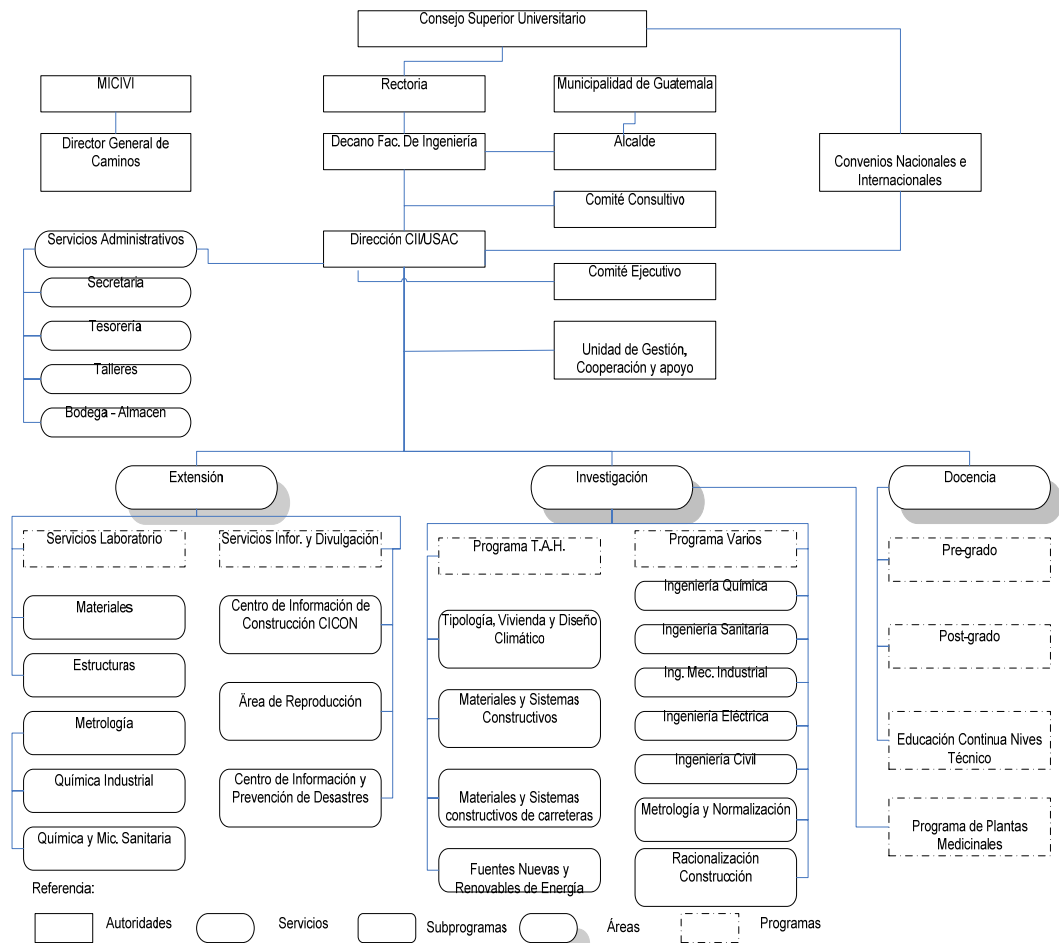
Existe vinculación con organismos regionales, instituciones de investigación y normalización, y con organizaciones técnico-científicas a nivel mundial.

Con el propósito del cumplimiento del Programa de Investigación, se ha establecido una relación directa con el consejo coordinador e impulsor de la Investigación de la Universidad de San Carlos de Guatemala (DIGI) y con el Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología (SINCYT), el cual es ejecutado por la Secretaría del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONCYT). Miembros del equipo de trabajo del Centro de Investigaciones de Ingeniería participan en las actividades de estas dos instituciones, realizando investigaciones en las diversas áreas de la ingeniería. Uno de los ejemplos de este tipo de investigaciones realizadas, es el énfasis que se ha dado a la investigación de la industria de la madera, teniendo como fin la eficiente explotación del sector forestal.

Organización:

La organización del Centro de Investigaciones de Ingeniería le permite llevar a cabo diversas actividades, respetando su estructura organizacional establecida (ver Figura 1). En el organigrama del CII, actualmente se considera tres áreas: Investigación, Docencia y Extensión.

Figura 1. Organigrama del Centro de Investigación de Ingeniería - USAC



Fuente: Arnoldo Mizael Gramajo Rodas (2005)

En el área de investigación, el CII define sus líneas en función de las establecidas por los Programas de Investigación del Sistema Universitario y en las Comisiones Sectoriales e Intersectoriales del Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología. La estructura sin embargo, está abierta para que puedan realizarse aquellas investigaciones que sean susceptibles de obtener financiamiento en organizaciones nacionales e internacionales.

1.1.1. Historia del Centro de Investigación de Ingeniería

El Centro de Investigaciones de Ingeniería fue creado por Acuerdo del Consejo Superior Universitario con fecha 27 de julio de 1963 y está integrado por todos los laboratorios de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

La base para la construcción del centro, fue la unificación de los laboratorios de Materiales de Construcción de la Facultad de Ingeniería y de la Dirección General de Obras Públicas, en el año 1959. Seguido de las subsiguientes adiciones de los laboratorios de Química y Microbiología Sanitaria pertenecientes de igual forma a la USAC, en 1962. En 1965 se agregó al CII, el Laboratorio de Análisis de Aguas de la Municipalidad de Guatemala.

En 1967 se incorporaron los laboratorios del Departamento de Ingeniería Química, el cual pasó a formar parte de la Facultad de Ingeniería como Escuela de Ingeniería Química; y posteriormente los laboratorios de Mecánica e Ingeniería Eléctrica, al formarse las respectivas escuelas.

En 1977 se establecieron las unidades de Investigación en fuentes no convencionales de energía y tecnología de construcción de la vivienda. En 1978 fue creado el Centro de Información para la Construcción (CICON), el cual se encuentra adscrito al CII. En 1980, hicieron esfuerzos conjuntos, la Facultad de Arquitectura y la Unidad de Tecnología de la Construcción de Vivienda para organizar el Programa de Tecnología para los Asentamientos Humanos, del cual se generaron múltiples relaciones nacionales e internacionales.

En 1997 se adhirió al CII, la Planta Piloto de Extracción Destilación. En la década de los noventa, se dio impulso al Laboratorio de Metrología Eléctrica, cuya formación data de muchos años y se consideró la ampliación del Laboratorio de Metrología Industrial. En 1999 se incrementó notablemente la participación del CII en los Programas de Investigación que se encuentran vigentes en el país, así como la vinculación internacional.

1.2. La madera y su aplicación en la industria de puertas y ventanas

Según la Asociación Guatemalteca de Exportadores, la madera representa uno de los recursos con alto potencial que posee Guatemala para ser explotados, no obstante, los requerimientos comerciales a nivel internacional, para poder exportar productos hechos de madera son altos y la industria maderera guatemalteca en su mayoría, no cuenta con los requerimientos técnicos para poder competir en un mercado altamente competitivo.

Como parte del programa de investigación del CII, se realizan esfuerzos conjuntos con las Concesiones Forestales de El Petén, a fin de obtener los conocimientos técnicos, para poder generar productos de alta calidad a partir de especies de madera que se comercializan en la región.

La madera por sus características estructurales es un buen elemento para la construcción, lo cual permite que productos tales como puertas y ventanas de madera posean resistencia a nivel estructural a las condiciones a las que normalmente son expuestas; además de ofrecer un acabado refinado, lo cual brinda un valor agregado al producto, convirtiendo a las puertas y ventanas en un elemento decorativo dentro del sistema constructivo de la vivienda.

1.2.1. Concesiones forestales del departamento de El Petén

Siendo la madera la materia prima a transformar, es necesario conocer los procedimientos que se deben llevar a cabo para que este recurso natural pueda ser explotado por la industria. Las concesiones forestales son uno de los procedimientos utilizados en Guatemala para la explotación maderera. El mecanismo de concesión permite al Estado ceder derechos de uso exclusivo de los recursos naturales y compartir responsabilidades con las comunidades asentadas en la Reserva de la Biosfera Maya.

1.2.1.1. Ámbito legal del manejo de áreas protegidas

A fin de definir las bases legales sobre las cuales trabajan las concesiones forestales de El Petén, a continuación se citan los artículos de La Ley de Áreas Protegidas (Decreto 4 – 89 y sus reformas) que engloban parte de su razón de ser:

- Art. 19. **Concesiones.** El CONAP podrá dar en arrendamiento u otorgar concesiones de aprovechamiento en las áreas protegidas bajo su administración, siempre y cuando el plan maestro respectivo lo establezca y lo permita claramente; debiendo suscribirse los correspondientes contratos de concesión.

- Art. 33. **Aprovechamiento.** Para los fines de esta ley se entiende por aprovechamiento de la flora y fauna cualquier acción de búsqueda, recolecta, extracción, reproducción, captura o muerte de ejemplares de plantas o animales silvestres según sea el caso.

- Art. 48. (reglamento) **requisitos de solicitudes** de aprovechamiento de vida silvestre:
 - Certificación del registro de la propiedad e inmueble o constancia de propiedad a la autoridad competente a satisfacción del CONAP, con el consentimiento de todas las personas que tuvieren inscritos a su favor derechos sobre el inmueble.

 - Inventario de las especies solicitadas y el plan de manejo correspondiente.

 - Propuesta del técnico profesional regente.

1.2.1.2. Concesiones laborantes

Con la finalidad de formar un panorama general de las oportunidades de explotación de la madera procedente de El Petén, a continuación se detallan mediante la Tabla I las concesiones que actualmente trabajan en la región:

Tabla I. Manejo de áreas protegidas en el departamento de El Petén

	Unidades de Manejo	Comunidades/ Grupos Beneficiados	Tipo de Organización	Año de aprobación o adjudicación	Area hectáreas
1	Carmelita	Carmelita	Cooperativa La Carmelita	14/11/1997	53,797.00
2	La Pasadita	La Pasadita, Reinavita Corozal	Asociación de productores La Pasadita	14/11/1997	18,817.00
3	San Miguel	San Miguel, La Milpa Yanxché	Asociación de productores San Miguel	18/05/1994	7,039.00
4	Río Chanchich	Vecinos del Barrio Suchitan, Melchor de Mencos	Sociedad Civil de Impulsores Suchitecos	26/02/1998	12,217.60
5	Cruce a la Colorada	Cruce a la Colorada	Asociación Forestal Integral Cruce a la Colorada	12/09/2001	20,122.51
6	La Colorada	La Colorada	Asociación Forestal integral La Colorada	12/09/2001	22,065.30
7	San Andres	Vecinos Cabecera Municipal San Andrés, Petén	Asociación Forestal Integral San Andres, Peten	12/01/2000	51,939.00
8	Uaxactún	Uaxactún	Sociedad Civi Organización Manejo y Conservación	07/01/2000	83,558.00
9	Chosquitán	Vecinos de Cabecera Municipal de Melchor de Mencos	Sociedad Civil Laborantes del Bosque	07/01/2000	19,389.36
10	Las Ventanas	Zocotzal, Porvenir, Caoba Remate, lxlu, Macanche, Naranjo, Zapote y Viñas, Flores	Sociedad Civil Arbol Verde	13/02/2001	64,973.00
11	La Unión	Vecinos de la Cabecera Mpal. Melchor de Mencos	Sociedad Civil Custodios de la Selva	25/02/2002	21,176.32
12	Yaloch	Vecinos de la Cabecera Mpal. Melchor de Mencos	Sociedad Civil El Esfuerzo	25/02/2002	25,386.48
13	Lechugal	Vecinos de la Cabecera Mpal. San Andrés, Petén	Sociedad Civil Selva Maya del Norte	Limites aprobados	24,708.41
14	Cruce dos Aguadas	Comunidad Cruce Dos Aguadas, San Adres, Peten	Cominte Pro-mejoramiento	Tramite inicial	24,000.00
	Total de Concesiones Comunitarias				449,188.98
15	La Gloria		Baren Comercial Ltd.	22/12/1999	66,458.00
16	Paxban		GIBOR S.A.	21/12/1999	65,755.00
	Total de Concesiones Industriales				
	AREA TOTAL CONCESIONADA EN ZONA DE USO MULTIPLE R.B.M.				581,401.98

Fuente: CONAP

1.2.1.2.1. Clasificación

Las concesiones forestales se clasifican según el tipo de personas que la conforman y la finalidad que conlleve, de la siguiente forma:

- Concesiones Industriales. Características:
 - Personas individuales o jurídicas con capacidades técnicas y solvencia económica.
 - Tienen como objetivo el aprovechamiento maderable.
 - Poseen experiencia en la actividad.

- Concesiones Comunitarias. Características:
 - Comunidades legalmente organizadas y capacitadas en el manejo sostenible de los recursos.
 - Tienen como objetivo un aprovechamiento integral el recurso.

Según información proporcionada por administradores de las concesiones comunitarias del departamento de El Petén: es en este tipo de concesiones donde la aplicación de ingeniería es de suma importancia, pues manejan índices de eficiencia muy bajos debido a la falta de tecnificación. Dando lugar a que empresas extranjeras se posicionen de mejor manera en el mercado internacional y nacional.

1.3. Materia prima

La principal materia prima asociada es la madera, no obstante para la fabricación de puertas y ventanas de madera es necesario también otro tipo de materiales, los cuales es difícil de asociar directamente con el producto. A continuación se muestra la clasificación de los materiales para puertas y ventanas de madera:

Materiales directos:

- Madera
- Vidrio

Materiales indirectos

- Clavos sin cabeza
- Sellador
- Thiner
- Cola blanca
- Wype
- Lija

1.3.1. Maderas por procesar

Las maderas seleccionadas para su estudio dentro de la investigación, fueron elegidas con base al criterio de las personas que laboran dentro de las concesiones forestales del departamento de El Petén. Siendo estas la Caoba, el Cedro y el Danto; en parte por su calidad, como por ejemplo la Caoba y el Cedro; son conocidas ampliamente por la facilidad que ofrecen a ser trabajadas y su excelente presentación: El Danto es una madera no muy conocida como las demás, por lo que representa un gran potencial para la industria en Guatemala.

1.3.1.1. Caoba (*swietenia macrophylla king*)

Según manuales consultados del departamento de carpintería del CII, las características son: albura de color blanco o rosado, con vasos muy grandes, a veces abundantes, y bandas espaciadas de parenquina apotraqueal. La madera tiene un olor fragante muy característico; su color es variable de rojizo, rosado, hasta amarillento, recién labrada, ya seca es roja, rojiza, morena clara u oscura, compacta liviana o medianamente pesada y muy durable; su veta puede ser recta o entrelazada y por lo general ofrece variedad de dibujos cuando la madera se raja al hilo; existe madera dura y blanda, el peso específico oscila entre 0.35 hasta 0.85 g/cm³; resiste el ataque de los insectos. La Caoba es un árbol de crecimiento bastante rápido; en los primeros 7 años, alcanza hasta 15 metros cuando las condiciones del terreno le son favorables; el aprovechamiento final de la Caoba es a los 35 años; se efectúan entresaques desde el séptimo año. La distribución y zonas de vida de esta especie se localizan en los bosques de tipo húmedo subtropical (cálido), y muy húmedo subtropical (cálido), en los departamentos de El Petén, parte de Izabal, Alta Verapaz y en la Costa Sur del país.

Por las características de esta madera, se le considera excelente para trabajar. Se usa principalmente en construcciones de lujo, en mueblería y ebanistería fina, decorados interiores, aserrío y chapas, puertas talladas, pisos, etc.

1.3.1.2. Cedro (*cedrela adorata*)

Según manuales consultados del departamento de carpintería del CII, las características generales de la madera son: albura de color crema rosado con un olor muy fuerte y sabor amargo, con vasos grandes, dispuestos en anillos concéntricos y bandas conspicuas y espaciadas de parénquima apotraqueal. Su trabajabilidad es fácil por su fibra y compactación; los usos que se le dan a esta madera son de construcción de lujo, ebanistería, mueblería fina, chapas, aserrío, etc.

El Cedro es un árbol que mide entre 20 a 30 metros de alto, el tronco es de más de 1 metro de diámetro, frecuentemente con gambas delgadas. Se localiza en los bosques de tipo húmedo subtropical (cálido) y muy húmedo subtropical (cálido) de la zona norte de los departamentos de El Petén, Izabal y parte de Alta Verapaz y el Quiché, así como en la Costa Sur. El Cedro crece rápido, alrededor de 1.5 metros por año, se hacen entresagues desde los 7 años hasta los 10. El aprovechamiento final es a los 40 años, produce hasta 13 metros cúbicos por hectárea.

1.3.1.3. Danto (*vatairea lundellii standley*)

Según manuales consultados del departamento de carpintería del CII, las características generales de la madera son: color café amarillento, textura mediana a gruesa, grano estrechamente entrelazado en bandas de ancho variable, lustre de regular a elevado, sabor muy amargo y persistente; clasificada como pesada a muy pesada, densidad específica de 0.55 a 0.72 g/cm³; considerada resistente al ataque de insectos y hongos, aunque no es resistente al ataque de taladradores marinos; muy difícil de preservar; moderadamente difícil de secar al aire, los defectos son mínimos después del

proceso, principalmente rajaduras o pandeo; moderadamente difícil de trabajar con máquinas para carpintería. Utilizada regularmente para pisos, mangos para herramientas, implementos agrícolas, estructuras, entarimados, durmientes, postes, pilotes (en ausencia de taladradores), carpintería en general, adoquín, parquet, construcción interna y externa, madera estructural para puentes, postes para cercas, estacas, barriles para sólidos. El principio amargo que tiene la corteza es empleado en la medicina casera.

Pertenece a una especie nativa de la familia Fabaceae, presenta unas dimensiones de 30 a 40 metros de altura y un metro de diámetro a la altura del pecho, fuste con frecuencia con contrafuertes en la base que alcanzan hasta 2 metros de altura. Crece naturalmente desde el sur de México, Centro América hasta Brasil, en ambas costas de Guatemala. Es una especie emergente de los estratos superiores, crece en las zonas de vida del Bosque húmedo (cálido) y muy húmedo subtropical (cálido), tanto en suelos anegados o bajos y también en suelos bien drenados.

1.4. Definición de mercado

El estudio de mercado se puede definir como “la recopilación sistemática, el archivo y análisis de datos acerca de los problemas relacionados con la transferencia y venta de bienes y servicios del productor al consumidor.” (Kotler Philip 1989 / Fundamentos de Mercadotecnia)

El estudio de mercado define, para un determinado período quiénes compran el producto, su cantidad y su precio. Por lo que la demanda total es el volumen de transacciones de un bien o servicio a un precio determinado dentro de cierta área. El proyecto puede satisfacer una parte solamente de la demanda potencial o puede desplazar a otros proveedores.

En el mercado de puertas y ventanas de madera, en la mayoría de las ocasiones las empresas mismas efectúan su comercialización en mercados nacionales por medio de salas de exhibición propias. El mercado que trata de captar la mayoría de las empresas es el de ingresos altos, esto ha contribuido al desarrollo de microempresas que atienden la demanda del sector de menores recursos.

En las empresas normalmente se trabaja por pedido, por lo que los clientes o distribuidores solicitan el producto indicando las especificaciones que satisfacen el gusto del cliente, por lo que para poder crecer productivamente y financieramente la empresa depende de la agresividad que se posea para vender. Por lo tanto, se debe de investigar el mercado para poder identificar sus necesidades, ofreciendo así en los productos las características adecuadas para cada necesidad del cliente.

El mercado al que se enfoca la investigación realizada en el CII puede definirse, según los objetivos del proyecto como: Productores y comerciantes masivos de puertas y ventanas de madera a nivel nacional e internacional, los cuales respalden sus productos a comercializar por medio de estándares avalados por ensayos realizados con base a normas internacionales.

1.4.1. Definición del producto

Las puertas y ventanas constituyen elementos importantes dentro de la construcción de una vivienda. Siendo estos, los que a la vez que tienen una función de seguridad, iluminación y ventilación de la vivienda; se utilizan como un acabado decorativo de la misma. De esta forma la madera cumple con estas características pues brinda una estructura solida a puertas y ventanas, y a la vez tiene una excelente presentación.

Puertas:

Si se trata de enumerar todas las diversas clases de puertas que hay, posiblemente no sea viable, debido a que cada proyecto constituye una modalidad distinta, sin embargo, si se trata el problema desde un punto de vista más general.

Según Rafael Cubur Burrión (2004) las puertas se pueden clasificar de la siguiente forma:

- Por su funcionamiento
 - a) Sujeta por uno de sus lados: Se usa para ello una variedad muy grande de herrajes que se denominan bisagras, sirven estas para sujetar la puerta y permitir que gire sobre sus ejes. Dentro del tipo residencial es el sistema más empleado para todas la puertas de comunicación.
 - b) Corredizas: Son las que corren sobre rieles colocadas en su parte superior e inferior.
 - c) Puertas plegadizas: Estas puertas las podemos dividir en dos diferentes modalidades, ya sea se plieguen lateralmente o bien de abajo hacia arriba, este tipo es muy usado para garages, pueden ser cortinas enrollables.

- Por su construcción
 - a) Puertas entableradas: Se denominan así todas aquellas que tienen un marco hecho a base de tablas al que se le sujetan los tableros. La construcción de los tableros puede ser de muy diversas especies y diseños, ya que pueden estar constituidos por maderas frizadas, haciendo las molduras en el mismo marco.
 - b) De tambor: Se considera de este tipo aquellas puertas construidas por una armazón o bastidor hecho ya sea con tiras de madera colocados horizontalmente o bien en forma de cuadrícula, llamada también de panel, sobre los cuales se colocarán las planchas de materiales, tales como plywood o similares.
 - c) Puertas vidrieras: Se denomina así a aquellas que en vez de usar tableros y por necesidades de iluminación, se sustituyen los tableros centrales por vidrio o cristal.

Ventanas:

Según Fafael Cubur Burrión (2004) las ventanas tienen por objeto proporcionar aire y luz a las distintas habitaciones, las aberturas dejadas en la vivienda se pueden cubrir con ventanas hechas de madera provistas de cristales, las cuales se componen de un marco o bastidor fijo (durmiente) y hojas de ventanas giratorias que encajan en él (marco móvil).

Una ventana convenientemente dispuesta según se determino en la investigación debe, en lo posible, impedir la entrada de agua y aire cuando está cerrada, fácil de maniobrar y proporcionar la máxima superficie de iluminación.

1.4.2. Mercado potencial de la industria

Para los fabricantes de puerta y ventanas de madera, se tiene como mercado potencial los proyectos habitacionales tanto en Guatemala como en el extranjero. Este mercado en los últimos años ha presentado un crecimiento favorable para la industria maderera, pues las inversiones en el sector de la construcción han presentado un crecimiento sostenido como se muestra en la Tabla II.

Tabla II. Crecimiento de la industria de la construcción en Guatemala.

Año	Inversión (Millones de Q de cada año)
2002	7,669.4
2003	8,439.1
2004	8,947.7
2005	9,681.7
2006 (cifras preliminares)	11,871.2
2007 (cifras estimadas)	14,218.1

Fuente: <http://www.banguat.gob.gt/>

El sector forestal en Guatemala está en constante desarrollo, por lo que existentes empresas en crecimiento las cuales procesan la madera para convertirla en productos listos para comercializar. En la Tabla III se detallan las empresas que producen puertas y ventanas de madera, empresas que difieren en sus grados de tecnificación y por lo mismo cubren distintos sectores del mercado.

Tabla III. Empresas productoras de puertas o ventanas de madera

Empresa	Dirección	Productos
Amanco de Guatemala S.A.	Av. Del Ferrocarril 16 – 67, zona 12, Guatemala	Puertas interiores y exteriores, tableros.
American Woods	31 C. "A" 3-29, Zona 8 y 7ª. Av. 36-23 zona 8, Guatemala	Closets, gabinetes de baño y cocina, puertas, zócalos, marcos.
Aserradero San Pedro	46 C. 18-99, Zona 12, Guatemala	Puertas, tarimas, ventanas
Caoba S.A.	Finca San Isidro, Jocotenango, Sacatepequez	Muebles de madera, puertas y ventanas.
Carpintería Gutierrez	7ª. Av. y 1ª. C. Zona 4, Guatemala	Puertas y closets
Carpintería Kathy	Aldea Ixlu, Flores, Petén	Puertas
Carpintería La Montaña	Guatemala	Puertas y muebles
Carpintería y ebanistería El Vencedor	12 Av. 0-60 Zona 1, Quetzaltenango	Muebles y puertas
Constructora, Servicios, Carpintería, S.A. CONSERCASA	8ª. Av. "A" 2-40 Zona 15, Guatemala	Amueblados de comedor, armarios, baúles, camas, recámaras, gabinetes de cocina, marcos, puertas, mobiliario de casa.
Construplast, S.A.	11 C. 10-05, Zona 1, Guatemala	Ventanas, puertas, PVC
Distribuidores Globales	Calz. Atanasio Tzul 16-45 Zona 12, Guatemala	Closets, gabinetes, puertas, marcos de puerta

Continúa

GIBOR, S.A.	3ª. Av. 12-38 zona 10, Guatemala	Zócalos, decks, puertas
Las Mil Puertas	2ª. Av. 18-63 Zona 12, Guatemala	Closets, molduras, puertas
Maderas El Caminante	19 C. 10-15 Zona 1, Guatemala	Pisos de madera, puertas.
MYMSA	31 C. 24-01, Zona 12 Guatemala	Molduras, puertas, muebles, Kioskos, pérgolas.
OBI Decorativos S.A.	15 Calle 13-51 Zona 1 Guatemala	Puertas
Plataformas y Tacones Barrios	14 C. "B" 1-05 Zona 3, Guatemala	Puertas
Puertas de Antigua S.A.	4ª. Calle "C" 3-43, Sector A-5, Mixco, Guatemala	Molduras, puertas de madera
Puertas Maya	Uzumatlán, Zacapa Km 112 Carretera al Atlántico	Puertas de madera.
Representaciones en madera	20 Av. 18-23, zona 10, Guatemala	Duela, gradas, parquet, ventanas.
Ultralum	18 C. 3-42 Zona 3, Guatemala	Pizarrones, ventanas

Fuente: Directorio 2007. Forestal, Muebles y Productos de Madera

2. SITUACIÓN ACTUAL DEL PROCESO DE TRANSFORMACIÓN DE LA MADERA

2.1. Secado de la madera

Por secado se entiende la eliminación del exceso de agua de la madera en condiciones rápidas, económicas y minimizando al máximo la aparición de defectos, Biblioteca Atrium de la Carpintería.

Esta parte del proceso del trabajo con madera, debe de formar parte de las exigencias que la industria transformadora debe de tener para con los proveedores, desafortunadamente en nuestro medio, en la mayoría de los casos el secado lo deben de realizar las empresas que transforman la madera en producto terminado. Debido a que en ocasiones los aserraderos solo dan un pre secado a la madera, lo cual repercute en pérdida de recursos en el proceso de transformación en puertas y ventanas.

Según la información proporcionada por los administradores de las concesiones comunitarias del departamento de El Petén, en la actualidad existen grandes dificultades para manufacturar la madera, principalmente cuando se requieren acabados finos tanto en las superficies como en las dimensiones. Gran parte de estas dificultades tienen su origen en el estado húmedo con que se trabaja la madera. A pesar de que se está consciente de la envergadura del problema, no se le presta la atención para tratar de disminuir las consecuencias.

Ventajas que ofrece la madera al ser secada:

Al secar la madera se aprovecha al máximo los beneficios que brinda para la industria de transformación, y se evita gran parte de los inconvenientes que sufren los usuarios al utilizarla. Según el proyecto FODECYT 040 – 06 realizado en el CII, entre las ventajas que se obtiene con el secado de la madera están:

- ✓ Permite la estabilización en forma y dimensiones de la madera en uso, minimizando los cambios que puedan presentarse como respuesta a las variaciones en su contenido de humedad. Este es uno de los mayores beneficios tan necesarios para la industrialización de un proceso.
- ✓ Favorece el transporte, ya que al disminuir la humedad disminuye también su peso, dando como consecuencia un menor costo en transporte y facilita su manipulación.
- ✓ Los recubrimientos o protectores como lacas, selladores, pinturas, etc., su aplicación es más efectiva y uniforme.
- ✓ Aumenta su resistencia mecánica y mejora sus propiedades como aislante.
- ✓ Se evitan hongos, al aumentar su resistencia biológica.
- ✓ Su vida útil es mayor.

2.1.1. Humedad

La madera es un recurso utilizado como materia prima en diferentes procesos industriales, pues ofrece bondades que otros materiales no pueden brindar. Para poder aprovechar estas bondades es indispensable conocer su naturaleza; como ser vivo cuyo principal alimento es el agua la cual se encuentra contenida en ella en forma externa e interna. Los procesos relacionados con el crecimiento y desarrollo de un árbol dependen del movimiento del agua desde las raíces hasta las hojas. El agua es el medio de transporte y su presencia en grandes cantidades dentro del árbol es una condición natural esencial para su vida. Por ello, el contenido de humedad dentro de los árboles vivos puede variar entre 35% y 200%, según la especie maderable.

Desde el momento en que se corta el árbol se inicia la eliminación del agua en la madera. Primero se evapora el agua en las partes superficiales y luego se remueve el agua en su interior para reemplazar la que fue eliminada. Durante la remoción del agua, la madera puede sufrir cambios no deseados en su forma y color o ser atacada por hongos e insectos. Si estos defectos no pueden ser controlados, es posible que la madera se convierta en un material no apropiado para los diversos usos que podría destinarse, ya que la aparición de defectos como grietas, rajaduras, y deformaciones, limita considerablemente sus aplicaciones. Así mismo la utilización industrial de la madera exige que esta tenga bajos contenidos de agua.

Según las anteriores consideraciones es necesario secar la madera si se quiere convertirla en un material apropiado para una amplia gama de aplicaciones industriales. Es muy difícil obtener productos de madera de calidad si se utiliza la madera aserrada con alto contenido de humedad.

Contenido de Humedad:

Previo a entrar en detalle sobre el contenido de humedad en la madera, es necesario describir algunas propiedades que intervienen en el desarrollo y después del proceso de secado de la madera. Cuando un árbol está recientemente cortado, su madera tiene gran cantidad de agua, variando su contenido según la época del año, la región de procedencia y la especie forestal de que se trate. Las maderas blandas, por ser más porosas, contienen mayor cantidad que las duras. De igual manera, la albura por estar conformada por células cuya función principal es la conducción de agua, presenta mayor humedad que el duramen. En otras palabras, el porcentaje de agua contenido en los espacios vacíos y en las paredes celulares es muy variable en el árbol vivo.

El agua en la madera se encuentra en diferentes formas:

- **Agua libre:**

Es el agua que satura las cavidades celulares de la madera, es decir, el lumen, dándole a la madera la condición de “verde”. Su eliminación es relativamente fácil y no afecta las propiedades de la misma, aparte del peso. La cantidad de agua libre que puede contener la madera está limitada por su volumen de poros.

Al iniciarse el secado el agua libre se va perdiendo fácilmente por evaporación, ya que es retenida por fuerzas capilares muy débiles, hasta el momento en que ya no contiene más agua de este tipo. En este punto, la madera estará en lo que se denomina “punto o zona de saturación de las fibras”, (PSF). Durante esta fase del secado la madera no experimenta cambios dimensionales, ni alteraciones en sus propiedades mecánicas. Por tal razón el PSF es muy importante desde el punto de vista físico-mecánico y de algunas propiedades eléctricas de la madera.

- **Agua de saturación**

También llamada agua atada o agua ligada, es la que queda adherida a las paredes celulares luego de eliminada el agua libre. Durante el secado de la madera, la pérdida de esta ocurre con mayor lentitud requiriendo mayor energía para eliminar dicha agua y a partir de este punto las cavidades celulares comienzan a contraerse, lo que se traduce en una contracción de la madera y comienzan a notarse cambios en la propiedades físicas y mecánicas.

- **Agua de constitución**

Es el agua que forma parte de la materia celular de la madera y que no puede ser eliminada utilizando las técnicas normales de secado, ya que proviene del origen orgánico de la madera y que no se puede remover sin alterar la composición química de la pared celular.

Con estos antecedentes, el contenido de humedad (CH) se define como el peso de la cantidad de agua presente en una pieza de madera, expresada en función del peso de esa pieza en condición seca al horno o anhidra a una temperatura de 101 a 102 grados Celsius hasta alcanzar su peso constante. Su valor numérico se expresa en porcentaje y se calcula por medio de la siguiente fórmula:

$$CH = \frac{Ph - Ps}{Ps} * 100\%$$

Donde:

CH = humedad de la madera expresada como un % de su peso anhidro.

Ph = peso de la madera en estado húmedo o peso inicial

Ps = peso de la madera en estado anhidro; peso final o constante

2.1.2. Secado al aire libre

Según manuales consultados del departamento de carpintería del CII, el secado al aire libre se realiza inmediatamente después del aserrado, en terrenos secos, ya que la humedad del suelo cambia el color de la madera, la pudre y cría carcoma, por lo cual los maderos son separados del suelo y de entre ellos, este sistema es el más antiguo y sencillo y con él pueden conseguirse buenos resultados. Por el contrario este procedimiento tiene el inconveniente de exigir mucho tiempo y espacio, además de que en ocasiones no consigue destruir las larvas de los insectos, ni deja a la madera con las garantías suficientes para que después se coloque en locales con calefacción elevada.

El éxito del secado al aire libre dependerá en primer lugar de la condición del aire al que la madera se expone. La atmósfera cambia continuamente, tanto en temperatura como en humedad relativa. Algunos de estos cambios están influenciados ya sea por la geografía local o bien por los cambios generales y climatológicos del tiempo.

La piezas de madera se deben de apilar debidamente cruzadas con las anteriores, para asegurar la estabilidad. Lo importante es que cada pieza sea de igual espesor, si las tablas o tablones son de mayor longitud, también pueden ser apiladas a un largo. Este sistema de secado depende de las características de las especies, de la disposición y ubicación del patio de secado, pero en cualquier caso el proceso es relativamente lento.

Patios de Secado:

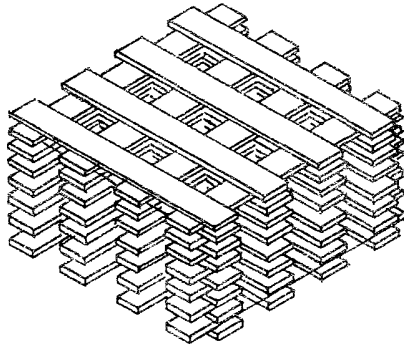
En general los patios de secado deben de localizarse cerca del área de uso, para evitar costos de transporte. Deberán de contener una adecuada ventilación y amplitud que proporcione el espacio adecuado al proceso que se efectuara, dependiendo del volumen de madera a secar.

Tipos de apilado:

Las pilas de madera aserrada para ser secadas al aire, no deben medir más de 2.50 m. de ancho y si es posible aún deberían ser más estrechas. Existen diversas formas de apilar la madera aserrada, las cuales van a depender del espacio, especie y condiciones climáticas que ofrece el medio, entre estas están:

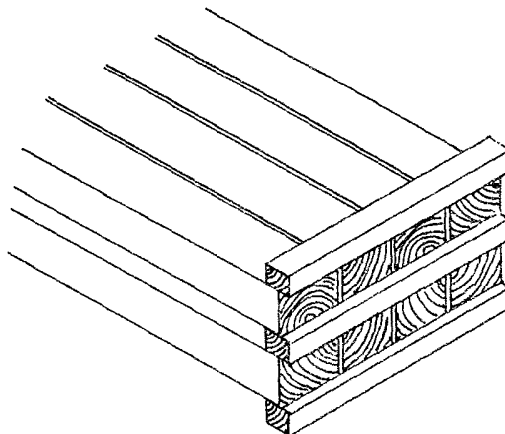
Apilado horizontal: se forman paquetes, en los cuales la madera se coloca en forma horizontal una al lado de la otra, luego se separan de la siguiente fila con separadores, los cuales deben ser de la misma especie de la madera a estibar, esto para evitar que se manchen al estar en contacto con diferentes especies, como se puede observar en la Figura 2. Los separadores colocados en los extremos de las pilas deben de formar un solo plano con la superficie transversal de las piezas como se muestra en la figura 3.

Figura 2. Apilado horizontal de la madera para el secado



Fuente: Olga Anabella Pérez Colindres (1998)

Figura 3. Colocación de separadores en el apilado de la madera

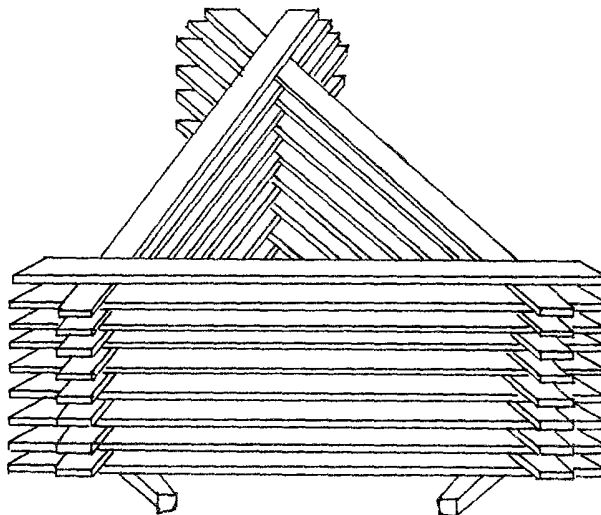


Fuente: Olga Anabella Pérez Colindres (1998)

Para las bases donde va la pila horizontal debe tener una construcción de materiales sólidos, resistentes y duraderos, estos pueden ser de concreto o de madera. La altura con que debe ser diseñada la base debe ser de por lo menos 50 cm., para facilitar la evacuación del aire húmedo a través de la pila, y que permanezca en la parte baja. Las bases deben descansar sobre una superficie libre de humedad excesiva y de malezas que puedan interferir con el proceso de secado.

Apilado en triángulo: este sistema tiene la ventaja de no utilizar separadores, pues los espacios requeridos para la circulación del aire entre la madera se logra mediante la intercalación de los extremos de las piezas en los vértices del triángulo, como se muestra en la Figura 4.

Figura 4. Apilado en triángulo de la madera para el secado

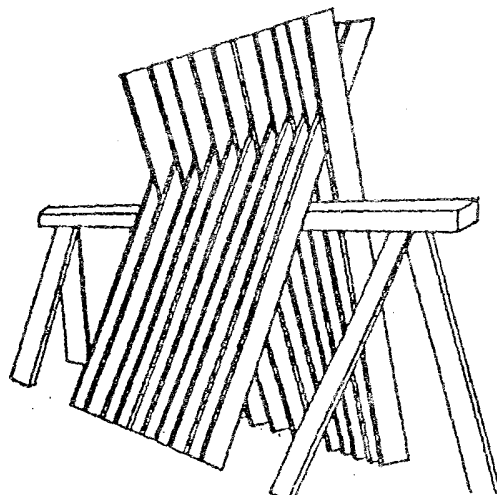


Fuente: Olga Anabella Pérez Colindres (1998)

Su aplicación no es muy aconsejable, debido a que se necesita mucho espacio disponible, y las áreas en contacto en el apilado de las tablas son manchadas por hongos, los cuales provocan que se deformen y se agrieten las tablas por la acción del medio ambiente.

Apilado en caballete: las piezas a apilar se colocan de canto sobre soportes formando una x como se muestra en la Figura 5. Los extremos inferiores de las piezas pueden ser colocados encima de desperdicios de madera para evitar alguna enfermedad que se podría dar por estar en contacto con el suelo. Con este tipo de apilado se puede lograr un secado bastante rápido con relación a los otros, el inconveniente que presenta es que las piezas en su parte inferior se seca más lentamente y en su parte superior se seca rápidamente dando lugar a que se agrieten, se den rajaduras y otras deformaciones.

Figura 5. Apilado de la madera para el secado en caballete



Fuente: Olga Anabella Pérez Colindres (1998)

2.1.3. Secado artificial

Este método de secado surge como alternativa a las limitantes del secado natural o al aire libre, ya que por medio de equipos e instalaciones especiales se logran mejores resultados.

Según Olga Anabela Pérez Colindres (1998), en el secado artificial se aprovecha que la madera deja la humedad excesiva en el aire y que la madera se seca solamente si el aire aún puede absorber más humedad, es decir si posee una baja humedad relativa. Por eso se debe tener la posibilidad de regular la humedad del aire en las cámaras de secado según se desea.

La humedad relativa del aire se reduce al elevarse la temperatura y se aumenta al bajarla, sin que se altere el contenido de agua real del aire; en las cámaras de secado no se debe regular solamente la humedad relativa del aire, sino también la real, por lo tanto se requiere de una instalación de calefacción y un ventilador con el que se extraiga del secador el aire saturado de humedad, el cual no se necesita después de haber absorbido humedad de la madera, llenándose nuevamente con aire fresco y seco. En algunas cámaras de secado es necesaria la instalación de un dispositivo que eleve la humedad. Por ejemplo: cuando se requiere secar madera sin tensiones o libres de hendiduras se debe de realizar una instalación de rocío de agua.

Fallas de secado

Existe una serie de fuentes de errores que pueden conducir a un perjuicio del resultado del secado. La falla más común es la regulación incorrecta del secado.

Los errores cometidos en el secado de la madera, repercuten de manera directa en el proceso de transformación de puertas y ventanas, causando en ocasiones que las operaciones sean más tardadas o engorrosas para el operador; o que el producto terminado tenga errores visibles. Las fallas frecuentemente encontradas según la investigación de campo en el taller de carpintería del CII son:

Formación de grietas: se produce a través de un secamiento demasiado rápido de las zonas exteriores de la madera, por lo cual se forman tensiones en relación a la zona de la médula que hace que la madera se raje.

Endurecimiento: se denomina a una falla de secamiento que se origina de la siguiente manera: al secar madera con una humedad inicial muy elevada y una temperatura bastante alta, las partes exteriores de las tablas expulsan el agua muy rápido, pronto se forma una descendencia grande de humedad de adentro hacia afuera, queda húmedo el interior de las tablas, mientras que la saturación de las fibras en las partes exteriores se reduce comenzando así la contracción. La contracción es obstaculizada por la médula húmeda que no altera su volumen produciendo tensiones transversales fuertes en el exterior, que pueden producir grietas.

2.2. Maquinaria y equipo utilizado

Es indispensable contar con las máquinas y herramientas indicada para el trabajo de carpintería, en muchas operaciones la correcta selección de la máquina a utilizar se traduce en el éxito de la operación. A continuación se presenta una descripción de las máquinas utilizadas en el departamento de carpintería de la Sección de Tecnología de Materiales y Sistemas Constructivos del CII (ver Anexo 1):

Sierra circular de mesa

Son máquinas de corte con una sola hoja de sierra circular, la cual está colocada dentro de la mesa, el eje portador de la herramienta se encuentra debajo del plano de la mesa. El eje portador de la herramienta o la mesa donde se coloca la pieza de trabajo puede ser ajustable en el alto o en ángulos.

La pieza de trabajo se sitúa sobre la mesa y generalmente es guiada a mano. El ribeteado y cortado de ancho de un gran número de piezas se realiza con un dispositivo especial y el avance con el aparato de avance.

La sierra circular moderna hace una gran variedad de trabajos siendo indispensable en un taller de carpintería, se utiliza para cortes longitudinales y transversales inclinados, empleando una gran variedad de discos de corte según el tipo de maderas a utilizar.

Sierra circular de formato

Son sierras circulares de mesa adicionalmente tienen una mesa lateral móvil paralela a la dirección del corte, no desmontable, las que están equipadas con un portador de la pieza de trabajo (mesa de empuje y carro para ribetear) este se desplaza en todo su largo finalizando en la posición donde se encuentra la hoja de sierra.

Sierra radial

Se utiliza para aserrado transversal biselado, cortes inclinados, cortes longitudinales y otros cortes compuestos en ángulo, a diferencia de la sierra circular en la que para efectuar el corte se desplaza la pieza aquí la pieza permanece fija y lo que se desplaza es el disco de corte.

Sierra de cinta

Es una máquina versátil que permite cortes rectos así como curvos, siendo estos la principal razón por la que se tiene una en un taller, utiliza dos discos y una mesa ajustable dos guías una abajo y la otra arriba de la mesa, su tamaño depende del diámetro de las ruedas o discos ocupa poco espacio superficial, la mesa se puede inclinar para cortes biselados.

Sierra caladora

El movimiento de la sierra es de vaivén se utiliza para cortes curvos ya sea internos o externos a la pieza su tamaño esta determinado por la distancia horizontal entre la hoja y el brazo del marco o estructura.

Cepilladora

Esa máquina se utiliza para hacer una superficie nivelada y pulida en la madera así como para obtener un grueso o espesor uniforme, la cabeza de corte está por encima de la mesa de la máquina por lo que las superficies a cepillar deben estar hacia arriba. Tiene un calibrador para poder determinar el espesor deseado, la pieza a cepillar debe entrar en el sentido de la veta de la madera (hilo de la madera).

Canteadora

Esta es una máquina que hace el trabajo de un cepillo manual para preparar el canto de la madera parecido al corte que alinea la madera, la guía se puede inclinar para biselar el canto de la tabla. La pieza o tabla a cantear debe entrar en el sentido de la veta o el hilo de la madera.

Taladro de pedestal:

Esta máquina se utiliza para la perforación de agujeros en la madera, así como para otras operaciones en el trabajo de la madera como escopleaduras, logrando mucha precisión.

Trompo Industrial

El trompo o conformadora es una máquina que se utiliza para moldura en el canto de las piezas de madera y el principio con que opera es el de un árbol porta cuchillas giratorio que según la forma de la cuchilla así es el acabado que se logra en la pieza, la velocidad de rotación es de alrededor de 7000 – 10000 revoluciones por minuto.

Torno

Esta máquina se utiliza para fabricar piezas con formas irregulares en sus bordes, las cuales se emplean en muebles y en decoración; la pieza se fija en los extremos y se hace girar para trabajar con un formón o una gurbia.

Lijadora

Esta máquina que la mayoría de las veces es portátil consta de rodillos a los cuales se adapta una banda horizontal con granulaciones para pulir la superficie de la madera; gruesa, para desgaste rápido; media, para pulido medio y fina, para el pulido final antes del acabado de la madera. Tiene un disco perpendicular a la banda al que se fija una pieza de lija de forma circular y se utiliza para biselar orillas o redondear esquinas de las piezas.

Lijadora de banda

Sirve para el acabado y alisado de las superficies de la madera tiene dos rodillos por los que pasa una banda horizontal con granulaciones que varían en su concentración y tamaño según se quiera un acabado grueso, mediano o fino, su uso más frecuente es para desgaste rápido.

Lijadora orbital

El funcionamiento de esta máquina es sobre la base de vibración y utiliza un pliego de papel de lija lo que se mueve es la base a la que se sujeta el pliego de lija, se emplea para acabados.

Esmeril

Es una pequeña máquina que consta por lo general de dos piedras de esmeril que sirve para afilar las herramientas de trabajo para madera como formones, cuchillas de cepillo y otras similares.

Equipo de pintura

La utilización de esta máquina es para acabados, se conforma de una manguera, una pistola y un compresor de aire para pintar o barnizar los productos terminados. Se utiliza también el compresor con la manguera para limpiar el polvo y aserrín de las máquinas que hay en el taller.

Sierra circular manual

Esta máquina es muy versátil y se utiliza para corte transversal, corte longitudinal, biselar, hacer ranuras y otros, la capacidad de corte depende del diámetro del disco que varia por lo general entre 4 y 6 pulgadas.

Sierra de carlar manual

Se utiliza para cortes curvos y para hacer agujeros grandes o figuras internas en la madera, al igual que la anterior tiene la ventaja de poderse llevar con facilidad al lugar de trabajo, si este tipo de trabajos no es frecuente en un taller esta máquina puede reemplazar a la sierra de cinta.

Barreno

Esta máquina portátil es sumamente útil y sirve para hacer agujeros en la madera. Los más utilizados son los de $\frac{1}{4}$ " a $\frac{1}{2}$ ", al mandril se adaptan una variedad de tipos de brocas para diversidad de trabajos, inclusive al barreno se le pueden adaptar accesorios para lijar, pulir avellanar.

Rebajadora (Router)

Es una máquina portátil eléctrica a la que se le agregan brocas y cuchillas especiales, para hacer moldura, ranuras y biseles. Por medio de un movimiento giratorio que trabaja a alta velocidad entre 20000 y 27000 revoluciones por minuto (r.p.m), el número y variedad de trabajos que se pueden hacer con una rebajadora esta en relación directa a la diversidad de brocas que presentan los fabricantes, puede reemplazar al trompo.

2.3. Mano de obra

El trabajo en madera requiere de una serie de conocimientos, los cuales se generan en su mayoría a través de la experiencia, por lo cual la mano de obra calificada no es abundante en nuestro medio.

Según información brindada por el señor Raúl Lima jefe del departamento de carpintería del CII: en el proceso de transformación de la madera, la mano de obra se clasifica según las funciones que esta desempeña dentro del proceso, en muchas ocasiones depende también del tipo de muebles que se produzcan. La clasificación de la mano de obra en una carpintería de tipo industrial se realiza de la siguiente manera:

Ayudantes: Se inician en el área de preparación de madera con el objetivo de llegar a ser carpinteros en el futuro.

Barnizadores: Son las personas empleada para los acabados finales de los productos.

Lijadores: Son los encargados de lijar o pulir los productos.

Carpinteros: Es el que maneja la maquinaria de trabajo y regularmente realiza el trabajo de armado del producto.

2.4. Proceso de fabricación de puertas y ventanas de madera

El primer paso en el control estadístico de procesos, es el de diagramar el proceso en forma de tabla o de un diagrama de flujo. Un diagrama de flujo o de operaciones ayuda a detectar dentro del proceso de transformación puntos críticos, los cuales deben de ser analizados con mayor detenimiento.

El proceso de fabricación de puertas y ventanas de madera conlleva una serie de operaciones, en la Tabla IV se describen las operaciones mediante una serie de fotografías del taller de carpintería del CII.

Tabla IV. Operaciones del proceso



En este puesto de trabajo se muestra la operación de cepillado de la madera, cuyo objetivo es dejar la madera al grueso deseado.



Operación de corte de las piezas, mediante una guía que permite que el corte se realice a 90 grados.

Continúa



Elaboración de molduras en las piezas de madera.



Operación de canteado de las tablas y tablonés.



Despunte de la piezas de madera con la sierra radial



Operación de trazado de las piezas de madera.



Elaboración de escopladura en una pieza de madera.



Operación de tallado de las espigas de las piezas.

2.4.1. Diagrama de operaciones

Es la representación gráfica del punto en donde los materiales se integran al proceso, de la secuencia de inspecciones y todas las demás operaciones; excepto aquellas que se relacionan con el manejo de materiales.

- **Diagrama de operaciones para puertas**

Está basado en un modelo de puertas con tableros (ver Apéndice 1), para la cual el método de ensamble para la pieza a utilizarse es por medio de espigas (ver Apéndice 2). El diagrama contempla todas las operaciones necesarias desde que las tablas y tablones se encuentran en un nivel óptimo de nivel de humedad hasta que el producto esta listo para instalarse como se muestra en la Figura 6.

- **Diagrama de operaciones para ventanas.**

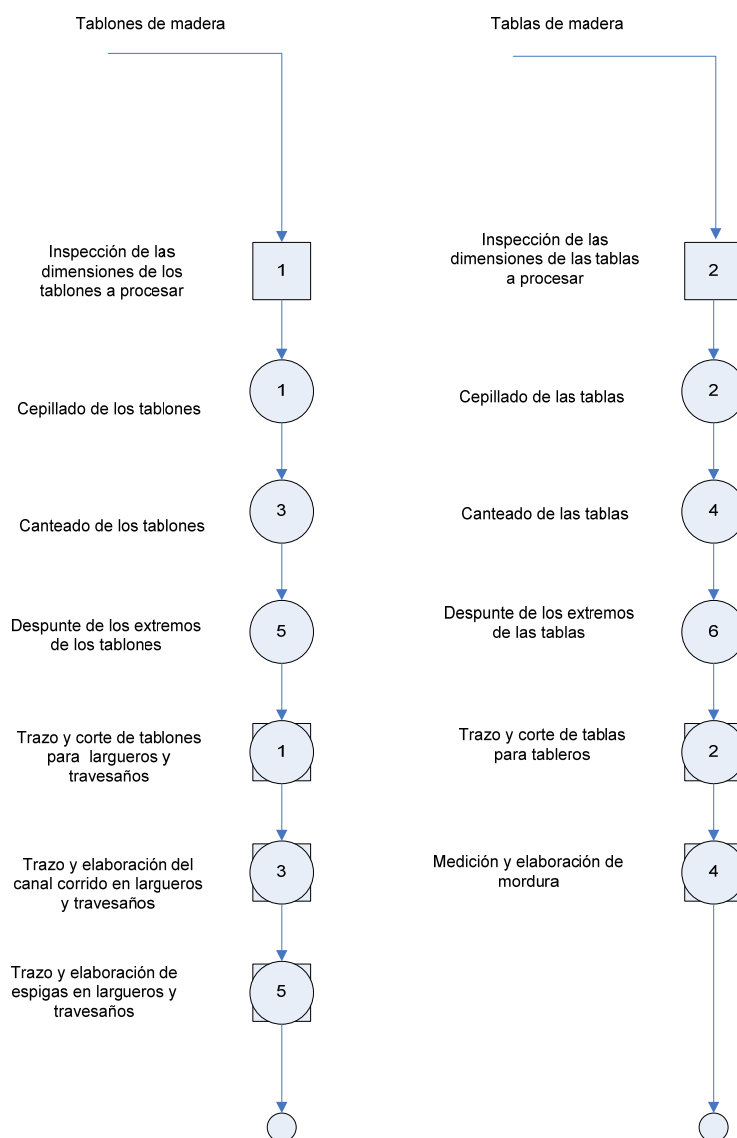
Este tipo de diagramas variará dependiendo del modelo de ventana que se utilice, con la finalidad de analizar el proceso se realiza el diagrama sobre el diseño de vidrieras fijas (ver Apéndice 3), para el cual el método de unión a utilizar es el de espigas (ver Apéndice 4). El diagrama contempla las operaciones necesarias desde que las tablas y tablones se encuentran en un nivel óptimo de humedad hasta que la armazón de la ventana se pueda trasladar para la instalación en el lugar de operación e instalación de las vidrieras como se muestra en la Figura 7.

Figura 6. Diagrama de operaciones para la elaboración de puertas

Diagrama de Operaciones de Proceso

Actividad: Proceso de elaboración de puertas de madera
 Método: Actual

Analista: Luis Mazariegos
 Pagina: 2/2



Continúa

Diagrama de Operaciones de Proceso

Actividad: Proceso de elaboración de puertas de madera
Método: Actual

Analista: Luis Mazariegos
Pagina: 2/2

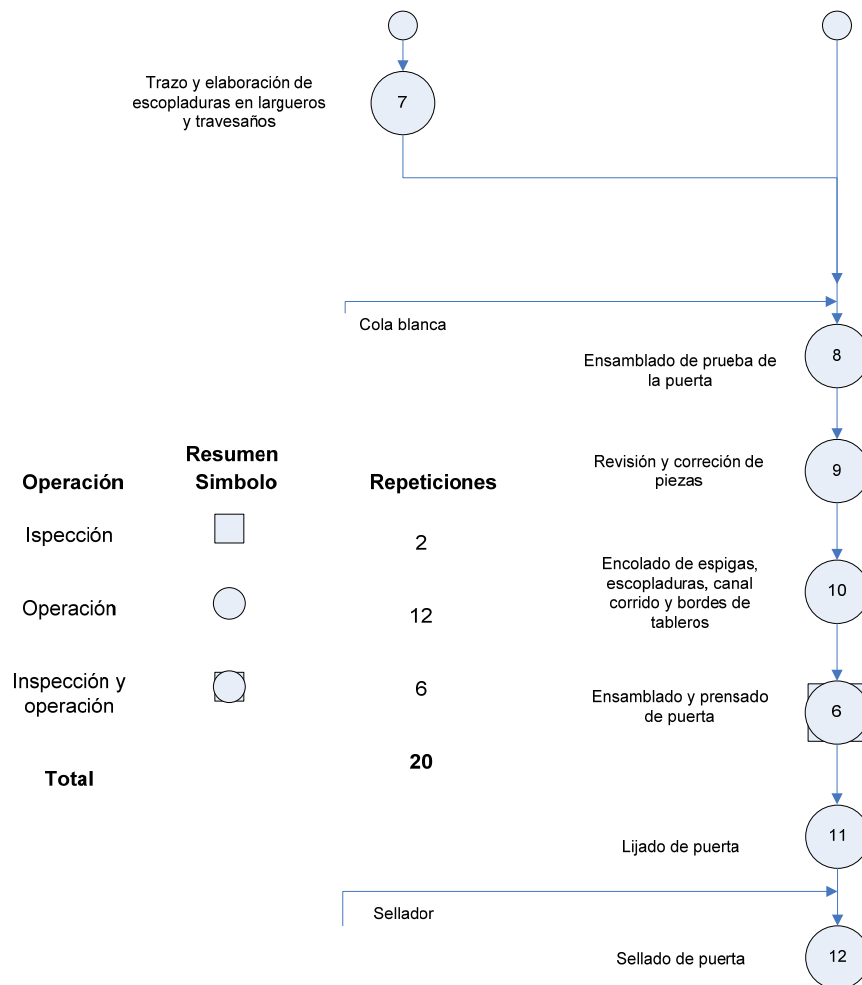
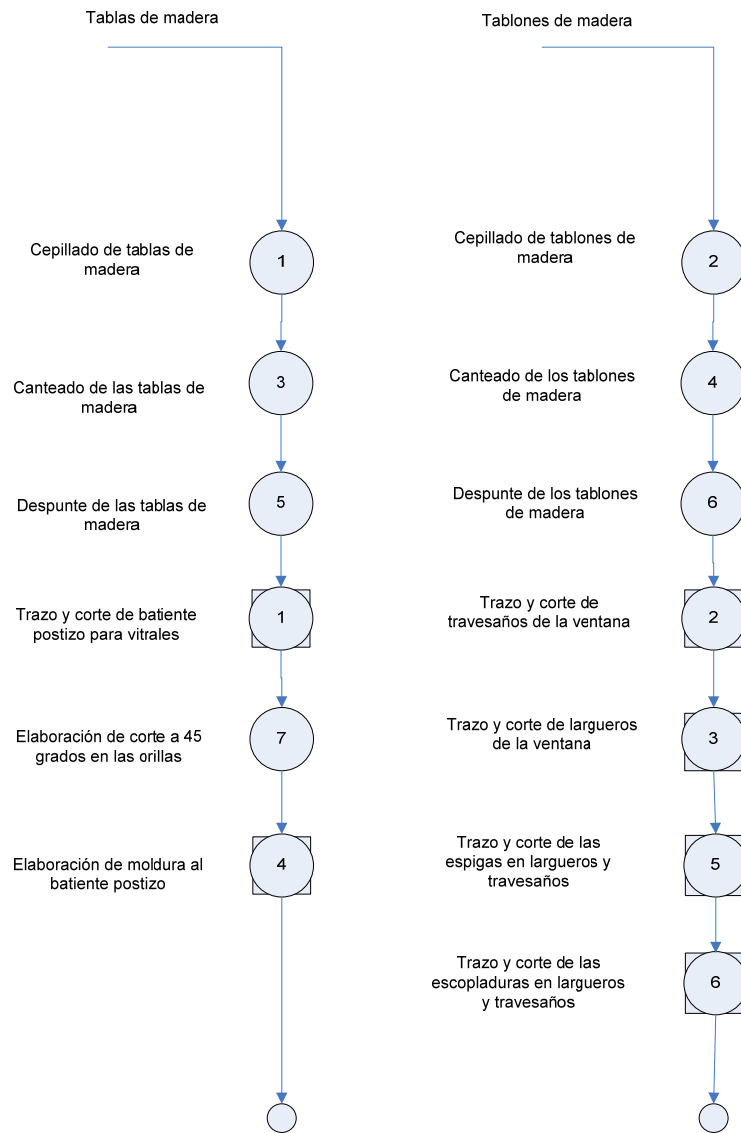


Figura 7. Diagrama de operaciones para la elaboración de ventanas

Diagrama de Flujo de Proceso

Actividad: Proceso de elaboración de ventanas de madera
Método: Actual

Analista: Luis Mazariegos
Pagina: 2/2

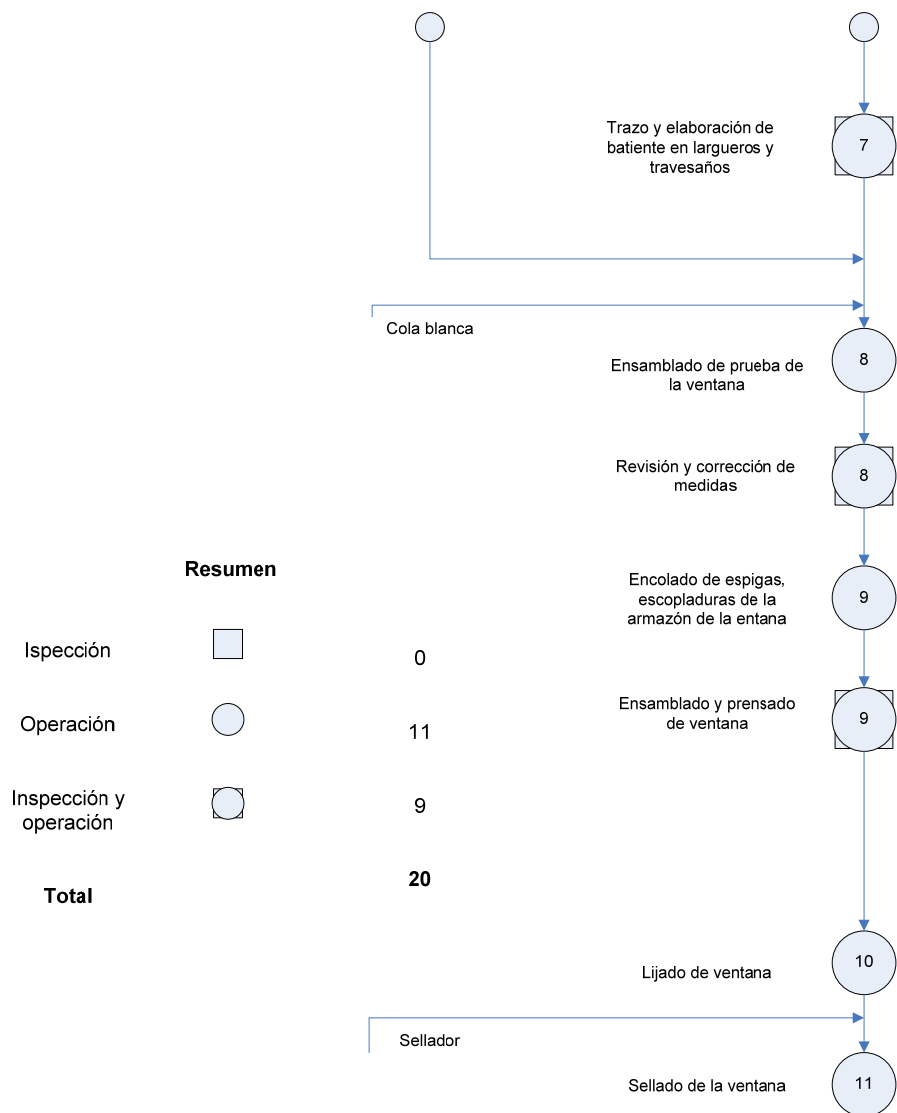


Continúa

Diagrama de Flujo de Proceso

Actividad: Proceso de elaboración de ventanas de madera
Método: Actual

Analista: Luis Mazariegos
Pagina: 2/2



2.4.2. Diagrama de flujo

Mediante los diagramas de flujo se analiza el manejo de materiales en sus traslados y se incluyen además aquel tipo de demoras que sean parte del proceso. Este tipo de diagramas dará la pauta para poder establecer mejoras en las distribuciones de la planta para aminorar el tiempo necesario para traslados de materiales.

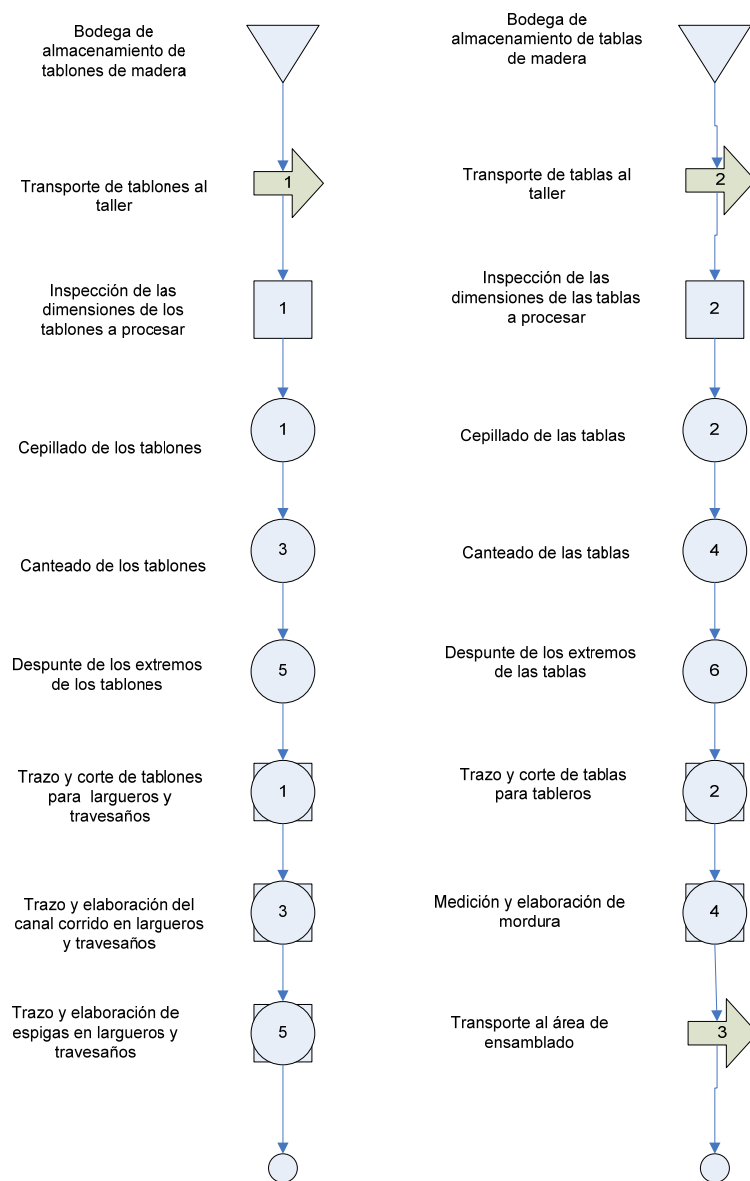
Los procesos de elaboración de puertas y ventanas presentan mucha similitud hasta el momento previo a su instalación, como se puede establecer en los diagramas de flujo de operaciones de las Figuras 8 y 9.

Figura 8. Diagrama de flujo de operaciones para puertas

Diagrama de Flujo de Operaciones de Proceso

Actividad: Proceso de elaboración de puertas de madera
Método: Actual

Analista: Luis Mazariegos
Pagina: 2/2



Continúa

Diagrama de Flujo de Operaciones de Proceso

Actividad: Proceso de elaboración de puertas de madera
Método: Actual

Analista: Luis Mazariegos
Pagina: 2/2

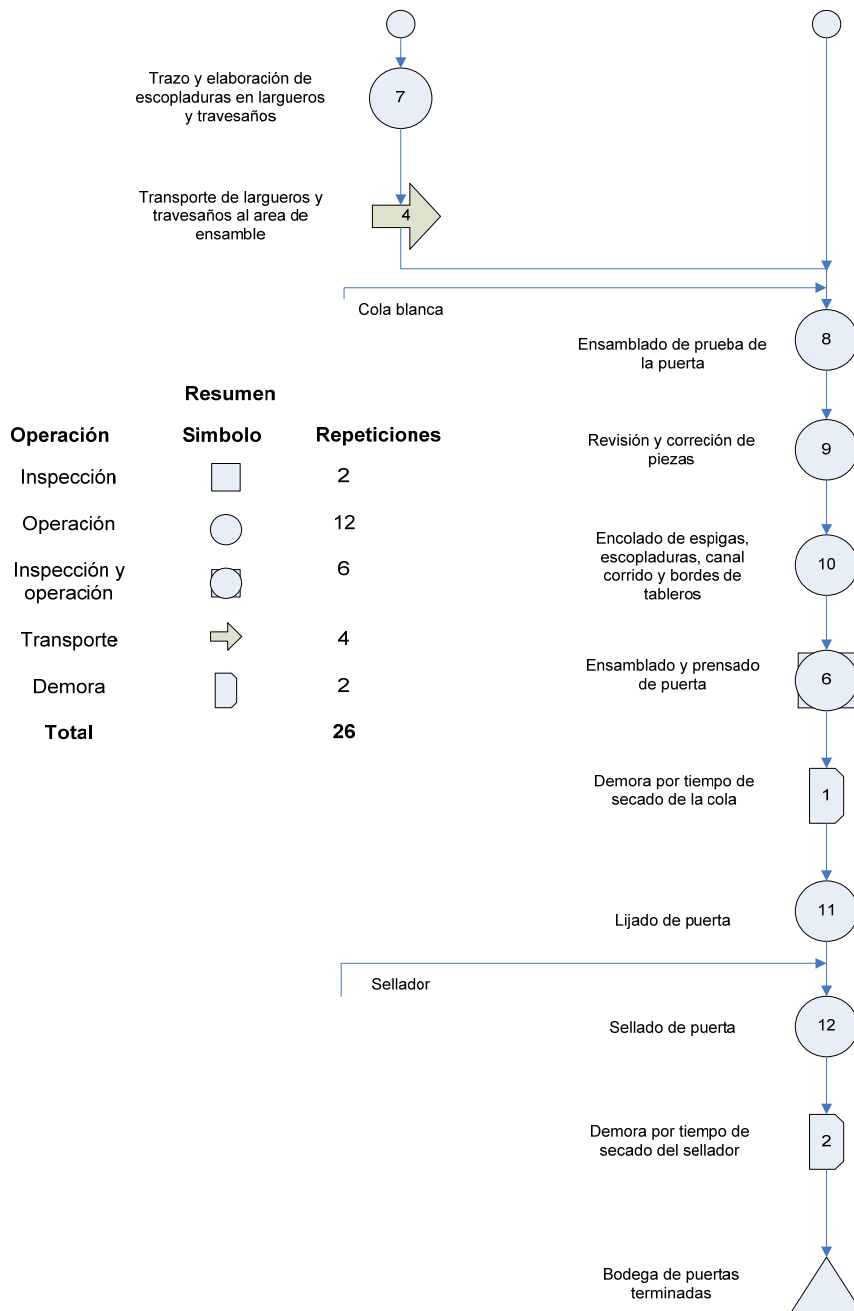
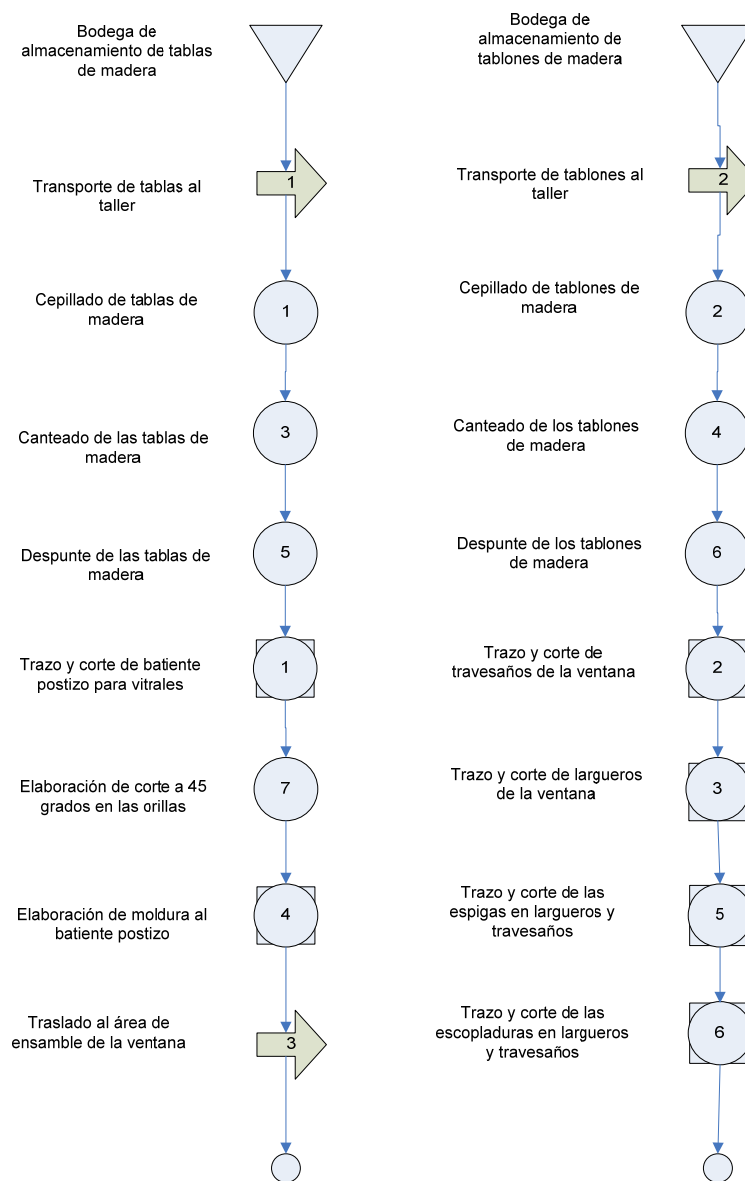


Figura 9. Diagrama de flujo de operaciones para ventanas

Diagrama de Flujo de Operaciones de Proceso

Actividad: Proceso de elaboración de ventanas de madera
Método: Actual

Analista: Luis Mazariegos
Pagina: 2/2

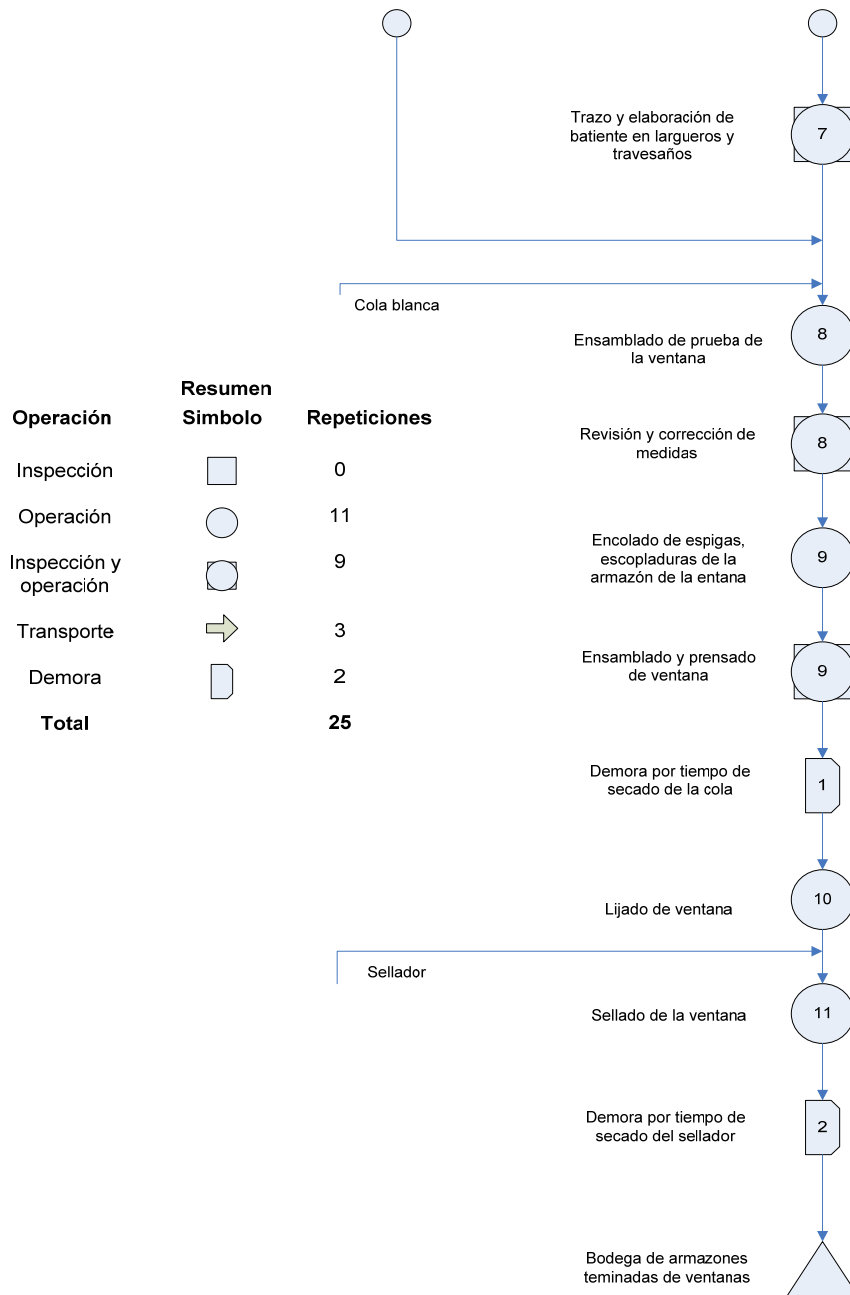


Continúa

Diagrama de Flujo de Operaciones de Proceso

Actividad: Proceso de elaboración de ventanas de madera
Método: Actual

Analista: Luis Mazariegos
Pagina: 2/2



3. PROPUESTA DE UN CONTROL DE CALIDAD EN EL PROCESO DE ELABORACIÓN DE PUERTAS Y VENTANAS DE MADERA

El control de calidad propuesto para la elaboración de puertas y ventanas de madera tiene como base fundamental, el detectar prácticas dentro del proceso de elaboración, las cuales generan variabilidad en las características esenciales del producto terminado.

Tomando en consideración la similitud de los procesos de elaboración de puertas y ventanas de madera, las características a evaluar en el control de calidad propuesto serán las mismas; exceptuando ciertas variables, como por ejemplo la forma de instalación y aquellos diseños que no se pueden aplicar a ambos productos específicos.

3.1. Análisis de la calidad aplicado a la empresa

Al definir la empresa como un equipo de proyecto, cuya finalidad es la producción de puertas y ventanas de madera para la realización de ensayos, se identifican tres áreas para análisis:

- Recepción y preparación de materia prima.
- Transformación de la madera en puertas y ventanas.
- Preparación y ejecución de ensayos.

En cada una de las áreas mencionadas es necesario establecer ciertas variables a tomar en consideración durante la planeación, ejecución y evaluación de resultados, para poder lograr así una mejora continua. En la Tabla V se muestra un resumen de algunas de las variables a considerar en cada una de las etapas concernientes al proceso.

Tabla V. Variables a analizar dentro de cada área del proceso

Fases del Proceso	Áreas		
	Recepción y preparación de materia prima	Transformación de la madera en puertas y ventanas de madera	Preparación y proceso de ensayo
Planeación	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Requerimiento de materia prima ✓ Definir estándares de aceptación 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Definir diseños en puertas y ventanas de madera ✓ Definir procedimientos para cada operación del proceso 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Identificación de las características del producto a evaluar ✓ Selección de las normas a aplicar ✓ Elaboración de procedimiento de ensayo
Recursos a asignar	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Definir bodegas de almacenamiento ✓ Establecer materiales para apilado de madera ✓ Asignar equipo para control de humedad 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Establecer la maquinaria y herramienta óptima ✓ Definir las habilidades necesarias del recurso humano 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Establecer el equipo necesario según normas ✓ Definir el tipo y número de probetas a evaluar
Ejecución	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Manejo de materiales 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Establecer estándares de tiempo y calidad 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Condiciones de ensayo idóneas según norma
Análisis de Resultados	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Establecimiento de las características principales de la materia prima obtenida 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Evaluación de producto terminado 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Interpretación de resultados de ensayo
Mejoramiento Continuo	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Establecer una retroalimentación con proveedores 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Retroalimentación para mejorar diseños ✓ Retroalimentación para mejorar las operaciones 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Establecer variables que pudieron influir de forma negativa en la obtención de resultados

3.2. Control de calidad

Para el proceso de elaboración, tanto de puertas como de ventanas, el control de calidad se refiere al empleo de los métodos estadísticos para registrar en un diagrama, el nivel de calidad según resultan los datos de la inspección.

La calidad de puertas y ventanas de madera elaboradas por el equipo de proyecto debe de analizarse tanto desde un enfoque funcional, como desde un aspecto decorativo. Las especies seleccionadas para análisis dentro de la investigación: Caoba, Cedro y Danto; son especies adecuadas para fabricar productos de alta calidad estructural y estética. Por lo cual, al establecer los adecuados controles en el proceso, se pueden reducir costos, aumentando los estándares de calidad del producto final.

3.2.1. En la recepción de la materia prima

El control de calidad en el proceso de elaboración de puertas y ventanas principia con la recepción de la materia prima; es decir la madera y todos los demás materiales necesarios para la consecución del producto final. Es necesario que todos los materiales pasen por la inspección de entrada antes de ser entregados para su transformación.

Según lo establecido en el proyecto FODECYT 040 – 06 del CII, para el proceso de compra de la madera, se debe de realizar un acuerdo entre el comprador y el proveedor, sobre detalles del procedimiento de muestreo. Esto tomando como base las dimensiones que se desean en las tablas y tablones de madera que se adquieren, según el uso al que vaya a ser destinado y la humedad requerida para cada especie. La mayoría de los aserraderos en el medio clasifican sus trozas en tres categorías de las cuales el cliente escoge la que mejor se adapte a sus requerimientos, siendo imposible la elaboración de pedidos con especificaciones de dimensiones o niveles de humedad específicos.

La clasificación de la madera realizada en el taller de carpintería, no es un muestreo de aceptación para establecer que lotes de madera se aceptarán al proveedor y cuales no. El objetivo de la clasificación es identificar las tablas y tablones de madera que mejor se adapten a determinadas partes del proceso.

El control de la recepción de maderas para su procesamiento se debe describir en forma sencilla pero práctica, donde no se requieran de conceptos teóricos profundos, para aplicarlo a su clasificación. Se describe a continuación los pasos del control aplicado en el proyecto FODECYT 040 – 06 del CII:

- a) El encargado de la inspección selecciona un lote de madera de una sola especie, lo clasifica en tablas y tablones con base a su grosor.
- b) Se procede a clasificar las tablas y tablones con base al porcentaje de utilización que el encargado considere que puede trabajarse en cada unidad. Previamente se debe de cepillar la tabla o tablón para que pueda observarse sus características.

- c) Según el porcentaje de utilización, se almacenará la materia prima destinándola a un uso específico.

A continuación en la Tabla VI se muestra de forma gráfica la forma de clasificación llevada a cabo en el taller de carpintería del CII.

Tabla VI. Clasificación de la madera en el taller de carpintería del CII



Clasificación de la madera con base a su grosor.



Clasificación de la madera con base a su porcentaje de utilización.

Al realizar este procedimiento previo a la transformación a producto terminado, se tiene la certeza que se han descartado las tablas que presenten carcomas y que se han separado aquellas que por sus características presentan un alto porcentaje de utilización, las cuales se destinarán para la realización de tableros de puertas; por el contrario aquellas con porcentajes bajos de utilización deberán destinarse a la realización de travesaños o marcos de ventanas. Haciendo de esta forma más eficiente el uso de la madera.

3.2.1.1. Diagnóstico de posibles fallas

Las puertas y ventanas de madera elaboradas en el taller de carpintería del CII, deben cumplir con estándares para la realización de ensayos. Lo que exige que la madera a utilizar sea elegida con base a criterios previamente definidos, los cuales determinen cuáles son las características de la madera que se traducen en fallas en las puertas y ventanas a elaborar.

Según lo establecido mediante el proyecto FODECYT 040 – 06 del CII, se definen seis características las cuales se pueden asociar directamente con fallas en el proceso de transformación, estas características deben de ser identificadas en el momento de la inspección de la madera. Es preciso hacer mención que algunas de estas características se hacen más frecuentes en ciertas especies de madera.

Textura de la madera

Esta característica se encuentra directamente relacionada con la orientación de las vetas de la madera al ser aserrada o de la ubicación de la pieza de madera dentro de la troza. Las fallas que frecuentemente se presentan al procesar la madera con una textura defectuosa son: astillamiento en el corte y cambio de coloración al sellar la madera por la cantidad de absorción de químico en la superficie.

Nudos

Son defectos que se originan en el tronco como consecuencia del apareamiento de las ramas en una pieza de madera: reducen su resistencia a la flexión, afectando en menor escala la resistencia al corte y a la compresión. En la manufactura dan problemas de agrietamiento por cambios de humedad, lo cual hace difícil el sellado y la operación de pintado debido a la alta concentración de resinas y excesiva absorción de componentes. Otro tipo de inconveniente presentado es que las piezas que presentan nudos incrementan la fuerza o potencia requerida por las herramientas de corte.

Cambio de coloración

Es una característica que se puede presentar por el envejecimiento del árbol o por la ubicación de la madera en el árbol al ser cortada, pudiendo ser está parte de la albura o duramen del árbol. Estos cambios de coloración hacen que el producto terminado presente deficiencias estéticas. Algunas especies como el Danto presentan varias tonalidades dentro de tablas que pertenecen al mismo lote de madera.

Carcomas

Se les denomina carcomas a aquellos insectos coleópteros cuyas larvas son capaces de roer la madera. Este tipo de falla se puede detectar al localizar pequeños orificios en las tablas de madera, debiendo desecharse gran parte de la tabla en la cual fue localizado el orificio. Esto debido a que la mayor parte de las veces los insectos crean conductos no visibles en el interior de la tabla.

Rajaduras

Las rajaduras en las tablas de madera son un defecto típico del secado de la madera y de fácil localización dentro de un lote de madera, no obstante existen rajaduras las cuales no son perceptibles a simple vista, por lo que se debe de realizar una inspección adecuada para no incurrir en fallas en el producto terminado debido a la formación de rajaduras en el proceso de transformación.

Presencia de albura

La albura por ser una parte del tronco saturada de sabia, no presenta las características estructurales adecuadas para su uso en la construcción según la experiencia en el trabajo desarrollado dentro del taller, por ende debe de identificarse la presencia de albura, desechando las tablas o tablonos con presencia de albura; esto se puede realizar identificando su color más claro dentro de las tablas de madera.

3.2.1.2. Hojas de registro

La información obtenida a partir de la evaluación de las tablas de madera se debe de incluir dentro de una hoja de registro, en la cual se muestren las tablas inspeccionadas y el tipo de características que se identificaron en cada una de ellas. A continuación en la Tabla VII se presenta un ejemplo de cómo se debe construir una hoja de registro.

Tabla VII. Hoja de registro

**Hoja de registro para la evaluación
de 15 tablas de madera**

Especie a evaluar:

Fecha:

Número de lote:

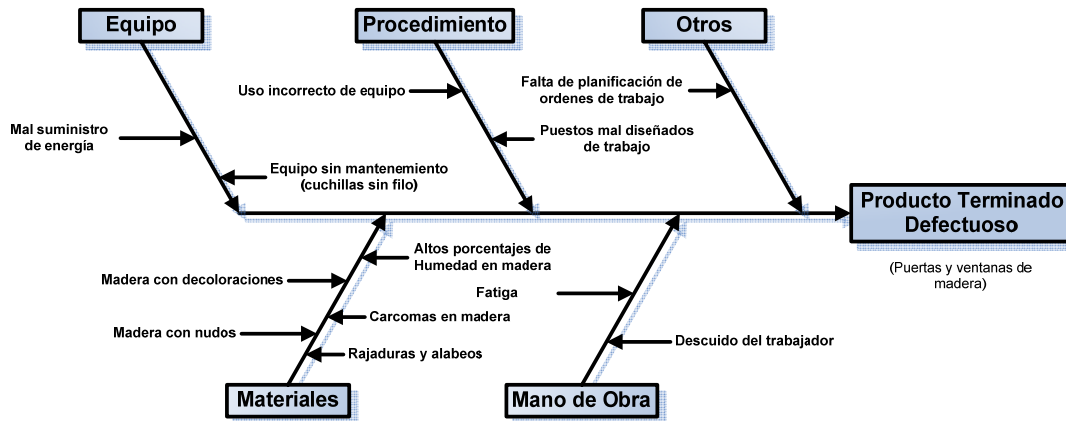
Nombre del inspector:

Núm. de tabla	Pies tablares	Uniformidad en color			Textura		% libre de carcomas.	% libre de nudos y rajaduras	Presencia de albura		% de alta calidad
		Mala	Regular	Buena	Mala	Buena			Si	No	
1											
2											
3											
4											
5											
6											
7											
8											
9											
10											
11											
12											
13											
14											
15											

3.2.1.3. Diagrama de causa y efecto

El diagrama causa y efecto es una herramienta útil para organizar conocimientos técnicos y conocimientos experimentales. La cual se debe de utilizar para identificar las relaciones entre productos defectuosos y malas prácticas dentro del proceso de transformación, para después darse una idea de la influencia relativa que cada una pueda ocasionar en el producto defectuoso. El análisis del diagrama, por lo general, se puede empezar con las cinco grandes categorías causales tales como; material, mano de obra, procedimiento, equipo y otros. En la Figura 10, se puede establecer una relación entre las características de la materia prima (madera), que repercuten en errores en puertas y ventanas, así como en diferentes áreas del proceso.

Figura 10. Diagrama de causa y efecto.



3.2.1.4. Análisis y acciones correctivas

Con la aplicación de un análisis de los resultados encontrados mediante la aplicación de las distintas herramientas de control de calidad en la materia prima, se debe de buscar una correlación entre cierto tipo de prácticas en el manejo de la materia prima y los errores o desperdicios que producen.

Entre las acciones que se identifican para el proceso de elaboración de puertas y ventanas de madera se encuentran según los resultados obtenidos por el equipo de proyecto:

- Analizando las distintas especies a procesar, podemos encontrar cierta relación entre el porcentaje de decoloración y la madera de tipo Danto pues por su naturaleza presenta más tonos en su coloración; por lo tanto se debe de eliminar esta característica a evaluar, en cuanto a madera Danto se trata por medio de una clasificación adecuada de las tablas y tablonés.

- Se debe de establecer estándares a los proveedores de madera, con relación a ciertas características en la madera como lo son: un porcentaje de humedad adecuado, medidas establecidas en tablas y tablones, porcentajes mínimos de albura y pureza en la textura de la madera.

3.2.1.5. Plan de diseño de muestreo

La elaboración de un plan de diseño de muestreo requiere del conocimiento de conceptos específicos, los cuales se pueden relacionar directamente con el caso de muestreo de lotes de madera de manera que sirva de guía práctica.

Universo: es un conjunto bien definido de entes o elementos con una o más características, sobre los cuales se desea realizar algún tipo de inferencia. Se define como universo toda la madera en tablas, las cuales provienen de los distintos proveedores con los que se hayan establecido relaciones comerciales.

Población: Es un conjunto de valores cualitativos o cuantitativos que pueden tomar una característica del universo y se representa por $X_1, X_2, X_3, \dots, X_N$, donde N es el tamaño de la población o número de ítems en el universo. La característica se le denota usualmente por X y en teoría probabilística es denominada variable aleatoria. La población para el caso determinado es un lote específico de madera, el cual está constituido de una determinada especie y proviene de un solo proveedor; estas características son de suma importancia para el diseño del muestreo, pues los atributos a calificar variarán dependiendo de la especie y del tipo de convenio que se tenga con el proveedor.

Unidad de muestra: es el objeto sobre el cual se efectúan las mediciones, es decir cada metro cuadrado que se evaluara de la madera obtenida.

Muestra: es un subconjunto de tamaño n tomado de la población, los elementos de la muestra son representados por $X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$, donde ($n < N$). Por lo cual dentro de cada lote de madera se debe establecer la cantidad de metros cuadrados a inspeccionar, la cual debe de ser representativa; con el objetivo de realizar una correcta evaluación de cada lote de madera recibido.

Inspección: la inspección es el acto de medir examinar o comparar de cualquier forma, por parte de personas que poseen ciertas habilidades, destrezas y conocimientos del producto o material a inspeccionar, es decir la evaluación de la madera, con la finalidad de determinar la presencia de elementos los cuales puedan repercutir en fallas en el proceso de transformación en puertas y ventanas.

Las decisiones a tomar para la planificación de un muestreo de aceptación se pueden agrupar de la siguiente forma:

- Cuánto madera inspeccionar y con qué frecuencia.
- Si inspeccionar en un lugar centralizado
- Si inspeccionar variables o atributos.

Cualquier persona responsable de seleccionar un procedimiento de muestreo de aceptación deberá contar con los volúmenes disponibles para consulta, uno de estos son las tablas estándar por Dodge Roming. Las tablas Dodge Roming están diseñadas principalmente para llevar a un mínimo la cantidad total de inspección, considerando la inspección de muestra como la inspección total de lotes rechazados. Las constantes a manejar son:

AOQL: es el porcentaje máximo defectuoso que, a efectos de inspección por muestreo, puede considerarse satisfactorio, como medida del proceso.

n: número de artículos en la muestra

c: número de aceptación

Al considerar los planes de muestreo para un lote de 200 a 250 piezas de madera y un promedio del proceso de 0.51 al 1% defectuoso. Los datos obtenidos por el modelo mediante las tablas estándar Dodge Roming nos proporciona el siguiente muestreo sencillo.

AOQL = 0.74

n = 70

c = 1

Estos datos proporcionan la información sobre cuantas piezas de madera deben ser inspeccionadas de acuerdo al número de aceptación, que en este caso se da para un lote de 200 a 250 piezas se deben inspeccionar 70 de ellas para obtener una buena aceptación, con una probabilidad de aceptación de nuestros clientes del 74%.

3.2.1.6. Gráficas de control por variables

Este tipo de gráficos se aplicará para analizar las variables en el proceso de transformación a puertas y ventanas. De manera que resulta ineficiente aplicar un control de gráficos por variables a la materia prima.

3.2.2. En el proceso de transformación

El proceso de transformación en puertas y ventanas de madera abarca todas las operaciones que tienen como fin tener un producto listo para su instalación. El objetivo de un control de calidad en el proceso de transformación es eliminar hasta donde sea posible, todas las operaciones que sirven para ajustar piezas al momento del armado de puertas y ventanas, pues los métodos tradicionales que utilizan los carpinteros, por lo regular consiste en dar cierta holgura a las piezas para posteriormente ajustarlas, dando lugar a desperdicio de tiempo y materiales.

3.2.2.1. Variabilidad en mediciones

La variación en medidas en cada pieza producida tiene repercusiones directas en el proceso de armado tanto en puertas como en ventanas, pues convierte las operaciones de armado en operaciones que consumen demasiado tiempo, haciéndolas ineficientes. Pues el carpintero debe de ajustar las espigas de las piezas para que estas casen en su respectiva escopladura, el ajuste puede consistir, en realizar un desgaste si la medida sobrepasa la medida requerida o de realizar un relleno con mansilla, si el error consiste en que la medida obtenida es menor a la requerida.

3.2.2.2. Variabilidad en el proceso de fabricación

Aunque el objetivo principal de los sistemas de calidad en el proceso estriba en reducir la variación en los productos y procesos, resulta imposible eliminar la variación en un 100%; esto se debe a que algunas de las causas de variaciones del proceso son inherentes al mismo.

Causas de variaciones

Los factores que causan la desviación de una característica funcional de un producto de su valor nominal esperado se denominan factores de ruido y se clasifican como:

Factores externos, se dan las variaciones en un medio ajeno al diseño del proceso; por ejemplo humedad de la madera, fluctuaciones de voltaje en la maquinaria, etc.

Factores humanos, la incorrecta utilización del producto ocasiona que el producto no presente un comportamiento esperado. Una puerta expuesta a humedades no convencionales no podrá presentar las mismas características de resistencia esperadas.

Factores internos, imperfecciones en la manufactura y la falta de uniformidad de la materia prima constituyen causas importantes de imperfecciones en el producto terminado. Las imperfecciones de manufactura también pueden atribuirse al control inadecuado del proceso.

Deterioro del producto, la madera conforme el tiempo avanza se va deteriorando a consecuencia del medio al cual se exponga, causando el deterioro de la resistencia del producto y en ocasiones un cambio en la tonalidad de su color. A menudo este factor, ha llevado a los diseñadores a introducir factores de seguridad en sus diseños, como pueden ser la implementación de diseños en ventanas, los cuales no se vuelvan obsoletos con el cambio de dimensiones de la madera debido a cambios climáticos.

3.2.2.2.1. Gráficas de control

Constituyen un método para analizar y controlar la calidad de un proceso determinado. Este control debe de ir ligado a una capacidad de respuesta para realizar las correcciones al proceso según las gráficas lo indiquen.

3.2.2.2.1.1. De marcas para distribución de frecuencia

Una distribución de frecuencias agrupada de un grupo de observaciones, es una agrupación de datos ordenados que muestra la frecuencia de ocurrencia de los valores de la variable según clases ordenadas. El intervalo a lo largo de la escala de medición de cada clase ordenada, recibe el nombre de celda. La frecuencia para cualquier celda es el número observado en esta celda.

A continuación se muestra una distribución de frecuencias para un corte de una pieza de madera cuya especificación era de 10.00 cm de largo. Se realizaron una serie de mediciones a 100 cortes, para los cuales en cada corte se preparaba la maquinaria o como se conoce entre los carpinteros se colocaba el punto en cada corte. Los resultados se muestran en la Tabla VIII.

Tabla VIII. Distribución de frecuencias en el corte de una pieza de madera

Rango de medida (cm)	Número de Piezas	Total por Rango
9.84 - 9.86		1
9.87 - 9.89		5
9.90 - 9.92		30
9.93 - 9.95		9
9.96 - 9.98		7
9.99 - 10.01		27
10.02 - 10.04		7
10.05 - 10.07		3
10.08 - 10.10		5

Sin importar lo pequeña que parezca la variación presentada en los cortes, es esta variación la que causa el retardo de las operaciones de armado. Pues suponiendo que el corte sea parte de una espiga o una escopladura; esta variación puede causar inclusive la disminución de la resistencia de la estructura de la puerta o ventana.

3.2.2.2.1.2. Por variables

Este tipo de gráfica se basa en una característica que es medible, la cual puede tomar cualquier valor a lo largo de su intervalo. No todas las calidades se ajustan a una distribución normal como lo hace un corte realizado a una pieza de madera, esto sucede cuando para cada corte se prepara la herramienta, es decir se coloca el "punto" como comúnmente se conoce entre los trabajadores.

Suponiendo que se logra producir puertas o ventanas de madera de manera continua mediante el establecimiento de estaciones de trabajo, para establecer un control por medio de una gráfica por variables se debe seleccionar pocas muestras de un número relativamente grande de unidades.

De modo que el procedimiento consiste en:

- ✓ Elegir el tamaño de la muestra
- ✓ Elegir el método de extracción de la muestra
- ✓ Medir o inspeccionar la muestra con un método determinado

Se deberá establecer una medida de tendencia central, en cuyo caso la de mayor utilidad es la media aritmética (\bar{X}); de la misma forma se selecciona una medida de dispersión la cual por facilidad es el rango (R).

Para realizar el cálculo se deberá basarse en los factores, de los cuales se obtienen las siguientes fórmulas:

Gráfica X:

$$LCI = \bar{X} - A_2R$$

$$LC = \bar{X}$$

$$LCS = \bar{X} + A_2R$$

Gráfica R:

$$LCI = RD_3$$

$$LC = R$$

$$LCS = RD_4$$

La fabricación de puertas o ventanas de madera frecuentemente se requiere de piezas de grosor de 1 pulg. por lo que en el sistema internacional se tiene especificación de 2.54 ± 0.15 cm esto significa que puede variar entre 2.34 – 2.69 cm, para poder controlar el grosor de las piezas se toman solo 5 muestras por cada grupo, los grupos corresponden a cada juego de piezas destinadas para cada puerta. En la Tabla IX se observan los datos obtenidos a partir de la toma de muestras los cuales sirven para construir los gráficos de medias y de rangos mostrados en las Figuras 11 y 12.

Tabla IX. Toma de datos para gráficos por variables

<i>Entrada</i>	<i>Revisión 1</i>	<i>Revisión 2</i>	<i>Revisión 3</i>	<i>Revisión 4</i>	<i>Revisión 5</i>	<i>Total</i>	<i>Media</i>	<i>Rango</i>
1	2.54	2.54	2.65	2.56	2.54	12.83	2.566	0.11
2	2.64	2.54	2.39	2.57	2.6	12.74	2.548	0.21
3	2.5	2.56	2.45	2.58	2.65	12.74	2.548	0.2
4	2.54	2.39	2.42	2.54	2.4	12.29	2.458	0.15
5	2.56	2.44	2.43	2.46	2.39	12.28	2.456	0.17
6	2.58	2.4	2.48	2.46	2.4	12.32	2.464	0.18
7	2.39	2.45	2.56	2.45	2.44	12.29	2.458	0.17
8	2.4	2.5	2.64	2.54	2.65	12.73	2.546	0.25
9	2.5	2.6	2.6	2.54	2.62	12.86	2.572	0.12
10	2.48	2.65	2.4	2.55	2.4	12.48	2.496	0.25

Cálculo de Media y Rango:

$$X = 2.512$$

$$R = 0.181$$

Cálculo de Factores:

$$A_2 = 0.58$$

$$D_3 = 0$$

$$D_4 = 2.1$$

Límites de control para medias:

$$LCI = 2.512 - (0.58 * 0.181) = 2.40702$$

$$LCC = 2.512$$

$$LCS = 2.512 + (0.58 * 0.181) = 2.61698$$

Límites de control para rangos:

$$LCI = 0.181 * 0 = 0$$

$$LCC = 0.181$$

$$LCS = 2.114 * 0.181 = 0.3826$$

Figura 11. Gráfico de control de medias.

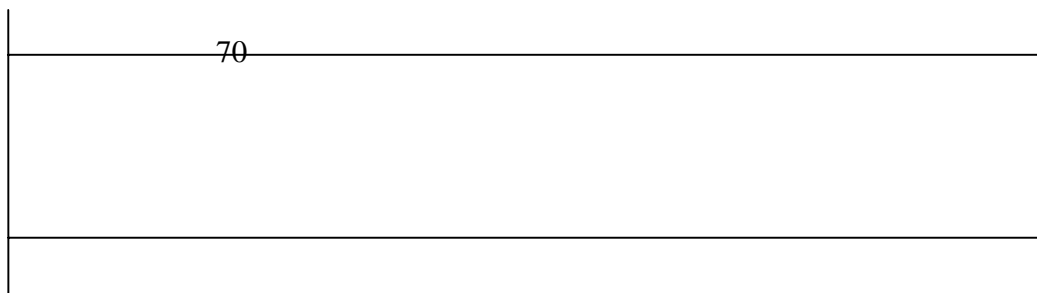
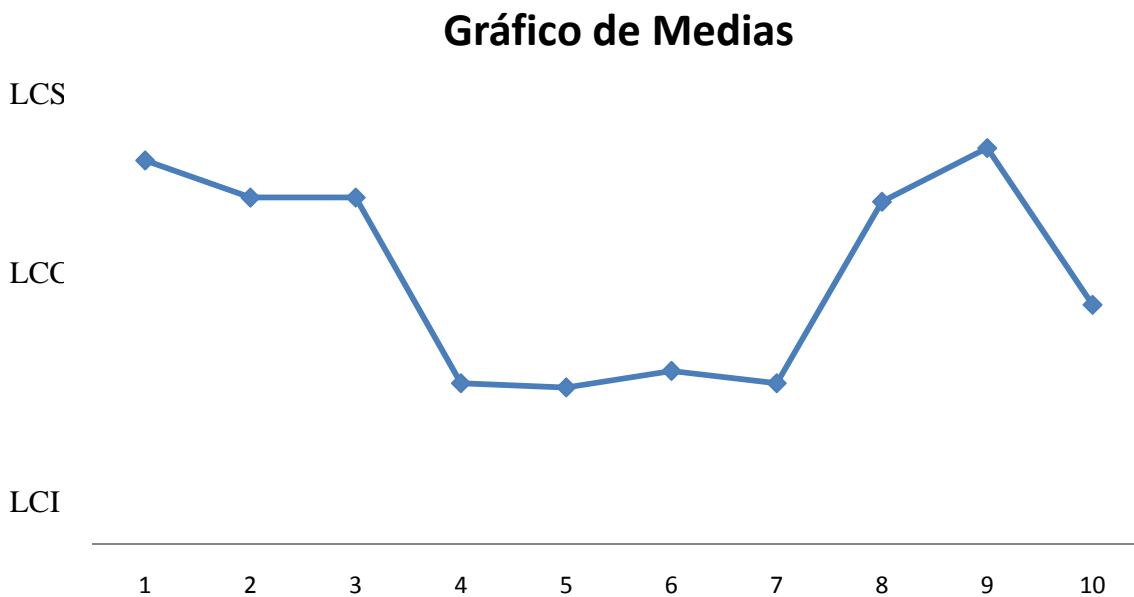
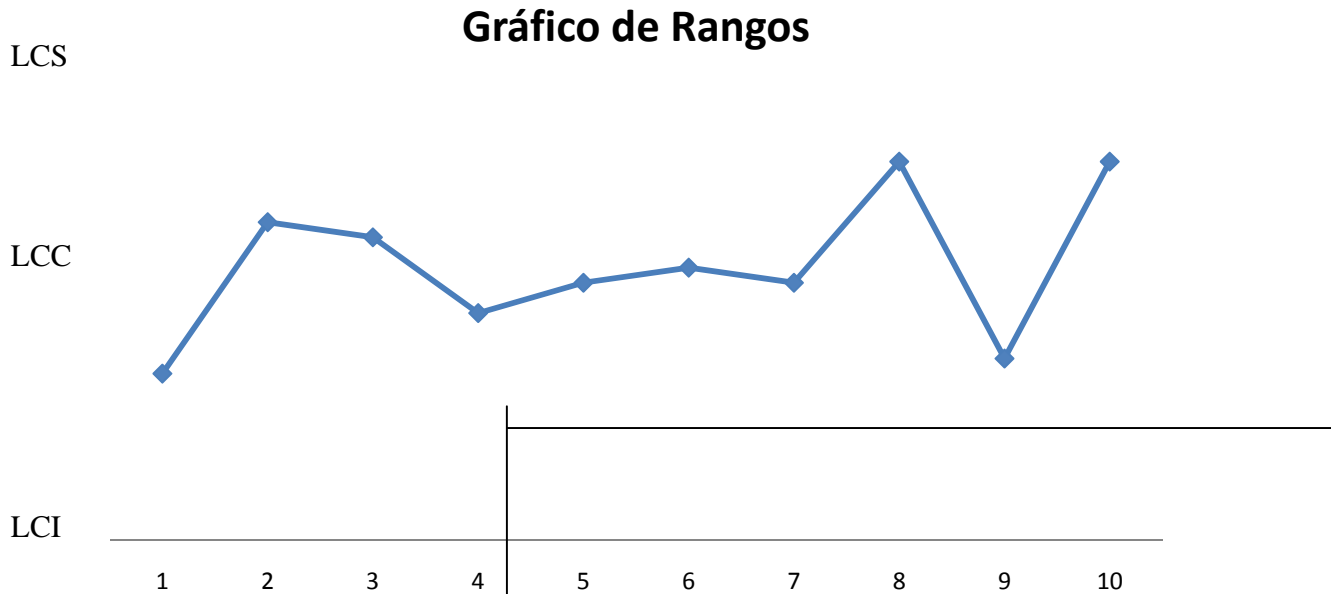


Figura 12. Gráfico de control de rangos.



3.2.2.2.2. Acciones basados en la gráfica de control

Las gráficas de control son una herramienta útil para que el analista de proceso actúe en momento justo, por ejemplo la gráfica de distribución de frecuencia puede alertar acerca de la necesidad de realizar un mantenimiento general a las herramientas de corte. Las acciones a tomar dependen en parte del tipo de proceso y de operación que se realice, es importante que estas acciones se realicen en el tiempo justo.

Antes de realizar cualquier acción correctiva sobre la producción de posibles productos defectuosos se deberá de efectuar un análisis sobre si los datos que la gráfica de control nos proporciona son válidos, tomando en cuenta el tipo de proceso que se este analizando, ya que en algunas las gráficas de control dan resultados completamente distintos cambiando los límites de tolerancias dadas, por el productor y el consumidor.

Si en una gráfica de control sus datos están fuera de los límites se deberá de realizar un análisis sobre los factores que están influyendo para que ocurra tal defecto, realizando para ello un análisis sobre cual es la falla, de donde proviene y como se puede resolver este problema.

4. IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA

4.1. Estandarización del proceso

La estandarización es una actividad encaminada a establecer, respecto a problemas presentes o potenciales, disposiciones para un uso común y repetido, con el objeto de alcanzar un grado óptimo de orden en un contexto dado. Para hacer eficiente un proceso, es necesario estandarizar las operaciones y la forma en que éstas se realizan.

4.1.1. Transformación de la madera

La estandarización del proceso aplicada a la transformación de la madera va encaminada a establecer un flujo de operaciones correcto para cada producto a producir.

Transformación de madera en puertas

La estandarización del proceso de transformación de madera en puertas, comienza al establecer el tipo de proceso que mejor se adapte a las operaciones; al analizar la elaboración de puertas como un proceso de elaboración de partes para ensamble, lo más conveniente es establecer estaciones de trabajo. Cada estación debe de contar con las máquinas y herramientas necesarias y debe de existir una planeación adecuada para cada estación de trabajo, recurriendo a la implementación de ordenes de trabajo para cada estación.

Se definen según los resultados de la investigación 4 estaciones de trabajo las cuales deben de planificar su producción conforme a órdenes de trabajo para hacer más eficiente el proceso.

- Preparación de tablas y tablonés
- Elaboración de largueros y travesaños
- Ensamble de puerta
- Acabados de puerta

Transformación de madera en ventanas

Al igual que para la elaboración de puertas, las ventanas se deben de analizar como un proceso de fabricación de partes, no obstante existe una diferencia que debe ser tomada en cuenta, siendo esta la instalación de las ventanas, pues se debe de analizar como un proceso aparte, ya que incluye operaciones propias de la instalación las cuales requieren de insumos y material específico.

Según el equipo de investigación se establecen las siguientes estaciones de trabajo:

- Preparación de tablas y tablonés
- Elaboración de largueros y travesaños
- Elaboración de batientes postizos
- Acabados de la ventaba
- Instalación de la ventana

4.1.2. Producto terminado

La estandarización en el producto terminado, conlleva el establecimiento de patrones de medidas y de formas específicas de ensamblado de las puertas y ventanas. Debido a la naturaleza del producto, la estandarización en ocasiones resulta prácticamente imposible; no obstante existen patrones los cuales se siguen principalmente en complejos habitacionales.

Estandarización de puertas:

Aunque como se menciona anteriormente no existe una estandarización para puertas en el ámbito general, si se pueden definir ciertos estándares utilizados frecuentemente en proyectos habitacionales o edificios, como se muestra en la Tabla X.

Tabla X. Medidas de puertas

Denominación	Alto en mts	Ancho en mts	No. de Hojas	Grueso em mm
De habitación	1.95	0.73	1	45 y 37
De habitación	2.20	0.80	1	45 y 37
De habitación	2.40	0.88	1	45 y 37
De habitación	2.25	1.30	2	45 y 37
De habitación	2.60	1.45	2	45 y 37
De habitación	2.90	1.60	2	45 y 37
De puerta de escape	1.90	0.55 – 0.57	1	45 y 37
De sanitarios baño w.c.	1.95	0.55 – 0.60	1	45 y 37
De sanitarios baño w.c.	2.10	0.65	1	45 y 37
De sanitarios baño w.c.	2.20	0.70	1	45 y 37
Puerta de entrada a pisos	2.00 – 2.20	0.80 – 0.90	1	70 y 55
De tiendas y comercios.	2.20	0.80 – 0.90	1	70 y 55
De tiendas y comercios.	2.30 – 2.40	0.95 – 1.20	1 y 2	70 y 55
De rastrillo	1.30 – 1.50	1.20 – 2.08	-	70 y 55

Fuente: Criselda Alcira Arroyo Choc (1998)

Estandarización de Ventanas:

La estandarización en ventanas se reduce al hecho de establecer un modelo determinado el cual se adapte a las distintos tipos de medida requeridos por el cliente. De esta forma los aspectos a estandarizar son:

- Tipo de molduras a utilizar.
- Mecanismo para abrir la ventana.
- Tipo de montura para la vidriera de la ventana.

4.2. Implementación de ensayos

Un proceso de ensayo de materiales o productos, implica una evaluación, la cual se da al exponer cada material o producto a condiciones a las cuales se expondrá durante su vida útil, en ocasiones dichos ensayos deben llevar estas condiciones a límites no convencionales, con la finalidad de definir cual es la respuesta de los materiales o productos.

La comercialización de puertas y ventanas de madera en un mercado globalizado, exige que todo producto para ser competitivo a nivel internacional deba de cumplir con requerimientos técnicos, los cuales puedan respaldarse mediante normas internacionales o especializadas en el campo.

4.2.1. Normas para ensayo de materiales

Existen gran variedad de normas en el mundo, las cuales son catalogadas según el país en donde fueron elaboradas o la finalidad que conlleva la elaboración de la norma, a continuación se presenta una descripción de las principales normas que se manejan en nuestro medio:

Normas ASTM:

Acrónimo con el cual se identifican y que significa: American Society for Testing Materials, es decir organización de las pruebas y especificaciones estándares para materiales de construcción. Tales pruebas y especificaciones suelen estar referidas mediante el acrónimo en inglés ASTM seguido de una designación numérica.

ASTM = Sociedad Norteamericana para la Prueba de Materiales.

Los estándares de la ASTM sirven como base para la fabricación y la regulación de actividades en más de 130 áreas de la industria. ASTM International proporciona normas que se aceptan y se utilizan en la investigación y desarrollo, la comprobación del producto, sistemas de calidad, y transacciones comerciales alrededor del mundo.

Normalización en Guatemala:

La normalización en Guatemala se origina a mediados del siglo pasado, con la creación del Instituto Centroamericano de Investigación y Tecnología Industrial (ICAITI), fundado en enero de 1956 como una entidad autónoma, no lucrativa, dedicada a impulsar el desarrollo del sector industrial de Centroamérica. Fue un organismo regional de carácter tecnológico, creado por los gobiernos de los cinco países de Centroamérica, con la asistencia de las Naciones Unidas, para servir al desarrollo industrial y a la integración económica centroamericana.

El organismo nacional de normalización fue creado el 5 de mayo de 1962 por medio del Decreto 1523, del Congreso de la República “Ley de creación de la Comisión Guatemalteca de Normas COGUANOR” y su respectivo reglamento se oficializó por medio del Acuerdo Gubernativo 156 del año 1966.

La Comisión Guatemalteca de Normas (COGUANOR) está adscrita al Ministerio de Economía, siendo el órgano especializado para la elaboración de normas que promuevan el desenvolvimiento ordenado de las actividades industriales, agrícolas y comerciales, propiciando condiciones de competencia sana y justa entre ellas e imponiendo principios de equidad en las relaciones entre productores y consumidores.

La actividad de normalización en el país se realiza de conformidad con lo que establece el Artículo 5º. del Decreto No.1523 “Ley de Creación de la Comisión Guatemalteca de Normas COGUANOR”, elaborándose las Normas Guatemaltecas Recomendadas (NGR) y las Normas Guatemaltecas Obligatorias (NGO).

Las normas NGR que hacen referencia a las normas de calidad que se relacionan con la producción y venta de bienes, son optativas para la industria y el comercio de los productos de que se trate; sin embargo, son obligatorias para el Estado, las entidades oficiales y los organismos autónomos descentralizados, los cuales no pueden comprar los productos de que se trate si no se ciñen a las normas y especificaciones establecidas.

Las normas NGO que hacen referencia o se relacionan forzosamente con pesos y medidas, alimentos, medicinas, edificaciones y, en general a todo lo relativo a la seguridad y conservación de los bienes, de la salud y de la vida, tienen carácter obligatorio para todos los usuarios de las mismas.

Las normas COGUANOR no han desarrollado normas específicas para el ensayo de productos de madera, pues han tenido un mayor desarrollo en las áreas de producción de alimentos. Por lo que para poder brindarle un respaldo a productos elaborados con madera, se debe de recurrir a normas internacionales que se ajusten a las necesidades del mercado y a las capacidades técnicas del productor.

Normas internacionales

Existen distintos tipos de normas internacionalmente, las cuales se han desarrollado en determinados campos de la industria. Para poder adquirir un adecuado criterio de selección de las normas a utilizar, se debe tener conocimiento de cuales son las principales normas existentes. En la Tabla XI se listan algunas de las principales normas que existen.

Tabla XI. Normas internacionales

Título o institución encargada de las normas	Siglas
America National Standards Institute	ANSI
Asociación española de normalización	AENOR
Association française de normalization	AFNOR
British standards institution	BSI
Comisión panamericana de normas técnicas	COPANT
Comité Mercosur de normalización	
Conseil canadien des normes	
Danks standard	
Deutsches institut für normung	DIN
Dublin Core Metadata Standard	DCMI
Instituto Nacional de normalización	INN
International organization for standardization	ISO
National information standards organization	NISO
National resource for global standards	NSSN
South African bureau of standards	SABS
World standards services network	WSSN
Instituto Argentino de Racionalización de Materiales	IRAM

Fuente: Distributed Systems Technology Centre

4.2.1.1. Ensayos para puertas y ventanas

Existe poco desarrollo en el área de normas para puertas y ventanas de madera, inclusive en normas tan extensas como las ASTM es difícil encontrar normas específicas para este tipo de ensayos. No obstante se puede obtener un formato ya establecido de normas para puertas y ventanas, con el objetivo de desarrollar una normativa propia de ensayo. Se presentan en la Tabla XII, la clasificación de ensayos desarrollados por IRAM (Instituto Argentino de Racionalización de Materiales) para puertas y ventanas de madera.

Tabla XII Normas para ensayos de puertas y ventanas de madera

Características a evaluar	Clasificación de norma
Características geométricas y ensayos físicos	
Control de medidas	IRAM 11544
Falta de planicidad local y general	IRAM 11508
Rectangularidad de los ángulos	IRAM 11544 y 11508
Rectitud de largueros y travesaños	IRAM 11508
Exposiciones a humedades relativas diferentes	IRAM 11582
Inmersión en agua fría	IRAM 11582
Resistencia al calor	IRAM 11582
Ensayos mecánicos	
Punzonamiento dinámico	IRAM 11581 y 11508
Choque blando	IRAM 11581 y 11508
Flexión por carga aplicada sobre ángulo	IRAM 11581 y 11508
Choques de conmoción	IRAM 11581 y 11508
Resistencia a los cierres bruscos	IRAM 11581 y 11508
Seguridad a las falsas maniobras	IRAM 11581 y 11508
Resistencia a la deformación diagonal	IRAM 11508 y 11593
Resistencia al arrancamiento de los elementos de fijación	IRAM 11508 y 11593

Fuente: <http://www.iram.com.ar/>

4.2.2. Control de calidad

La calidad en un proceso puede analizarse desde varios enfoques, uno de los aspectos de la calidad en un producto se basa en la capacidad de cumplir con especificaciones.

La implementación de ensayos en puertas y ventanas de madera viene a formar parte del control de calidad. En el cual se verifica el cumplimiento de las especificaciones que el productor ofrece, realizando un ensayo en el producto a comercializar cuando el ensayo es no destructivo o realizando el ensayo a una muestra específica cuando el ensayo es destructivo.

4.2.3. Proceso de ensayo sistematizado

La sistematización en el proceso de ensayo abarca la identificación de una secuencia de actividades, en las cuales se involucran recursos; todo ello con la final de alcanzar un objetivo en común. De esta forma debemos de determinar cual es el objetivo de la implementación de ensayos, para que todas las actividades estén dirigidas a alcanzarlo.

Básicamente la implementación de un ensayo a un producto busca determinar características del mismo en forma cuantificable; de esta forma el productor ofrece al consumidor un producto con ciertas características, establecidas bajo condiciones que simulan las del uso común del producto. El productor posee un respaldo que garantizan que dichas características que ofrece se han basado en lo establecido en una norma, la cual se utilizó para la realización del ensayo.

Selección de la norma a aplicar

La norma bajo la cual se realice el ensayo es determinante en el tipo de resultados que vamos a obtener, pero sobre todo en el respaldo que la norma ofrece al productor. Las normas nacionales debieran de tener prioridad sobre las demás normas, no obstante COGUANOR en Guatemala no cuenta con el desarrollo de normas para productos de madera, por lo que se debe recurrir a normas desarrolladas por instituciones o países, las cuales posean gran experiencia en el campo maderero.

Identificación de la característica a evaluar en el producto:

Se debe especificar cual será la característica a evaluar, pues las normas para ensayos en su mayoría están diseñadas para evaluar una característica específica del producto, como por ejemplo: la resistencia a cierres bruscos para puertas o ventanas. Debe tomarse en consideración además que las características a evaluar estén acordes con las condiciones en que el producto desarrollara su función, pues de nada nos sirve evaluar por ejemplo la resistencia a la nieve si no es viable este tipo de condiciones en nuestro medio.

Identificación de un procedimiento de ensayo

Las normas regularmente nos brindan las especificaciones acerca del tipo de probeta y de las condiciones a las cuales se expondrán dichas probetas; pero es necesario construir con base en esto una secuencia de actividades es decir un procedimiento para la realización del ensayo. Esto con el objetivo de poder planificar los requerimientos técnicos del ensayo y la maquinaria o materiales que se necesitarán para el desarrollo del mismo.

El procedimiento se puede realizar con la ayuda de alguna herramienta técnica como un flujo grama, el cual nos indicará las actividades, el responsable, el equipo, la documentación en la que se basa y algún tipo de observación de cada actividad.

Elaboración de probetas para ensayo

Consiste en la preparación del material que va a ser sometido al ensayo, en ocasiones el producto original debe de modificarse para que se adapte a los requerimientos de la norma. Cuando el ensayo es destructivo debe de tenerse en consideración que este producto no puede comercializarse después de realizado el ensayo.

Desarrollo del ensayo

El ensayo debe de realizarse bajo las condiciones que indica la norma, tanto en tiempo, temperatura, tipo de cargas a aplicar, etc. Para el desarrollo y registro del ensayo se puede recurrir a la elaboración de diagramas, para fines prácticos, los diagramas se pueden elaborar con la siguiente estructura presentada en la Tabla XIII, según lo indica la Norma COGUANOR NGR/COPANT/ISO/IEC 17025-2000.

Tabla XIII. Estructura del desarrollo de ensayo

Diagrama	Actividad	Responsable	Equipo	Documentación	Observaciones

Obtención de datos

Los datos recabados en el desarrollo del ensayo deben de ser obtenidos por una persona con experiencia en la realización de ensayos y con conocimientos sobre los productos ensayados, pues en ocasiones muchos de los datos se definen a partir del criterio del ensayista.

Análisis de los datos obtenidos

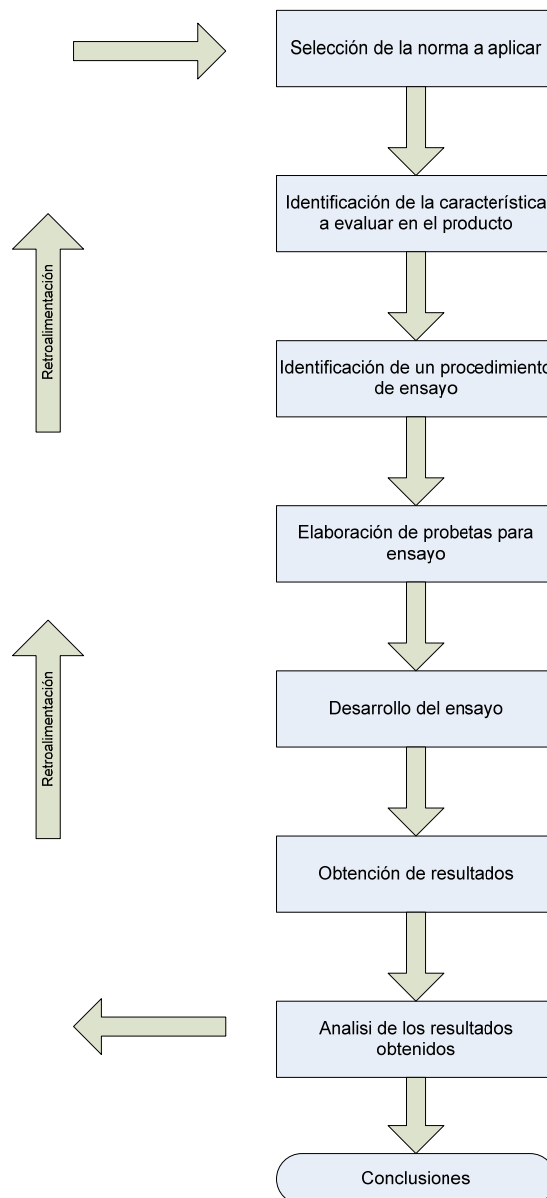
Para la obtención de resultados se debe de hacer una depuración de los resultados, pues en ocasiones existen agentes externos en el desarrollo del ensayo los cuales sesgan los resultados. Es preciso hacer un análisis previo de los datos obtenidos con la finalidad de depurar aquellos datos que no sean congruentes con los objetivos del ensayo. La retroalimentación es importante en esta fase del proceso, pues si se incurrieron en errores durante el desarrollo del ensayo, es en esta fase en la cual se debe de dar informe para tener una mejora continua en el proceso.

Resultados obtenidos

Los resultados del ensayo con base a los datos obtenidos definen las características de nuestro producto, las cuales quedan definidas para la comercialización del producto.

Al realizar una representación gráfica del proceso de ensayo este sigue una secuencia como la que se muestra en la Figura 13.

Figura 13. Proceso de ensayo sistematizado



5. SEGUIMIENTO O MEJORA CONTINUA

5.1. Auditoría del control de calidad

En el proceso de auditoría del control de calidad en el proceso de fabricación de puertas y ventanas de madera se debe de revisar las actividades de control de calidad de manera independiente, observando los controles realizados en cada una de las etapas del proceso. Según el control de calidad propuesto por el equipo de proyecto las actividades pueden agruparse de la siguiente manera:

- Control de calidad en la materia prima
- Control de calidad en el proceso de transformación de la materia prima
- Control de calidad con base a la implementación de ensayos al producto terminado

5.1.1. Costos involucrados

Los costos involucrados en la implementación de un control de calidad se relacionan directamente con los gastos erogados para la realización de las actividades propias del control de calidad, las cuales consumen tiempo y recursos. Los costos deben de analizarse conforme las etapas que involucra el control de calidad.

Control de calidad en la materia prima

- Costo de inspección de tablas de madera
- Costo de inspección de tablonos de madera

Control de calidad en el proceso de transformación de la materia prima

- Costo de inspección de operaciones de corte
- Costo de inspección del mantenimiento de la maquinaria utilizada
- Costo de adiestramiento a personal operativo
- Costo de rediseño de las operaciones del proceso

Control de calidad con base en la implementación de ensayos al producto terminado

- Costo de la adquisición de normas internacionales
- Costo de fabricación de artefactos para ensayo
- Costo de adquisición de equipo para ensayo
- Costo de probetas para ensayo
- Costo del producto terminado a ensayar, si el ensayo es destructivo
- Costo del personal involucrado en la planeación, ejecución y análisis del ensayo

5.1.1.1. Estudio económico

Una evaluación económica al control de calidad, requiere de una comparación de los costos totales para cada una de las variables que se involucran dentro del control de calidad.

5.1.1.1.1. Cantidad de inspección

La cantidad de piezas inspeccionadas es directamente proporcional al costo involucrado en el control de calidad, es por ello que de forma general se debe de evaluar cuan riguroso debe ser la inspección en las fases del proceso de transformación de la madera en puertas y ventanas para ensayo.

Ninguna inspección: no representa ningún costo en el control de calidad y se adecua en casos en los que a la materia prima se le han elaborado inspecciones anteriores sobre el mismo lote, o sea una revisión previa realizada por trabajadores calificados.

Muestras pequeñas: los costos de inspección son moderados, pueden ser adecuadas a los casos en que el proceso es inherentemente uniforme y se puede preservar el orden de la producción, como en algunas operaciones de impregnación de aditivos o preservantes de la madera que tiene un alto grado de estabilidad.

Muestra grandes: deben de tomarse en cuenta los costos de diseño y ejecución del plan de muestreo, para estos casos la calidad del lote debe derivarse únicamente a partir del muestreo, lo que significa un muestreo aleatorio y por lo mismo muestras relativamente grandes. Se puede utilizar en la compra de ciertos proveedores con cierto grado de confiabilidad.

Inspección del 100%: el costo es elevado y se utiliza cuando el nivel de muestreo indica que el nivel de defectuosos es demasiado alto para que se pueda mandar a los usuarios.

5.1.1.1.2. Tipo de inspección

Un factor importante para la consecución de un control de calidad es el establecimiento de la forma y lugar para la inspección necesaria, lo cual se pueden determinar con base a ciertas características del proceso como: las dimensiones críticas de cada operación, la secuencia de las operaciones de fabricación, el equipo de medición necesario, la forma correcta de hacer la inspección y el método estadístico de control, conforme al tamaño del lote, de la muestra, número de aceptación y plan de muestreo a utilizar.

5.1.2. Resultados en costos

Los costos que implica un control de calidad van directamente ligados al tipo de inspección que se realice, no obstante la evaluación de los costos del control de calidad debe de evaluarse conforme las reducción que se puedan detectar en costos en el proceso.

5.1.2.1. Reducciones de costos

Los reducciones en costos que se pueden esperar del control de calidad en el proceso de fabricación de puertas y ventanas se deberán analizar conforme las tres etapas del control de calidad establecidas:

Control de calidad en la materia prima

- Reducción de mermas en la utilización de tablas de madera
- Reducción de mermas en la utilización de tablonos de madera

Control de calidad en el proceso de transformación de la materia prima

- Reducción de tiempo en las operaciones de armado
- Reducción de producto terminado defectuoso asociado con maquinaria en malas condiciones
- Reducción de tiempo en las operaciones del proceso
- Aumento de eficiencia en el proceso de transformación

Control de calidad con base en la implementación de ensayos al producto terminado

- Reducción de costos en las operaciones asociado al rediseño del proceso producido por la retroalimentación generada por los resultados de los ensayos.

CONCLUSIONES

1. El proceso de comercialización de puertas y ventanas de madera se define mediante las propiedades estéticas y mecánicas que la especie de madera seleccionada aporte al proceso de fabricación.
2. El tipo de armado a utilizar es la variable principal a definir para la selección del diseño de puertas y ventanas de madera, el armado mediante la utilización de espigas y escopladuras brinda al proceso la capacidad de elaborar piezas de forma estandarizada.
3. El proceso de transformación de la madera en puertas y ventanas está compuesto de tres tipos de operaciones: el primer grupo comprende la preparación de la madera, el segundo grupo abarca el proceso de elaboración de las partes del producto y el tercer grupo consiste en las operaciones de ensamble de puertas o ventanas de madera.
4. Las características de la madera que se asocian directamente con fallas en el producto terminado son: textura y uniformidad del color de la madera, presencia de carcomas, nudos, rajaduras o albura en las tablas y tablones a procesar.
5. La utilización de gráficos de control para disminuir la variabilidad en las mediciones en cortes de piezas, hace que las operaciones de armado de puertas o de ventanas sean más eficientes.

6. Los ensayos a ser aplicados a puertas y ventanas de madera se seleccionan según la variable a evaluar en el producto y al tipo de normativa que avala el procedimiento de ensayo.
7. La aplicación de un ensayo a un producto conlleva un proceso que comprende: la selección de una norma a aplicar, la identificación de las características a evaluar del producto, el establecimiento de un procedimiento de ensayo, la fabricación de las probetas a ensayar, la realización del ensayo, la toma y análisis de los datos para determinar los resultados del ensayo.
8. La aplicación de un control de calidad en el proceso de fabricación de puertas y ventanas de madera comprende la aplicación de herramientas estadísticas y de ingeniería, tanto en la recepción de la materia prima como en el proceso de transformación de la madera, sin embargo es necesario que nuestros productos sean abalados mediante la aplicación de ensayos físico mecánicos que sean abalados por normas nacionales o reconocidas internacionalmente.

RECOMENDACIONES

1. Realizar estudios con especies de madera no trabajadas tradicionalmente, evaluando la factibilidad de poder procesar estas especies para la fabricación de puertas y ventanas de madera.
2. Aplicar ensayos en cada tipo de armado de puertas y ventanas de madera existente, evaluando la resistencia de la estructura para cada tipo de armado.
3. Para que el proceso de fabricación tanto de puertas como de ventanas fluya de una manera continua, se debe de asegurar que cada estación de trabajo debe poseer todas las herramientas y máquinas herramientas al alcance, de modo que no se generen demoras por falta de equipo.
4. Establecer los requerimientos de calidad necesarios en la materia prima, los cuales deben ser cumplidos por los proveedores de madera para cada especie a procesar.
5. Capacitar al recurso humano para evitar un rechazo en la implantación del sistema de control de calidad, pues en la mayoría de los casos los carpinteros y armadores no están acostumbrados a una supervisión directa de su trabajo.

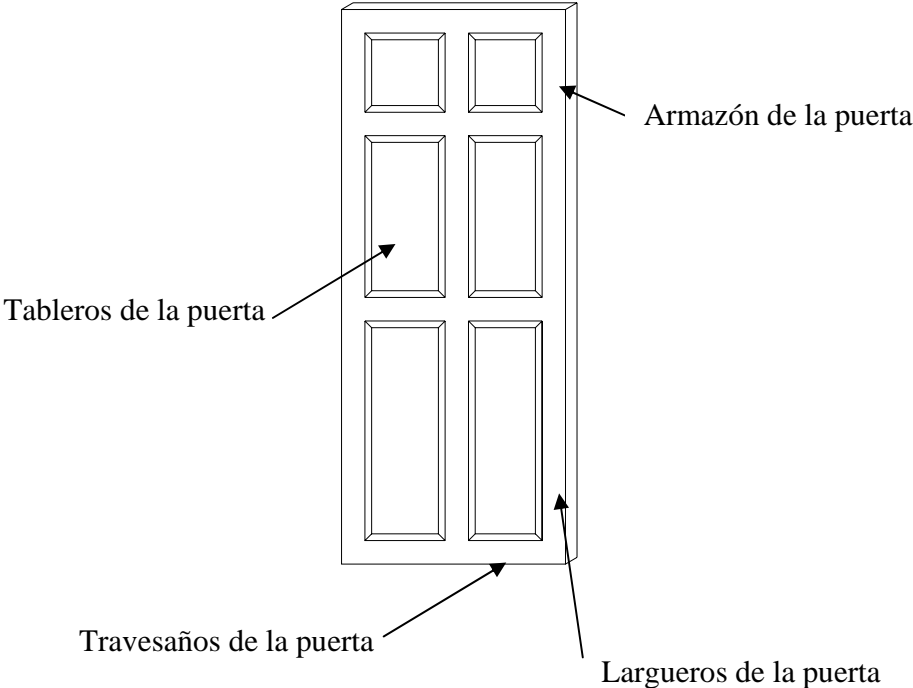
6. Establecer una normalización para ensayos físico mecánicos para productos de madera en Guatemala, con la finalidad de comercializar los productos internacionalmente con el respaldo de una norma que asegure la calidad de los productos.
7. El procedimiento de ensayo debe de analizarse minuciosamente, pues en ocasiones las condiciones bajo las que se realiza el ensayo influyen en los resultados desviándose del objetivo planteado.
8. Mantener un mejoramiento continuo en el control de calidad aplicado al proceso de fabricación de puertas y ventanas de madera; y renovar los procedimientos de ensayo aplicados al producto.

BIBLIOGRAFÍA

- Arroyo Choc, Griselda Alcira. Control de Calidad en la Línea de Producción en la Fabricación de Muebles de Madera en la Industria de Guatemala. Trabajo de graduación Ingeniería Industrial Guatemala. Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ingeniería 1998. 218 pp.
- Cubur Burrión, Rafael. Aplicaciones de la Madera en la Construcción. Trabajo de Graduación Ingeniería Civil. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería 2004, 71pp.
- Feigenboun, Armand V. **Control Total de la Calidad**. Tercera Edición. México Editorial CECSA, 1994. 955 pp.
- Gutiérrez, Cuauhtémoc Anda. **Administración y Calidad**. México Editorial Limusa, 2002. 191pp.
- Gutiérrez Pulido, Humberto. **Calidad Total y Productividad**. Segunda Edición. México Editorial Mc Graw Hill, 2006. 421pp.
- Kotler, Philip. **Fundamentos de la Mercadotecnia**. Cuarta Edición, México Editorial Prentice Hall Hispanoamericana, S.A 1998. 585pp.
- Montenegro Rodríguez, Erick Alexander. Recopilación Bibliográfica y Documental Relacionado con el Tema de la Madera. Trabajo de Graduación Ingeniería Civil Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería 2004. 70 pp.
- Niebel, Benjamin y W. Feivalds Andris. **Ingeniería Industrial. Métodos, Estándares y Diseño del Trabajo**. Onceava Edición. México Editorial Alfaomega, 2004. 766pp.
- Pérez Colindres, Olga Anabella. Control de Calidad de la Materia Prima, en Industrias Transformadoras de Madera. Trabajo de Graduación Ingeniería Industrial Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería 1998. 164 pp.

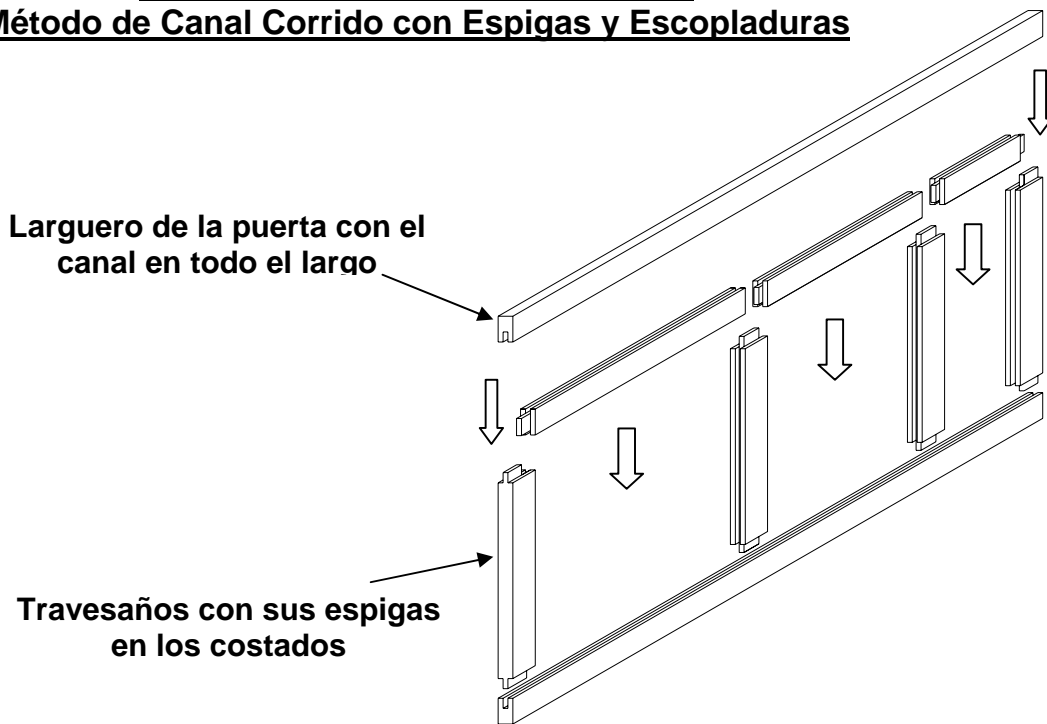
Rosales, Horacio Bobadilla. Diseño de un Sistema de Control de calidad.
Trabajo de Graduación Ingeniería Mecánica Industrial Guatemala,
Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería 1981.
160pp.

Apéndice 1: Modelo de puerta de 6 tableros

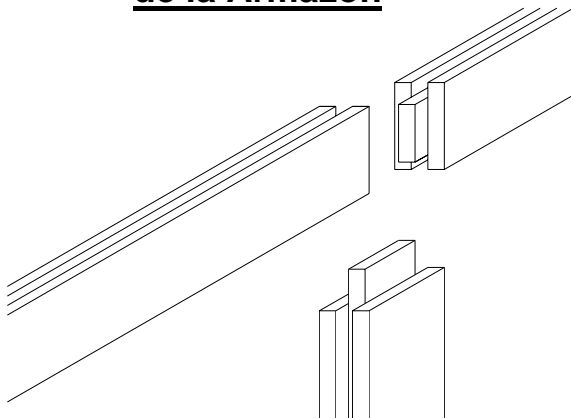


Apéndice 2: Diagrama explosionado del armado de una puerta

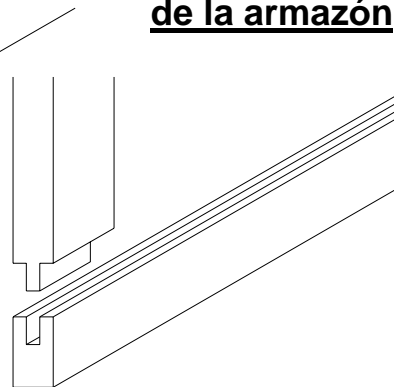
Armado de una Puerta mediante el Método de Canal Corrido con Espigas y Escopladuras



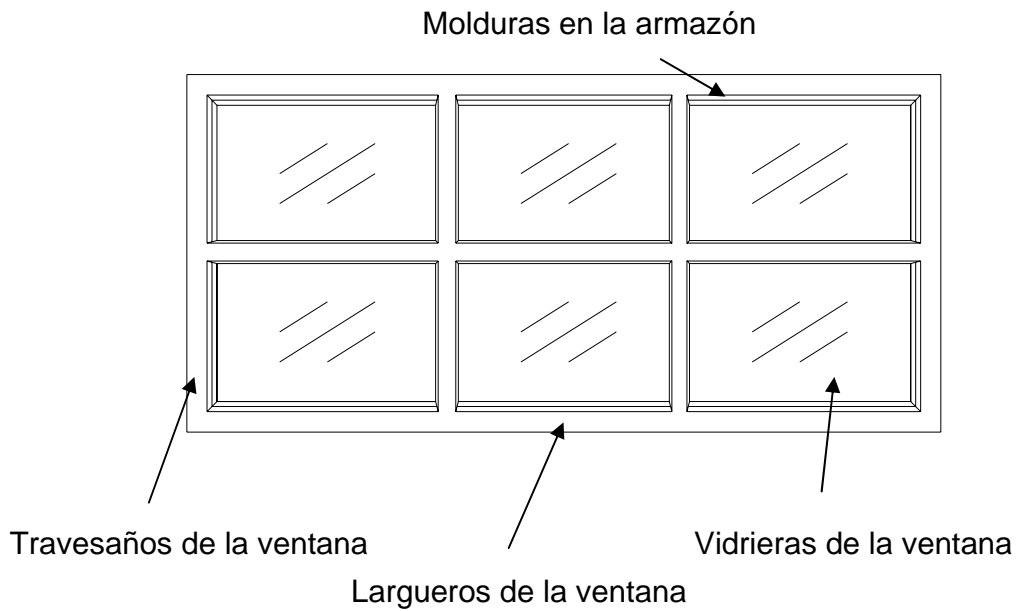
Unión de las partes interiores de la Armazón



Unión de las esquinas de la armazón

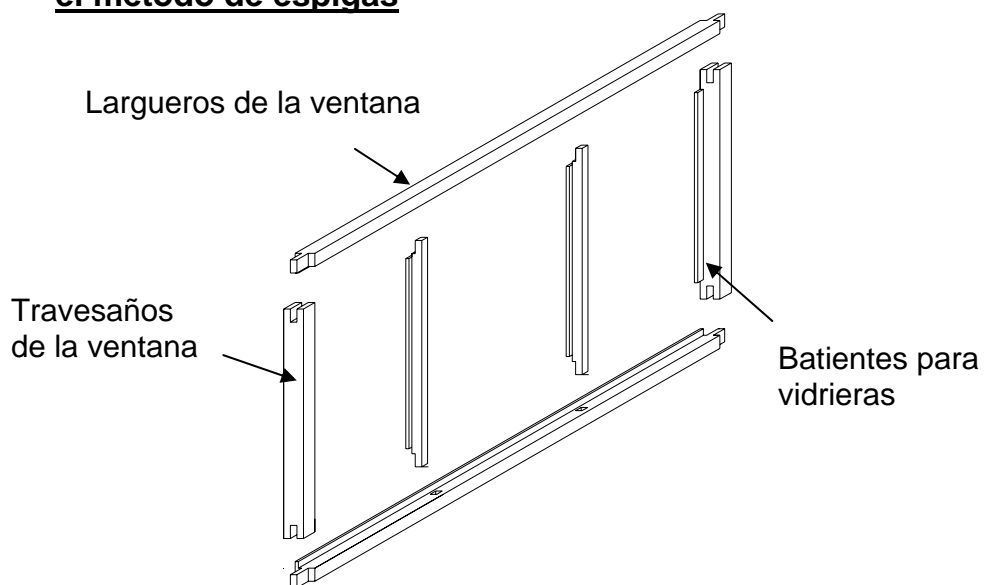


Apéndice 3: Modelos de una ventana fija de madera

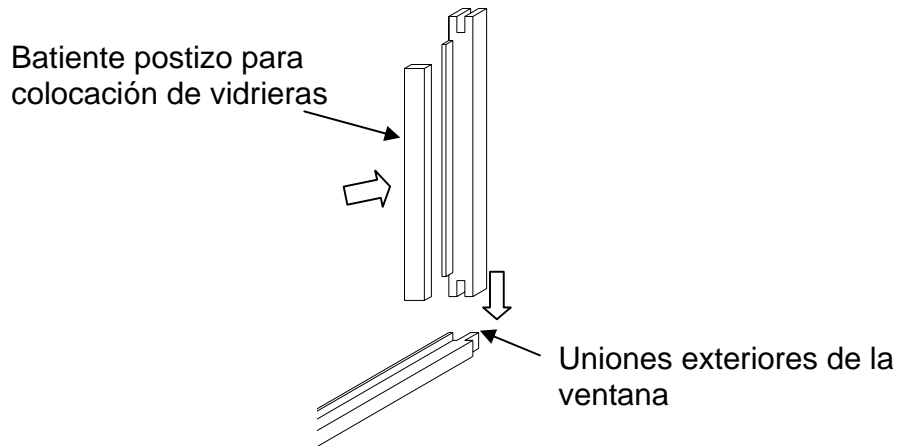


Apéndice 4: Diagrama explosionado de armado de ventana

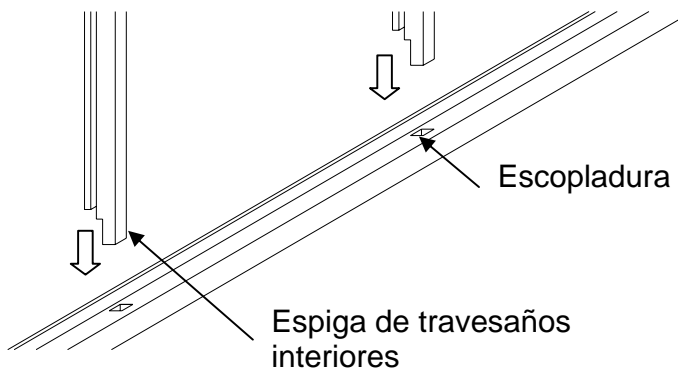
Armado de una ventana mediante el método de espigas



Uniones de los extremos y colocación del batiente postizo



Uniones de los travesaños interiores de la ventana



Anexo 1

Maquinaria y equipo utilizado



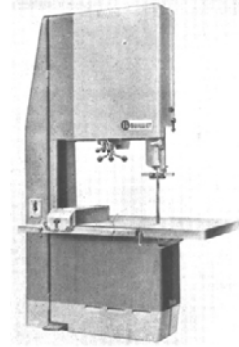
Sierra circular de mesa.



Sierra circular de formato



Sierra radial



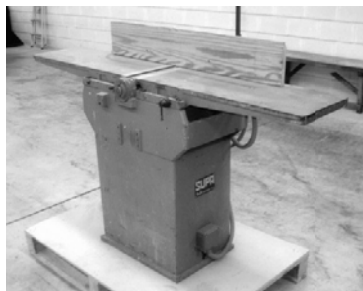
Sierra de cinta



Sierra caladora



Cepilladora



Canteadora



Taladro de pedestal



Trompo industrial



Torno



Lijadora de banda



Lijadora orbital



Esmeril



Sierra circular manual



Taladro



Rebajadora (Router)

Fuente: www.tornyfusta.com